

AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA EM RECOBRIMENTOS DE BIOMATERIAIS ⁽⁵¹⁷⁸⁾

Avaliação da Aderência em Recobrimentos de Biomateriais Produzidos por Aspersão Térmica a Plasma Atmosférico Utilizando-se o Ensaio De Tração

Helena Rocha Alves ¹
Thiago Corrêa dos Santos. ²
Daniel Furtado Leite. ³
João Marcelo Mata Magalhães ⁴
José Roberto Tavares Branco ⁵

Resumo

A Hidroxiapatita produzida por aspersão térmica é um material cerâmico de custo elevado. Objetivando redução de custo e melhorias mecânicas, especificamente na aderência, procurou-se adicionar Zircônia e PET, criando-se misturas HA/ZrO₂ e HA/PET. Os recobrimentos foram produzidos por aspersão térmica a plasma de alta energia (HEP), em substrato de aço inox 316L. As amostras foram divididas em dois lotes, com e sem tratamento térmico pós-recobrimento, a uma temperatura de 700 °C por um período de 15 min. Com a espessura do recobrimento variando de 13 a 124 micra. A adesão dos recobrimentos foi avaliada pelo ensaio de tração. Utilizaremos neste trabalho conhecimentos ligados ao estudo da aderência e fadiga de materiais através do ensaio de tração com base no estudo da aderência e a resistência ao desgaste. Resultando na observação de que as amostras sem tratamento térmico possuíam valores de cargas de destacamento do recobrimento superiores às amostras que sofreram tratamento térmico pós-recobrimento. As amostras da mistura HA/ZrO₂ 50 % apresentaram valores de cargas de destacamento superiores as demais. As amostras de HA/PET 25 % apresentaram os piores resultados dentre os materiais ensaiados. O ensaio de tração é uma ferramenta interessante que pode ser utilizada como indicador da adesão para recobrimentos produzidos por aspersão térmica, desde que se trabalhe com um número elevado de corpos de prova, uma vez que uma série de fatores interferem no resultado do ensaio. Fatores estes que vão desde a geometria do corpo de prova até o tempo de cura e tipo de cola utilizada no ensaio.

Palavras-chave:

Recobrimento, Aspersão Térmica, Biomateriais, Ensaio de Tração, Adesão.

*1 - M. Sc. Engenharia de Materiais – Rede Temática em Engenharia de Materiais – REDEMAT,
2 – Estagiário NT – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC-MG,
3 e 4 – Estagiários BIC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC-MG,
5 – Dr. Engenharia Metalúrgica – Rede Temática em Engenharia de Materiais – REDEMAT,
Av. José Cândido da Silveira, 2000, CEP 31170-000 Instituto Agrônomo / Belo Horizonte (MG).*

Introdução.

Biomateriais, são materiais utilizados no corpo humano, em contato com tecidos vivos, tendo como função avaliar, tratar, aumentar ou substituir órgãos e/ou tecidos. Como exemplos de aplicações de biomateriais têm: pinos de próteses dentárias, próteses de órgãos estruturais do corpo humano (fêmur, costelas, etc.), próteses do ouvido médio e pinos de fixação de fraturas ósseas. Podem também ser utilizados em tecidos nobres como olho e válvulas cardíacas. Dentre os biomateriais podemos destacar o potencial dos materiais cerâmicos com base na sua biocompatibilidade no meio fisiológico. Estes materiais são chamados de biocerâmicos e de acordo com a interação tecido material podem ser divididos em três categorias: bioinertes, bioativos e compostos biodegradáveis. A hidroxiapatita é um material bioativo e também biocompatível com várias formas de tecido: ósseo, cartilaginoso e muscular. A dissolução seguida da precipitação de uma hidroxiapatita carbonatada são os mecanismos de bioatividade da hidroxiapatita. Outra propriedade da hidroxiapatita é a osteocondutividade, ou seja, ela permite um crescimento ósseo ao redor do implante em um período de tempo mais curto. Sendo a hidroxiapatita sintética um composto inorgânico similar às estruturas encontradas nos ossos e dentes, $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$, foi portanto um dos primeiros materiais investigados para produzir revestimentos em implantes metálicos, propiciando uma melhor interação osso e implante. A aspersão térmica a plasma tem sido apontado como método mais versátil e eficaz de produzir revestimentos de hidroxiapatita.

