

REVESTIMENTOS DE COBRE, BRONZE ALUMÍNIO E ALUMÍNIO/NIQUEL DEPOSITADOS POR ASPERSÃO TÉRMICA SOBRE SUBSTRATO DE ALUMÍNIO PARA MELHORAR O DESEMPENHO DE CONEXÕES ELÉTRICAS.

Padilha, Hélio, helio.padilha@ufpr.br¹
Paredes, Ramón S. C., ramon@ufpr.br²

¹Universidade federal do Paraná, av. Cel Fco. H. dos Santos, s/n C.P. 19011 – CEP:81530-990 – Curitiba - PR

²Universidade federal do Paraná, av. Cel Fco. H. dos Santos, s/n C.P. 19011 – CEP:81530-990 – Curitiba - PR

Resumo: *As interligações elétricas estão permanentemente expostas à contaminação ambiental, a aquecimento elétrico e solicitações mecânicas. A função principal de uma conexão elétrica é possibilitar a passagem ininterrupta da corrente elétrica através de uma interface. Isso só pode ser conseguido se um adequado contato metal-metal for estabelecido e mantido. Entretanto, para o caso de conexões de alumínio, isto nem sempre é possível devido às propriedades intrínsecas deste metal, tais como a sempre presente camada de óxido na superfície, a tendência a sofrer fenômenos de fluência e relaxação, a susceptibilidade à corrosão galvânica e o alto coeficiente de dilatação, o qual leva ao fenômeno de “fretting” entre as interfaces de conexão. A taxa de degradação em serviço de conectores de potência não pode ser determinada com precisão, o que torna uma programação de manutenção muito difícil. O presente trabalho mostra a viabilidade de produzir revestimentos de cobre, liga alumínio-níquel e bronze alumínio depositados através do processo de aspersão térmica por chama, e caracterizando a microestrutura e dureza dos revestimentos depositados, e avaliado seu desempenho quando submetido à ciclagem térmica.*

Palavras-chave: aspersão térmica; contatos elétricos; resistência elétrica

Palavras-chave: aspersão térmica; contatos elétricos; resistência elétrica

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de minimizar e/ou eliminar os problemas de perda de eficiência de conexões elétricas para torres de alta tensão, foram revestidos três tipos de conexões através de aspersão térmica à chama oxiacetilênica, utilizando arames de cobre, de bronze alumínio e a terceira com liga de níquel-alumínio. O trabalho mostra os procedimentos de preparo de superfície por jateamento abrasivo para depositar os recobrimentos em condições de considerar a área de contato das conexões substrato/liga depositada e entre as revestidas. As conexões revestidas foram submetidas a um aquecimento cíclico, sendo então realizada uma rigorosa caracterização via microscopia ótica. A medição da microdureza foi realizada depois do revestimento e também posteriormente à ciclagem térmica.

2. CONEXÕES ELÉTRICAS

Industrialmente, o acionamento elétrico de processos e equipamentos é utilizado em larga escala, tendo em vista fatores econômicos, tais como, balanço energético, custo e rendimento e fatores técnicos, tais como, partida imediata e simplicidade de operação. Por exemplo, as conexões e contatos de equipamentos e barramentos são de grande importância dentro de uma subestação, pois caso haja uma falha nessas interligações pode ocorrer uma interrupção grave no sistema de transmissão de energia elétrica. Estas interligações elétricas estão permanentemente expostas a diversas influências que podem levar a um mau desempenho das mesmas. As principais influências são: ambientais, elétricas e mecânicas (BRAUNOVIC, 1994).

O objetivo principal de uma conexão elétrica é possibilitar a passagem ininterrupta da corrente elétrica através de uma interface. Isso só pode ser conseguido se um bom contato metal-metal for estabelecido e mantido. Entretanto, para o caso de conexões fabricadas de alumínio, isto nem sempre é possível devido às propriedades intrínsecas deste metal, tais como a sempre presente camada de óxido de alumínio na superfície, a tendência a sofrer fenômenos de fluência e relaxação, a susceptibilidade à corrosão galvânica, hidratação da camada de óxido de alumínio e o alto coeficiente de dilatação, o qual leva ao fenômeno de fretting entre as interfaces de conexão (BRAUNOVIC, 2001).

A taxa de degradação em serviço de conectores de potência não pode ser determinada com precisão, o que torna uma programação de manutenção muito difícil. Em particular, os mecanismos de degradação do alumínio são complexos e ainda não estão completamente explicados. Isto aumenta as conclusões imprecisas. Há duas razões principais para isto. Primeiro existe uma necessidade geral de ciência do problema, uma vez que a deterioração dos contatos é um processo que ocorre com o passar do tempo. Segundo, os aspectos específicos da deterioração das conexões não são prontamente reconhecidos, visto que, as falhas em conectores de potência estão usualmente associadas a fugas térmicas, por elevado aquecimento da conexão, tornando difícil à identificação do mecanismo de degradação (BRAUNOVIC, 2001).