A zircônia é uma cerâmica largamente utilizada como barreira térmica, mas, é também considerada uma cerâmica bioinerte e pode ser obtida do mineral Badeleíta (80 a 90% de ZrO_2), que é encontrado no Brasil nos Estados de Minas Gerais e de São Paulo, e do mineral Zirconita ($ZrSiO_2$) que é encontrado em países como Índia, Austrália e Estados Unidos (Stevens, Ron (1998) e Kossosky, Ram (1987)). A zircônia pura é polimórfica e exibe três fases, bem definidas, a pressão atmosférica: monoclinica, tetragonal e cúbica, e mostra sob alta pressão a fase ortorrômbica. Adições de CaO, MgO e outros óxidos podem estabilizar a zircônia em altas temperaturas através da formação de solução sólida (Stevens, Ron (1998) e Kossosky, Ram (1987)). Esta condição de estabilização é essencial para seu uso em aplicações em máquinas submetidas a condições térmicas cíclicas. O ZrO_2 parcialmente estabilizado na fase tetragonal ou cúbica preserva a estabilidade química e térmica, sua baixa condutividade térmica, seu alto coeficiente de expansão térmica e a boa resistência a erosão da zircônia pura (Yasuda, K. at all 2000). (Evans, A. G. at all 2001). Zircônia parcialmente estabilizada por Y_2O_3 na faixa de 6 a 8 % em peso, apresenta melhores propriedades térmicas e maior durabilidade quando comparado com outros estabilizadores, principalmente devido à baixa condutividade térmica ($\sim 1 \text{ W/m}^2\text{K}$) e a melhor resistência à fadiga térmica (Evans, A. G. at all 2001). Entretanto, o emprego deste estabilizador em larga escala conduz a maiores custos de produção se comparados com outros estabilizadores menos nobres como CaO e o MgO (Rangaswamy, S. 1985), e no nosso caso, recobrimento para implantes, a estabilidade em altas temperaturas não é um fator primordial a ser considerado, portanto optamos por trabalhar com a zircônia estabilizada com a cálcia CaO.

O politereftalato de etileno ou PET, como é mais conhecido, é a mais importante resina dentre os poliésteres, grupo de polímeros descoberto, na década de 30, por

W. H. Carothers, da Du Pont (Montenegro. 1996) e, a partir de então, sua principal aplicação tem sido na confecção de fibras têxteis. Os polímeros de uso geral apresentam módulo de elasticidade baixo a temperaturas relativamente baixas, com ampla oportunidade de substituição dos materiais tradicionais, pelos seguintes motivos: peso reduzido comparado a cerâmicas e metais, facilidade de fabricação e processamento, alta resistência ao impacto, bom isolamento elétrico, menor custo energético de fabricação e transformação, e custo de acabamento reduzido (Labronici, M.1995). O PET é classificado como um polímero termoplástico, branco, transparente a opaco, com temperatura de fusão de 240°C. Apresenta como propriedades marcantes a: resistência mecânica, térmica e química. Sendo também considerado um biomaterial classificado como bioinerte, ou seja, em contato com tecidos vivos ele é tolerado sem maiores restrições (Bolt. at all 2004). Em nosso estudo trabalhamos com PET reciclado apenas para início dos estudos mecânicos e tribológicos.

A hidroxiapatita reforçada com polietileno de alta densidade (HDPE) tem sido desenvolvida desde o princípio da década de 80 como um material análogo na substituição do osso. Mostrando ser promissor em solucionar o problema da reabsorção óssea que é encontrada com o uso de implantes convencionais como metais e cerâmicas, que possuem capacidade de reabsorção bem maiores que a do osso humano. Uma das aplicações clínicas mais recentes deste material é para reconstrução orbital e aumento de volume ósseo (Bonfield at all 1981). No sistema simples HA/HDPE existem apenas duas fases: partículas de HA dispersas e contínuo polietileno de alta densidade. Entretanto, só as ligações mecânicas que se resultam do encolhimento do polietileno ao redor das partículas de HA, durante o processo de composição são ativadas entre o reforço de HA e a matriz de polietileno. Conseqüentemente as propriedades mecânicas de compostos de HA/HDPE que são manufaturados de forma convencional, HA e HDPE são diluídos, misturados e novamente manufaturados por extrusão, apresenta uma fraca ligação com o osso e aplicação limitada. No presente trabalho será o PET será usado na forma de pó, misturado ao pó de HA, aspergidos termicamente no substrato de aço inox 316L.