O presente trabalho apresenta a caracterização de revestimentos de cobre, bronze alumínio e níquel alumínio, depositados em conexões de alumínio fundido, através de aspersione térmica e tem como intuito à melhoria das características mecânicas e elétricas dos conectores elétricos de alumínio para fixação de cabos de transmissão de energia elétrica, usados em subestações de distribuição, bem como, definir, aplicar e avaliar novos processos e materiais de revestimento para os atuais conectores.

3. CONEXÕES ELETRICAS

A seguir, destacam-se as principais contribuições obtidas da literatura relacionadas às causas e soluções do problema de aquecimento sofrido por conexões elétricas, em especial, as conexões envolvendo os metais alumínio e cobre simultaneamente.

3.1. Área de Contato

Como o bom desempenho de uma conexão elétrica está diretamente relacionado à área de contato entre os condutores, é de se esperar que quanto maior a área, melhor seja o contato. Verifica-se, porém que, apenas cerca de 1% da área nominal entre dois condutores é efetiva na condução de corrente elétrica. Como sugestão para minimizar o problema, a literatura e os fabricantes recomendam um aumento da rugosidade, bem como, a remoção parcial da camada de óxido formada entre os dois condutores, através do uso de escovas de aço e lubrificação.

3.2. Corpo do Texto

A diferença de potencial eletroquímico existente entre conexões de cobre e alumínio provoca a corrosão galvânica sendo esta considerada como um mecanismo de degradação de maior relevância em conexões elétricas. A conexão é afetada de duas maneiras, a saber, pela redução da área de contato e pela possibilidade de redução da resistência mecânica do conector, levando este a uma fratura. Na maioria dos casos, o que ocorre, é a combinação deste dois fatores (GAGNON, 2002).

Dentre as formas de minimizar a ação da corrosão galvânica está o uso de revestimentos metálicos associado ao uso de lubrificantes.

3.3. Expansão Térmica

A diferença entre os coeficientes de dilatação do cobre e do alumínio é considerada outro fator relevante no mecanismo de degradação das conexões elétricas envolvendo estes materiais. A taxa de expansão do alumínio, à medida que a temperatura aumenta, é maior em relação à do cobre. Como resultado, ocorre um cisalhamento entre os pontos condutores, diminuindo a área de contato com um conseqüente aumento da resistência elétrica. Outro resultado da diferença da expansão térmica em uma conexão é o fenômeno de “termoplastic ratcheting”. No decorrer do ciclo de aquecimento, um aperto excessivo realizado entre as conexões dará origem à deformação plástica do cobre o do alumínio, que não mais recuperará a dimensão original, após o ciclo de resfriamento, causando o afrouxamento dos contatos após vários ciclos.

3.4. Desgaste por Fricção – “Fretting”

Tal processo é definido como um dano na superfície de contato promovido por vibrações, diferença de coeficientes de dilatação entre os materiais de contato, relaxação da força e outros que resultam num acúmulo de óxido e partículas de desgaste, que conduzem a um elevado aumento da resistência de contato. O uso de lubrificantes associado a um projeto adequado da conexão, pode reduzir, porém, não eliminar o efeito de fretting em conexões elétricas (LU, JIAN-GUO, 1999).

3.5. Formação de Compostos Intermetálicos

Em ligações de cobre-alumínio constata-se a formação de compostos intermetálicos entre estes metais, os quais possuem diferentes propriedades mecânicas e elétricas, deteriorando a região de contato entre a conexão. Espera-se

atenuar tal efeito com o uso de chapas bimetálicas de cobre-alumínio junto à conexão, pois se supõe que na interface cobre-alumínio da chapa a temperatura seja menor, diminuindo a difusão do cobre e do alumínio.

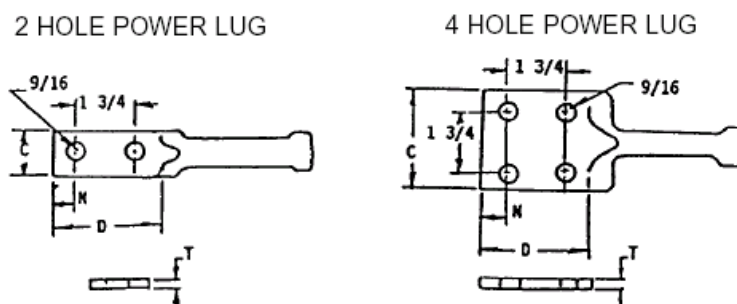
4. LIGAS DE ALUMÍNIO-SILÍCIO

Os conectores elétricos geralmente são fabricados de alumínio com adição entre 6-8% de silício. Genericamente a adição de silício pode ocorrer em teores de até 13% sendo que este é o elemento mais utilizado nas ligas de fundição, pois, aumenta a fluidez do alumínio líquido, permitindo o seu escoamento através de canais e a reprodução de detalhes específicos. Reduz a contração externa e a porosidade nos fundidos. Em elevados teores pode dificultar a usinabilidade.

Deve-se realçar a excelente resistência à corrosão até em meios ácidos fracos que estas ligas apresentam. No entanto, para condições próximas do eutético, estas ligas são muito frágeis, devido à formação de uma estrutura grosseira de grãos de silício e placas de alumínio. Recorrendo ao tratamento de modificação é possível utilizar teores de silício até mesmo superior ao do eutético. O tratamento consiste na adição de sódio ao metal líquido provocando uma fina dispersão de partículas de Si, com conseqüente alteração das propriedades mecânicas. A adição de Na desloca a composição do eutético para temperaturas menores (577 °C para 564 °C) e composições maiores. A melhor ductilidade das ligas modificadas é conseqüência da forma e tamanho dos grãos de Si, que passam de placas angulares com arestas capazes de concentrar tensões, para grãos finos e arredondados (BRAUNOVIC, 1994).

5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Três conectores comerciais do tipo chapa-cunha (sendo dois com dois furos e um com quatro furos) foram



utilizados para a realização do estudo, como observado na Fig.(1).

Figura 1. Conectores utilizados nos ensaios.

5.1. Materiais

A composição química do material (liga de alumínio fundido) utilizado na fabricação dos conectores está representada na Tab. (1).

Tabela 1. Composição química da liga de alumínio dos conectores

Conector	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	Si	Ti	Al
Chapa-cunha	0,11	0,01	0,005	0,003	0,07	6,48	0,08	balanço

5.2. Procedimento de Aspersão Térmica

A preparação da superfície foi via jateamento abrasivo com óxido de alumínio branco, granulometria , pressão 100 psi e a 100 mm de distância. As rugosidades medidas do substrato e dos revestimentos, após jateamento, correspondem a Ry e RSm.

Materiais utilizados como revestimento: arames de cobre, bronze alumínio e liga alumínio níquel: Processo de aspersão térmica: chama oxiacetilênica, pistola E12 METCO.

5.3. Ciclos Térmicos

Foram então cortadas 7 (sete) amostras de cada conector as quais foram submetidas a três ciclos térmicos diferentes e aos pares, ficando uma amostra de cada um sem passar por estes ciclos, conforme mostrado na Tab. (2).

Tabela 2. Identificação das amostras segundo ciclo a que foram submetidas

Temperatura	Identificação da amostra		
Sem ciclo térmico	10	20	30
60 °C	11	21	31
	12	22	32
120 °C	13	23	33
	14	24	34
180 °C	15	25	35
	16	26	36

5.4. Metalografia

Para a metalografia, iniciou-se o trabalho de lixamento com lixa grana 400, seguida de lixa 600, 1200, 1500 e 2000 em amostras foram embutidas em baquelita. Efetuou-se então o polimento das peças com pasta de diamante 1μ e $\frac{1}{4}\mu$. A seguir foi efetuada uma limpeza das amostras em equipamento ultra-sônico durante 5 minutos. Os corpos de prova foram então lavados em álcool e secos para a realização do ataque químico.

Para o ataque químico primeiramente foi utilizada uma solução de 4g de permanganato de potássio (KMnO₄), 1g de hidróxido de sódio (NaOH) em 100 ml de água destilada, sendo o ataque efetuado por imersão durante 10 segundos. As amostras foram lavadas em água corrente e a observação das microestruturas foi feita em microscópio ótico. Verificou-se que com este ataque as imagens obtidas ficaram excessivamente escuras, não produzindo uma boa diferenciação entre as fases presentes no metal. Foi então efetuado um novo polimento e um novo ataque químico foi preparado. Para este ataque, foi utilizado 2g de permanganato de potássio (KMnO₄), 1g de hidróxido de sódio (NaOH) e 100 ml de água destilada, imersão dos corpos de prova na solução durante 8 segundos. As imagens obtidas ficaram satisfatórias.

A análise da microestrutura foi realizada utilizando-se o microscópio óptico do Centro de Caracterização de Materiais LaMaTS / DEMEC / UFPR .

Para efeito de comparação, foi efetuada uma medição de dureza Vickers nos conectores com e sem revestimento e com ciclagem térmica. A microdureza dos revestimentos foi medida com um microdurômetro Vickers da marca Wilson Tuckon. A carga utilizada foi de 0,2 kgf. Foram realizados três perfis de microdureza para cada amostra. A distância entre a primeira indentação e a superfície do revestimento e as indentações subseqüentes foi de 150 μ m e a distância entre os perfis foi de 250 μ m. Os perfis de dureza representam a média das medidas dos três perfis.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Fig. (2) são apresentados os conectores já revestidos pelo processo de aspersão térmica a chama oxiacetilênica.