O teste de ensaio de tração determina o grau de adesão de um recobrimento a um substrato, ou a força coesiva de um recobrimento sendo aplicado uma força normal à superfície, conforme figura 01. O teste é feito a temperatura ambiente. O método é recomendado para controle de qualidade; teste de aceitação do recobrimento; desenvolvimento ou qualificação de equipamentos de tocha spray; comparação da adesão ou da força coesiva de tipos similares de tochas de aspersão térmica.

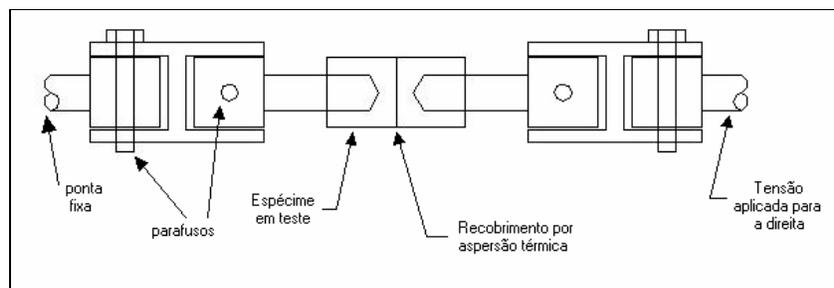


Figura 01 – Esquema da montagem do teste de tração

No centro da figura 01, após um tempo de cura, a cola é fixada no recobrimento. Daí pode ser aplicada uma força axial. Através da análise da falha pode-se conseguir a força adesiva que é uma importante propriedade do recobrimento. Porém, os procedimentos para realização do teste exigem muita cautela e atenção, pois deve-se analisar a penetração da cola no substrato que depende de sua viscosidade, e da porosidade do recobrimento, e o alinhamento do aparelho com a peça recoberta deve ser perfeito. (Lin,1994). Os modos de falha no ensaio de tração diferem de acordo com o local onde ocorreu, conforme mostra a figura 02, sendo classificadas em falha interfacial e falha coesiva de acordo com estudos anteriores, (Berndt 1993).

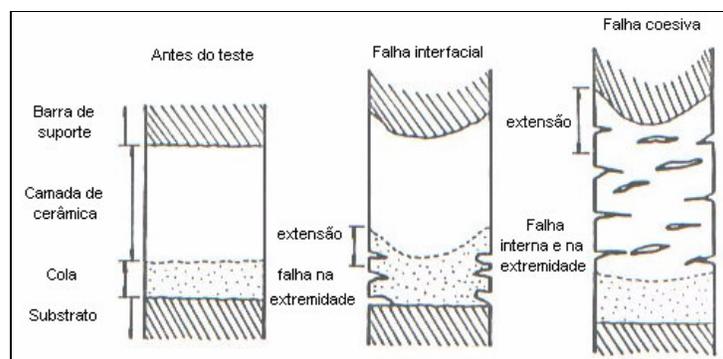


Figura 02 – Tipos de falhas para o ensaio de tração, segundo literatura.

A Hidroxiapatita é um material cerâmico de custo elevado. Objetivando redução de custo e melhorias mecânicas, especificamente na aderência, procurou-se adicionar Zircônia e PET, criando-se misturas HA/ZrO₂ 50% e HA/PET 25%. Os recobrimentos foram produzidos por aspersão térmica a plasma de alta energia (HEP), em substrato de aço inox 316L. Utilizaremos neste trabalho conhecimentos ligados ao estudo da aderência, fadiga e a resistência ao desgaste de materiais.

Metodologia.

A limpeza do substrato foi realizada com jateamento abrasivo com partículas de Al₂O₃ com 350 µm de diâmetros, seguido de limpeza ultrasonica. Os recobrimentos de HA foram produzidos por aspersão térmica a plasma atmosférico de alta energia (HEP), conforme tabela 01. As amostras foram produzidas com a espessura do recobrimento variando de 10 a 134 micra. Em seguida estes lotes foram divididos em dois grupos sendo um deles sem tratamento térmico pós-recobrimento e o outro com tratamento térmico pós-recobrimento a uma temperatura de 700 °C por um período de 15 mim.