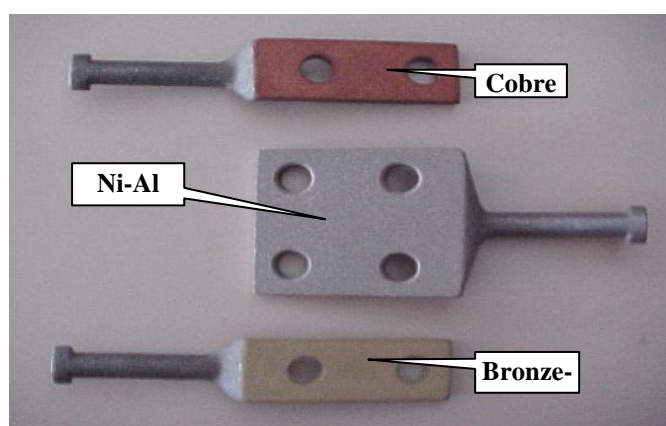


Figura 2. Aspecto dos conectores revestidos por aspersão térmica.

A seguir os resultados da medição da rugosidade do substrato e dos revestimentos depositados são demonstrados pela Fig. (3) e Tab.(3).

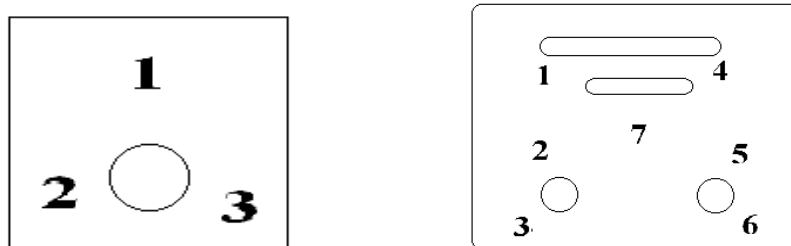


Figura 3. Pontos de medição da rugosidade do substrato dos conectores com e sem revestimento.

Tabela 3. Resultados da medição da rugosidade do substrato de alumínio.

	R_A	R_Y	R_Z	R_Q	RS_M
1	7,87	49,91	49,91	10,08	149
2	8,90	54,21	74,21	11,68	137
3	8,66	51,21	51,21	10,57	131
4	6,92	42,41	42,41	8,65	111
5	6,99	41,70	41,70	8,44	148
6	7,50	45,32	45,32	9,24	125
7	7,30	47,94	47,94	9,3	122
Média		47,52			131,85

Resultados obtidos da rugosidade dos revestimentos depositados apresentados na Tab.(4), Tab.(5) e Tab.(6) e na Tab.(7) uma compilação dos principais resultados de rugosidade.

Tabela 4. Resultados da medição da rugosidade sobre o revestimento de cobre.

Cobre	R_A	R_Y	R_Z	R_Q	RS_M
1	12,36	79,77	74,77	15,72	346
2	16,44	87,49	77,49	19,21	316
3	24,41	89,91	89,91	27,55	488
Média		85,72			383,33

Tabela 5. Resultados da medição da rugosidade sobre o revestimento de alumínio bronze.

Al+ BRONZE	R_A	R_Y	R_Z	R_Q	RS_M
1	9,56	78,99	43,99	10,92	416
2	11,46	89,53	53,53	13,55	446
3	22,9	93,52	93,52	26,87	503
Média		87,34			455,00

Tabela 6. Resultados da medição da rugosidade sobre o revestimento de alumínio níquel.

Al+Ni	R_A	R_Y	R_Z	R_Q	RS_M
1	13,68	74,09	64,09	16,23	264
2	17,99	81,71	81,71	21,21	292
3	16,57	84,09	84,09	19,70	356
4	15,55	72,67	72,67	18,68	305
5	12,14	79,69	59,69	14,44	338
6	12,68	68,44	68,44	16,12	314
7	9,89	86,10	56,10	12,26	310
Média		78,11			311,28

Tabela 7. Resumo dos resultados da medição da rugosidade do substrato e dos revestimentos.

Rugosidade	R_v	RS_M
Substrato Alumínio Fundido	47,52	131,85
Revestimento de Cobre	85,72	383,33
Revestimento de Al+Bronze	87,34	455,00
Revestimento de Al+Ni	78,11	311,28

Pode-se observar claramente que, para os conectores revestidos, a rugosidade superficial é significativamente maior que para os conectores sem revestimento. Esta rugosidade era esperada uma vez que, esta é uma característica inerente ao processo de aspersão térmica e é completamente desejável visto que se espera diminuir a resistência elétrica de contato com o aumento da rugosidade superficial dos conectores. No caso do parâmetro R_y (máxima distância pico vale) o aumento é significativo quando medido o mesmo parâmetro nos revestimentos. O parâmetro RS_m é ainda mais importante, dado que representa que a aderência é elevada quando o valor RS_m é >250 , isto significa que o número de picos é significativamente maior e com isso maior a quantidade de picos em contato entre os conectores, facilitando com isso a passagem de corrente elétrica e com isso reduz o efeito de aquecimento dos conectores.

A Fig.(4) apresenta o aspecto dos revestimentos efetuados sobre o substrato de alumínio fundido com tratamento térmico de modificação, que causa um arredondamento da fase eutética da liga de alumínio-silício. Segundo dados da literatura consultada, tal arredondamento promove, além do aumento da ductilidade do material, melhor condutividade elétrica destas ligas.

Observa-se a característica de rugosidade, espessura e a microestrutura de cada uma das amostras. Verifica-se que a espessura da camada depositada de Ni-Al é menor que a camada das outras duas amostras.

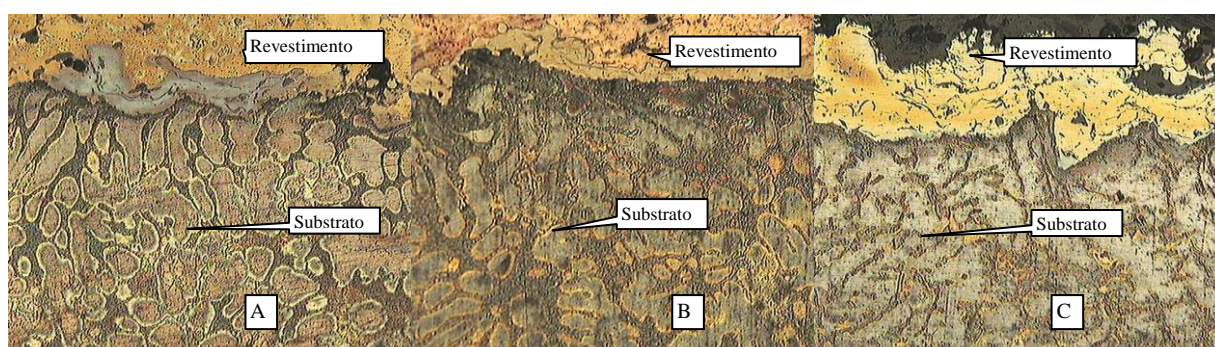


Figura 4. Aspecto micrográfico dos revestimentos sobre o substrato de alumínio fundido. A: o revestimento de cobre, B: o revestimento de Bronze-Al e C: o revestimento de Ni-Al.

A seguir, na Fig.(5), Fig.(6) e Fig.(7) são mostradas as microestruturas após a ciclagem térmica.

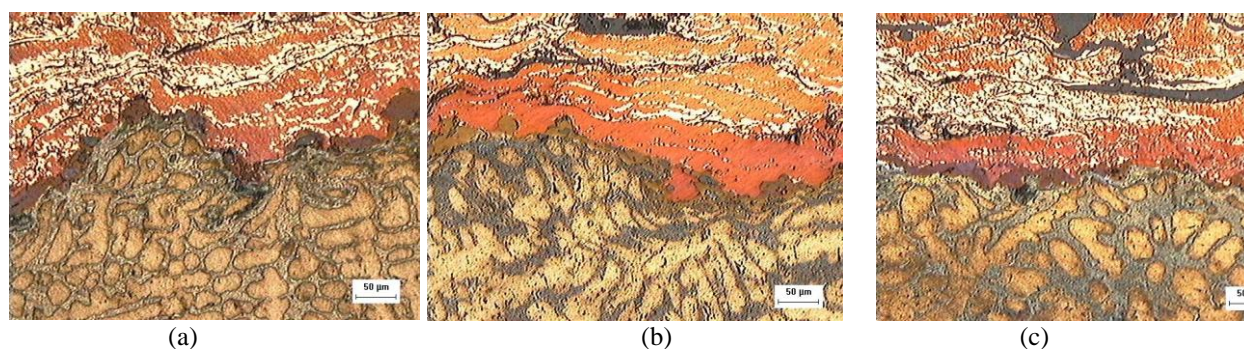


Figura 5. Microestrutura do conector de alumínio revestido com cobre após ciclagem térmica: (a) 60 °C, (b) 120 °C, (c) 180 °C. Aumento 200x.

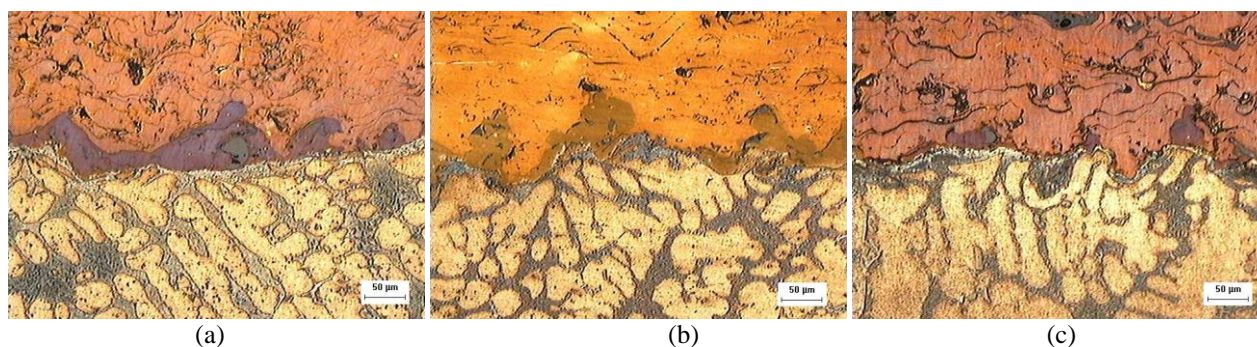


Figura 6. Microestrutura do conector de alumínio revestido com bronze-alumínio após ciclagem térmica: (a) 60 °C, (b) 120 °C, (c) 180 °C. Aumento 200x.