O ensaio de tração foi utilizado para determinar o grau de adesão do recobrimento ao substrato aplicando-se tensão normal em sua superfície. O teste foi realizado a temperatura ambiente seguindo-se a norma ASTM C-633-79 que normaliza o ensaio de tração para recobrimentos. As amostras recobertas foram coladas, utilizando-se uma cola especial, NP3 TRABASIL® serie laranja de fabricação Argentina. A colagem foi realizada em contra corpos de aço 1020, sendo colado um contra corpo sobre o recobrimento e outro na parte oposta da amostra. Foi utilizado um produto ativador para acelerar o processo de secagem da cola. Após 24 horas de cura as amostras foram submetidas a ensaio de tração com uma velocidade de

deslocamento de 1mm/mim. No ensaio foram adquiridas as tensões de ruptura ou tensões máximas ou carga crítica de destacamento do recobrimento.

Tabela 01

Parâmetros de Aspersão Térmica	
Pressão de Argônio	100 PSI
Pressão de Hidrogênio	50 PSI
Fluxo de Argônio	100 SCFH
Fluxo de Hidrogênio	10 SCFH
Fluxo de Transporte	40 SCFH
Pressão de Transporte	50 PSI
Corrente Elétrica	400 A
Tensão	62 V
Distancia de Aspersão	100, 150 e 200 mm

Resultados e Discussão

Para o ensaio de tração a primeira observação é que devemos reavaliar a nomenclatura da literatura, (Berndt 1993), uma vez que ela não retrata adequadamente o que foi observado após os ensaios realizados neste trabalho. Portanto adotaremos a nomenclatura exemplificada na figura 03. Onde encontraremos os seguintes tipos de falhas:

1. Falha na Cola. É uma falha do adesivo utilizado e pode acontecer na parte acima do recobrimento ensaiado assim como na parte oposta da amostra.
2. Falha Coesiva. É a falha que acontece ao longo da espessura do recobrimento.
3. Falha Adesiva. É a falha que acontece na interface recobrimento/substrato.
4. Falha Mista. É basicamente uma mistura das falhas coesivas e adesivas, mas em alguns casos pode incorporar falhas na cola.

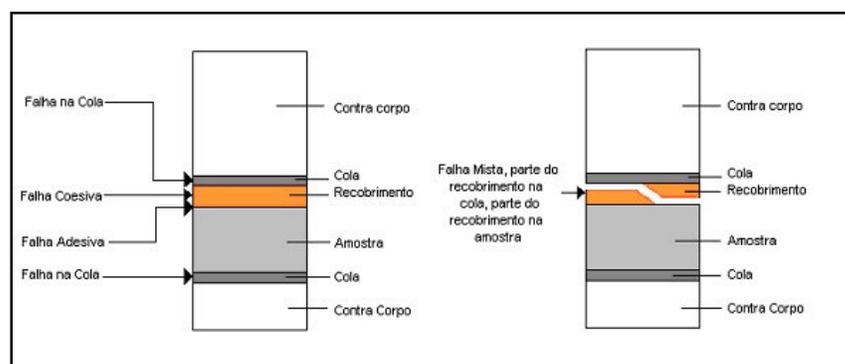
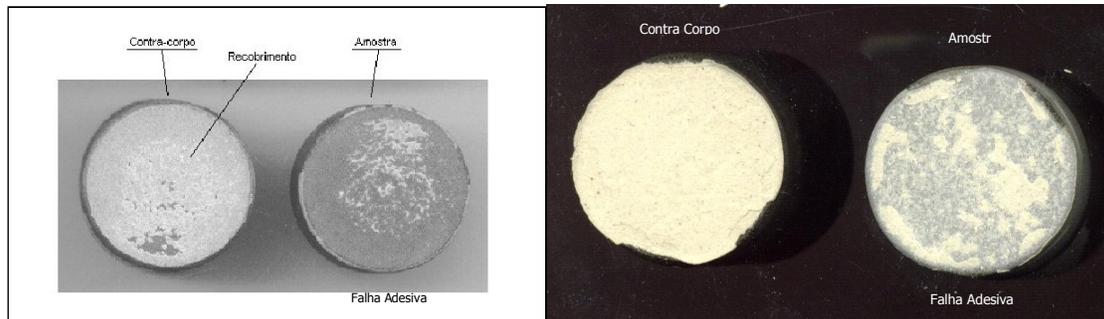


Figura 03 – Esquema com os tipos de falhas observados durante ensaio de tração.

Nas figuras 04 e 05 abaixo temos um exemplo da falha adesiva, ou seja, na interface recobrimento/substrato de uma amostra de HA, figura 04 e em uma amostra HAZr, figura 05, nelas podemos observar que o recobrimento foi totalmente arrancado da superfície.



Figuras 04 e 05 – Falha Adesiva em uma amostra de HA (esquerda) e em uma amostra de HAZr (direita).