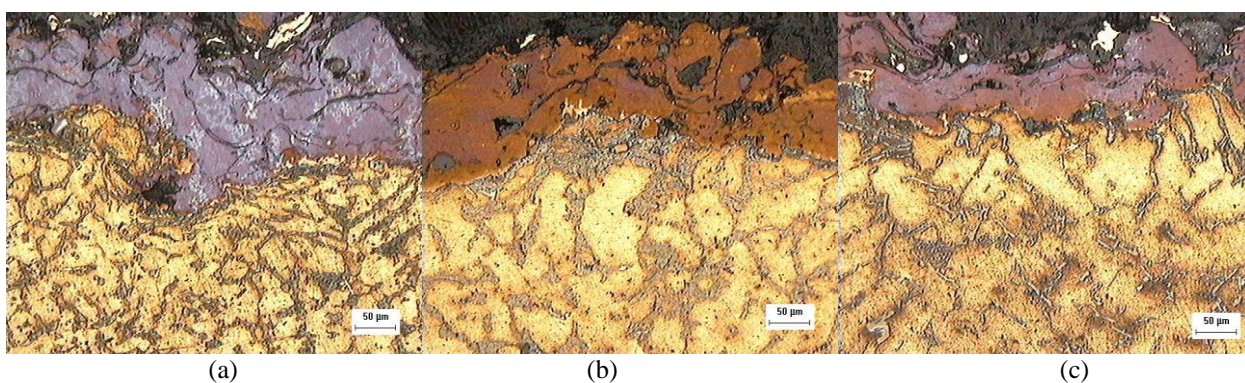


Figura 7. Microestrutura do conector de alumínio revestido com níquel-alumínio após ciclagem térmica: (a) 60 °C, (b) 120 °C, (c) 180 °C. Aumento 200x.

Após a ciclagem térmica observa-se nas microestruturas mostradas nas figuras 5, 6 e 7 que os revestimentos de cobre, bronze alumínio me alumínio níquel ficam mais densos, ocorrendo somente mudanças de morfologia no metal base de alumínio. O que não deve afetar o desempenho dos revestimentos.

Dureza: As durezas medidas em alguns conectores de fabricantes diversos foram medidas e constam da Tabela 8. Observa-se que as amostras que sofreram tratamento térmico T6 (envelhecimento artificial) possuem uma dureza bem mais elevada que as amostras não tratadas.

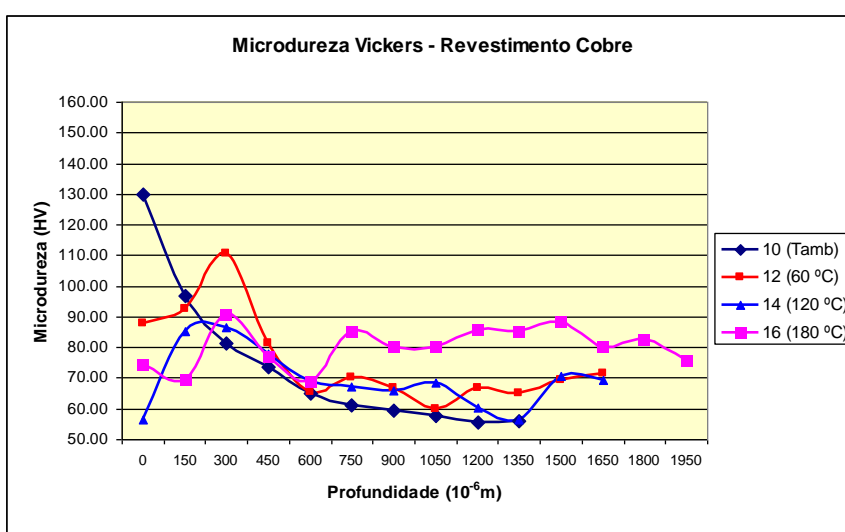
Tabela 8. Característica de dureza dos conectores ensaiados.

Conector tipo	Tratamento térmico	Dureza Vickers (HV _{0,2})
Terminal chapa-cunha	Sem	65
Chapa-cabo 2 furos	Sem	65
Chapa-cabo 2 furos	T6	118
Chapa-cabo 4 furos	Sem	60
Chapa-cabo estanhado	T6	110
Metalização Cu	Sem	-
Metalização Ni-Al	Sem	-
Metalização Bronze-Al	Sem	-