A figura 06 exemplifica uma falha coesiva acontecida em uma amostra HA, nela observamos a existência de material depositado tanto no contra corpo como na amostra ensaiada. A falha na cola tem como exemplo a figura 07 abaixo, nela observamos que todo o recobrimento permaneceu na amostra de ensaio.

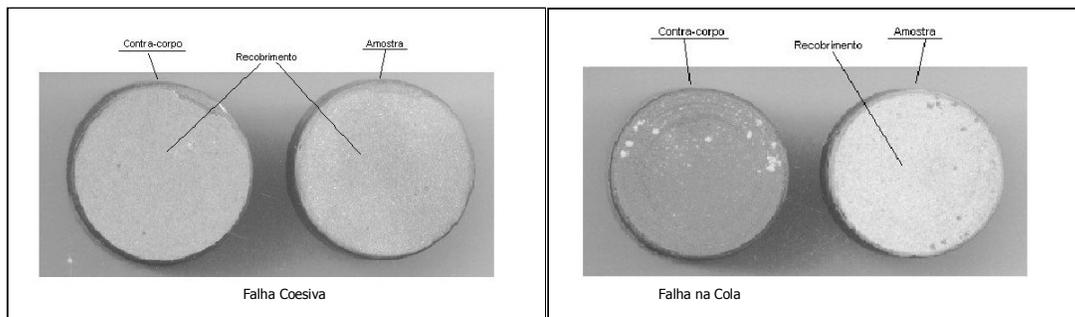


Figura 06 – Falha Coesiva em uma amostra HA (esquerda).
Figura 07 – Falha na cola em uma amostra HA (direita).

As falhas mistas têm como exemplo as figura 08 e 09, nelas é possível distinguir regiões distintas aonde ocorreram falhas simultâneas na interface, ao longo do recobrimento e na região da cola.



Figuras 08 e 09 – Falha mista em amostra de HA (esquerda) e em uma amostra de HAZr (direita).

A tabela 02 expõe a complexidade da análise dos resultados do ensaio de tração. Ela é somente uma amostra dos dados totais. Para criarmos os gráficos referentes as cargas de falha do ensaio de tração foi necessário eliminar as falhas na cola. Trabalhou-se somente com as falhas adesivas, coesivas e mistas, mas, mesmo

assim tomou-se o cuidado de se verificar a coerência dos valores encontrados. O lote HAPET exposto na tabela 02 é o único lote de HAPET possível de ser analisado. Todos os demais foram descartados devidos ao que foi chamado de falha do ensaio, neste tipo de falha a amostra ensaiada se soltava fogo que era encaixada na máquina de ensaio. As falhas na cola ocorreram em níveis variados, indicando a possível existência de problemas de procedimento na colagem, provavelmente problemas de cura de cura da cola ou do ativador.

Tabela 02 – Tipos de falha em função do tratamento.

Lote	Espessura (µm)	Força (Kgf)	Tipo de falha
5 HA/ZrO2 STT	58	360	Falha Adesiva
	65	500	Falha Mista
	70	590	Falha Mista
	71	300	Falha Cola
	74	410	Falha Mista
4 HA/ZrO2 TT	21	420	Falha Cola
	28	660	Falha Adesiva
	34	830	Falha Mista
	41	590	Falha Adesiva
	42	600	Falha Mista
10 HA TT	26	660	Falha Cola
	29	680	Falha Mista
	39	540	Falha Mista
	42	370	Falha Cola
	55	320	Falha Mista
11 HA STT	106	110	Falha Mista
	109	400	Falha Adesiva
	109	440	Falha Coesiva
	110	110	Falha Mista
	111	330	Falha Adesiva
14 HA/PET	103	60	Falha Mista
	107	20	Falha Cola
	109	60	Falha Coesiva
	110	150	Falha Mista

O gráfico 01, expõe os resultados das cargas de destacamento em função da espessura do recobrimento para todas as condições de tratamento estudadas. É possível notar que apesar das linhas de tendência indicarem um determinado comportamento, a diminuição dos valores das forças normais, com o aumento das espessuras, as barras de erros são bastante largas.