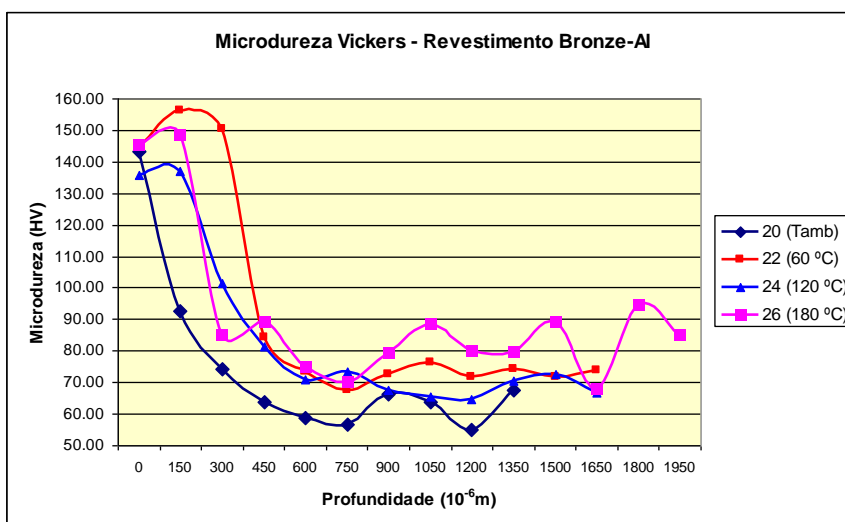
Destaca-se que nos conectores do tipo Chapa-cabo 2 furos e Chapa-cabo estanhado o tratamento térmico T6 após a fundição aumenta a dureza do substrato de alumínio, chegando praticamente a dobrar o valor quando comparada com as sem tratamento térmico.

A microdureza Vickers dos conectores revestidos foi avaliada e os resultados aparecem na Fig.(8.) Observou-se um ligeiro aumento na dureza do material, principalmente no substrato. Tal aumento no substrato se deve a formação de fases intermetálicas que poderiam ser formadas, devido ao revestimento efetuado nos conectores, quando expostos a variações de temperatura durante a ciclagem térmica. A formação destes compostos poderia ser pela difusão do cobre, do bronze e do níquel no substrato de alumínio, e pela precipitação de algum intermetálico alumínio silício do mesmo substrato.

Com relação aos revestimentos podemos comentar o seguinte: para o cobre ocorre diminuição da dureza após a ciclagem térmica, até aproximadamente a dureza do substrato de alumínio. No caso do revestimento de bronze alumínio a dureza aumenta a valores superiores ao revestimento sem ciclagem térmica somente na condição de 80 °C. O alumínio níquel apresenta um comportamento variável, no ciclo de 80 °C a dureza aumenta e na ciclagem a temperaturas mais elevadas a dureza diminui para valores ainda maiores ao material base de alumínio.



(a)



(b)

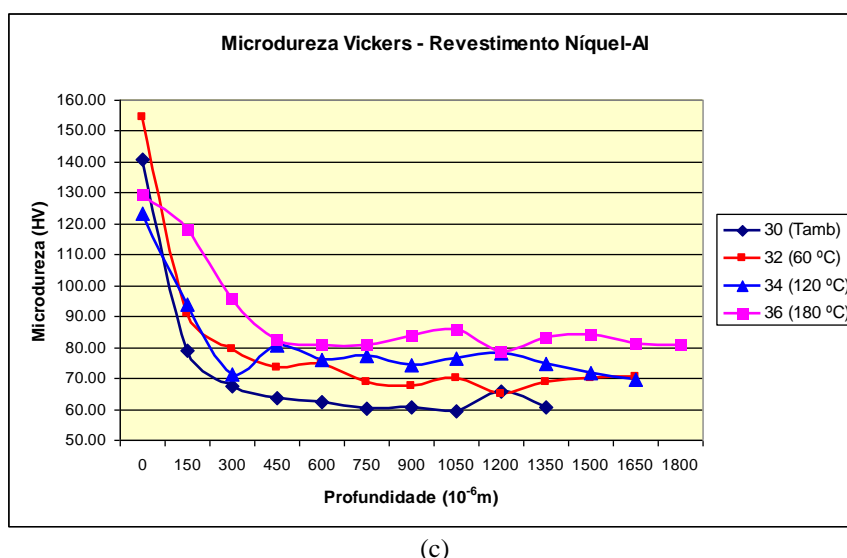


Figura 8. Gráfico apresentando os resultados de Microdureza Vickers obtido nos revestimentos de (a) Cobre, (b) Bronze-Al e (c) Níquel-Al a temperatura ambiente e após ciclagem térmica.

Finalmente pode-se comentar que o jateamento abrasivo dos conectores tem como objetivo garantir a adequada aderência dos revestimentos depositados no substrato. O que se deve salientar é que o processo de jateamento elimina da superfície do conector o filme de óxido de alumínio formado a elevada temperatura durante o processo de fundição, sendo que a passivação do alumínio a temperatura ambiente apenas formará um filme de óxido de alumínio muito mais fino que o formado a elevada temperatura, e que não vai contribuir muito no aquecimento dos conectores e, portanto, vai reduzir os fenômenos indesejáveis tais como expansão térmica e desgaste por fricção na interface conector revestimento.

7. CONCLUSÕES

Os resultados do trabalho demonstraram que é viável revestir conectores de alumínio através da técnica de aspersão térmica.