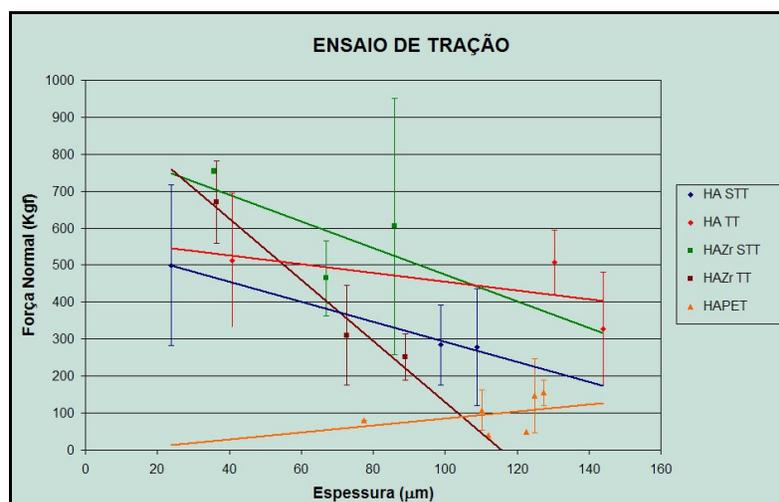


Gráfico 01 – Cargas de destacamento versus espessura do recobrimento.

O gráfico 02 mostra os resultados das cargas de destacamento das amostras sem tratamento térmico. Nele observamos que as amostras HAZr STT apresentaram resultados superiores as amostras HA STT e que em ambos os casos com o aumento da espessura ouve uma diminuição dos valores das forças que levaram as falhas. As amostras HAPET apresentaram resultados muito inferiores aos demais apesar de uma tendência de aumento com o aumento da espessura.

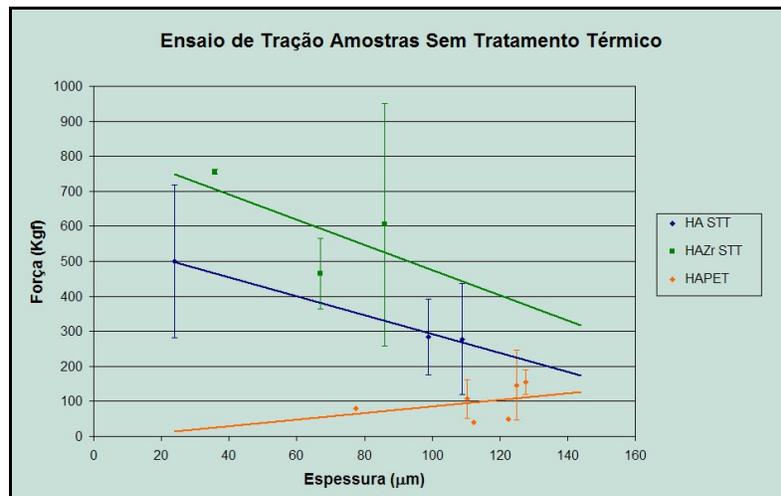


Gráfico 02 – Ensaio de tração para amostras sem tratamento térmico.

O gráfico 03 expõe os resultados das cargas de destacamento das amostras com tratamento térmico. Nele observamos que para espessuras inferiores a amostras HAZr TT apresentam um melhor desempenho, entretanto com o aumento da espessura o seu desempenho cai acentuadamente.

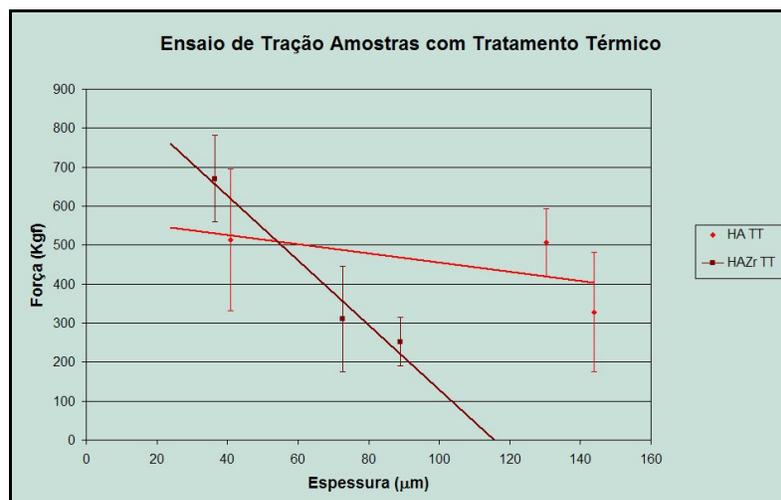


Gráfico 03 – Ensaio de tração para amostras com tratamento térmico.

Os resultados apresentados nos gráficos 01, 02 e 03 indicam que a presença de ZrO_2+CaO contribui para a melhoria de desempenho (aderência) dos recobrimentos em estudo. Esta observação está de acordo com estudos anteriores, (Alves 11/2004), exceto pelo fato de as cargas de destacamento terem seus valores diminuídos com o aumento da espessura. Em ensaios de riscamento com aplicação

de carga progressiva, Alves (11/2004), as cargas críticas de destacamento do recobrimento tiveram seus valores aumentados com o aumento da espessura. Observa-se que no caso dos ensaios de tração existe uma forte influência das falhas coesivas. Para reforçarmos tal hipótese podemos observar estudos anteriores de, (Alves 7/2004), com os resultados dos gráficos 01, 02 e 03. Nestes estudos foi utilizado ensaio de riscamento com a aplicação de cargas constantes, e eles indicam que com o aumento da espessura os valores das cargas de falha dos recobrimentos diminuíram com o aumento da espessura, especialmente após tratamento térmico. Os ensaios de riscamentos com carregamentos constantes têm como objetivos determinar os valores mínimos de falha dos recobrimentos, sendo que no tipo de recobrimento em estudo os valores de falhas para as falhas coesivas precedem os das falhas adesivas, (Bull 1988).

A temperatura do tratamento térmico, 700°C, assim como o tempo de 15 min não são suficientes para induzirem mudanças de fases na ZrO_2 (Thompson 2001) e (Wright 1999). Porém tais condições são mais que suficientes para obtermos um recobrimento com mais de 98% de cristalinidade e para que a CaO presente reaja com as fases amorfas da HA, (Silva 1998). Os parâmetros de aspersão foram também ajustados somente para garantir a fusão das partículas de HA, ou seja aproximadamente 1000°C para a HA e cerca de 2400°C para a ZrO_2+CaO . As transformações de fases de amorfas para cristalinas, provavelmente influenciam na aderência dos recobrimentos em estudo. A HA cristalina ocupa um volume menor do que a HA amorfa (Hench 1984). O melhor desempenho das amostras HA TT em relação as amostras HA STT pode estar ligado também as transformações de fases, já que uma estrutura cristalina possui maior estabilidade sendo portanto mais difíceis de serem rompidas. O fraco desempenho das amostras HA PET pode ser explicado pela baixa molhabilidade do PET, e tal fato influenciaria na ancoragem mecânica do recobrimento ao substrato. Podemos ainda dizer que aconteceram muitos problemas de colagem com as amostras HA PET, especialmente devido a ma cura da cola, já que a grande maioria das amostras exceto o lote mostrado na tabela 02 falharam já no posicionamento na máquina de ensaio. Talvez exista alguma incompatibilidade entre a cola o ativador e o PET.

Conclusões

A adição de ZrO_2+CaO nos recobrimento cumpriu a função aumentando sensivelmente os valores das cargas de destacamento.

As amostras HA PET são difíceis de serem analisadas por prováveis problemas com a cura da cola. Os resultados obtidos indicam que este tipo de mistura tem um desempenho muito inferior aos demais em estudo.

O ensaio de tração para este tipo de recobrimento produzido por aspersão térmica a plasma atmosférico devem ser realizados com um numero muito maior de amostras para cada condição de ensaio, uma vez que fatores como cura da cola e do ativador espessura e porosidade dos recobrimento influenciam nos resultados

Agradecimentos

A REDEMAT, ao laboratório de Metalurgia do CETEC-MG e Einco Biomateriais Ltda.