A deposição de materiais por aspersão térmica aumenta a rugosidade superficial da superfície de contato dos conectores, efeito vai diminuir a resistência de contato elétrico pelo aumento da área de contato entre as superfícies.

Existe variação de da dureza após a ciclagem térmica, o que pode permitir reduzir o desgaste por fricção entre as superfícies dos conectores.

8. AGRADECIMENTOS

Este trabalho conta com o apoio da Agência Nacional do Petróleo – ANP – e da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP – por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT. O trabalho ainda tem o apoio do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC, do Laboratório de Aspersão Térmica e Soldagem - LABATS da UFPR e do Laboratório de Materiais e Tratamentos de Superfícies – LAMATS da UFPR.

10. REFERÊNCIAS

- BRAUNOVIC, M., Aluminum Connections: Legacies of the Past. In: IEEE Conference of Electrical Contacts, 40. 1994.
- ENCONTRO TÉCNICO DA MANUTENÇÃO DE SUBESTAÇÕES, 1., 1999, Curitiba. Sobreaquecimento em conexões elétricas na transmissão: relatório final. Curitiba: Copel, 1996.
- BRAUNOVIC, M. Effect of connection design on the contact resistance of high power overlapping bolted joints In: 47th IEEE Conference on Electrical Contacts. Montreal. IEEE, 2001. p. 220-229.
- LU, JIAN-GUO. Failure analysis on bolt-type power connector application connectors In: 45th. IEEE Conference on Electrical Contacts. Pittsburgh, IEEE, 1999. p. 77-86.
- BRAUNOVIC, M. Effect on connector design on performance of service entrance power connectors In: 48th. IEEE Conference on Electrical Contacts, Orlando, IEEE, 2002. p. 239 - 245.
- GAGNON, D., BRAUNOVIC, M. High temperatures lubricants for power connectors operating at extreme conditions In: 48th. IEEE Conference on Electrical Contacts, Orlando. IEEE, 2002. p. 273-282.
- BAPTISTA, A. L. B., O Ensaio Metalográfico no Controle da Qualidade, UFF/EEIMVR, 1998.

BRAUNOVIC, M., Intermetallic Compounds at Aluminum-to-Copper Electrical Interfaces: Effect of Temperature and Electric Current, IEEE Transactions on Components, Hybrids and Manufacturing Technology, part A, vol.17, p.78-84, 1994.

11. DIREITOS AUTORAIS

1. Padilha, Hélio. (helio.padilha@ufpr.br)

Av. Cel. Francisco H. dos Santos, s/n – Jardim das Américas - Centro Politécnico
Caixa Postal 19011 – CEP: 82.840-190 – Curitiba – PR

2. Paredes, Ramón Sigifredo Cortés. (ramon@ufpr.br)

Av. Cel. Francisco H. dos Santos, s/n – Jardim das Américas - Centro Politécnico
Caixa Postal 19011 – CEP: 82.840-190 – Curitiba - PR

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos no seu trabalho.

COATING OF COPPER, BRONZE/ALUMINUM AND ALUMINUM / NICKEL DEPOSITED BY THERMAL SPRAY PROCESS ON ALUMINUM SUBSTRATE TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF ELECTRICAL CONNECTIONS.

Padilha, Hélio, helio.padilha@ufpr.br¹
Paredes, Ramón S. C., ramon@ufpr.br²

¹Universidade federal do Paraná, av. Cel Fco. H. dos Santos, s/n C.P. 19011 – CEP:81530-990 – Curitiba - PR

²Universidade federal do Paraná, av. Cel Fco. H. dos Santos, s/n C.P. 19011 – CEP:81530-990 – Curitiba - PR

***Abstract.** The connections and contacts of equipment and slide bars are of great importance inside of an electric substation, therefore in case that it has an imperfection in these interconnections can happens a serious interruption in the transmission system. These electric interconnections permanently are displayed the diverse influences that can lead to a bad performance of the same ones. The main influences are: ambient, electric and mechanical. The main function of an electric connection is to make possible the uninterrupted transmission of the electric current through an interface. This only can be obtained if a good metal-to-metal contact will be established and kept.*

However, according to literature, for the case of aluminum connections, this nor always possible must to the intrinsic properties of this metal, such as always the present oxide layer in the surface, the trend to suffer to phenomena from fluency and the high coefficient of thermal expansion, which leads to the phenomenon of fretting enters the connection interfaces. In particular, the mechanisms of degradation of aluminum are complex and still completely they are not explained inside of the used electric current limits. The preparation of a surface that takes care of to the requests and that it is economically advantageous is the purpose of its finishing, its treatment and its covering.

This study it intends to evaluate the viability to coat high-voltage electric connectors, manufactured in casting aluminum alloy, used in the setting of handles of transmission of aluminum energy, used in distribution substation, with coverings of copper, cooper-tin-aluminum alloy and nickel-aluminum, deposited for the process of thermal spray, evaluating still the effect produced in the electric resistance of such conductors and in its microstructure.

Keywords: thermal spray electric; contacts; electrical resistance.