Referências

1. Hench, L.L., Wilson, J., "**Surface Active Biomaterials**", Science, 226, 630-636. (1984)
2. Lin C.K. and C.C.Berndt, "**Measurement and Analysis of Adhesion Strength for Thermally Sprayed Materials**" – Journal of Thermal Spray Technology – 80 - 82 – (1994).
3. Brogan, J.A., "**Processing and Property Relationships of Thermally Sprayed Polymer Systems**", State University of New York at Stony Brook - (1996).
4. Stevens, Ron,; "**An introduction to Zircônia**", 2ª edição, John Wiley & Sons, Inc.- (1998).
5. Kossosky, Ram, "**Surface Modification Engineering Protective Coatings For High-Temperature Technology**", Vol. 2; 26 - 60 – (1987).
6. Yasuda, K.; Suenega, S.; Inagaki, H., "**Relationship Between Microstructure of Plasma Sprayed 8YZ Coatings and Thermal Fatigue Life of Thermal Barrier Coatings**"; Journal of Materials Science, vol 35. – 317 - 321. – (2000).
7. Evans, A. G. at all; "**Mechanisms Controlling the Durability of Thermal Barrier Coatings**"; Progress in Materials Science, vol. 46, - 505 - 553. - (2001)
8. Rangaswamy, S; Longo, F.N.; "**Thermal Sprayed Ceramic Coatings**"; Paper for presentation in the "OEM Design Conference" Philadelphia, 9-11.- (1985).
9. Montenegro, R. S. P., Filha. D. C. M., Pan, S. S. K. "**Resina PET para recipientes**". São Paulo: BNDS Setorial. (1996).
10. Labronici, M. "**Poliéster para garrafas – Experiência brasileira**". Anais do 3º Congresso Brasileiro de Polímeros, Rio de Janeiro. (1995).
11. Bolt. B. W. at all, "**Superfície Modificada Melhora Desempenho do PET para Aplicações Biomédicas**". V 26, Plástico Industrial, (2004).
12. Bonfield W., Grynypas M.D. and Tully A.E., "**Hydroxyapatite reinforced Polyethylene a Mechanically Compatible Implant Material for Bone Replacement**", Biomaterials, May (1981).
13. Alves, H.R. at all, "**Avaliação Tribologica de Recobrimentos de Biomateriais Produzidos por Aspersão Térmica a Plasma Atmosférico**", XVI CBECIMAT – (Nov 2004)
14. Alves, H.R. at all, "**Avaliação do Ensaio de Riscamento para Determinação da Aderência em recobrimentos de Hidroxiapatita Depositados por Aspersão Térmica a Submetidos a Tratamentos Pós- Recobrimentos**". III COLAOB. (Jul 2004)
15. Bull, S.J., Rickerby, D.S., Matthews, ^a, Leyland, A., and Pace, A.R, "**The use of scratch adhesion testing for the determination of interfacial adhesion: The importance of frictional drag**". Surf. Coat. Technol. 36, 503-517. - (1988).
16. Thompson, J.A.; Clyne, T.W; "**The Effect of Heat Treatment on The Stiffness of Zircônia Top Coat in Plasma-Sprayed TBCs**", Acta Materials, Jan, (2001).
17. Wright, P.K.; Evans, A.G.; "**Mechanisms Governing the Performance of Thermal Barrier Coating**"; Current Opinion in Solid State and Materials Science, Vol 4, 255-265, (1999).
18. Silva S. N., "**Efeitos de Parâmetros do Spray a Plasma Sobre Características Estruturais de Recobrimentos de Hidroxiapatita**". Dissertação de Mestrado, Pós Graduação em Eng. Metalúrgica. UFMG. (1998).

ADERENCE EVALUATION OF BIOMATERIALS COATINGS PRODUCED BY ATMOSFERIC THERMAL SPRAY PROCESS USING TRACTION TEST

*Heleno Rocha Alves*¹
*Thiago Corrêa dos Santos*²
*Daniel Furtado Leite*³
*João Marcelo Mata Magalhães*⁴
*José Roberto Tavares Branco*⁵

Abstract

The hydroxyapatite thermal sprayed coatings are one of the most important biomaterials use in the world now a days. However the cost is very high. The hydroxyapatite has been exhaustively studied, but the adherence relationship of the interface coating/ substratum isn't well understood yet. The tribological evaluation of HA thermally sprayed is very important because it is a ceramic material and their adherence, especially with metal substratum isn't well understood. The traction test will be the tool used on this work to evaluate the adherence relationship using constant load.

The coatings will be produced using 316L inox steel as substratum and high energy plasma spray (HEP). Three classes of materials will be tested: pure Hydroxyapatite, (HA), Hydroxyapatite with Zircon at 50% weight (HAZr) and Hydroxyapatite with PET 25% weight (HAPET). The HA and HAZr coatings will be divided in two groups with and without thermal treatment after coating at 700°C for 15 minutes.

Keywords: *Biomaterials, hydroxyapatite coatings, thermal spray, adherence, traction test*

1 - M. Sc. Materials Engineering – Rede Temática em Engenharia de Materiais – REDEMAT,
2 – NT Trainee – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC-MG,
3 & 4 – BIC Trainee – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC-MG,
5 – Dr. Metallurgical Engineering – Rede Temática em Engenharia de Materiais – REDEMAT,
Av. José Cândido da Silveira, 2000, CEP 31170-000 Instituto Agrônomo / Belo Horizonte (MG).