



19 Congresso de Iniciação Científica

ESTUDO COMPARATIVO DE REVESTIMENTOS POLIMÉRICOS OBTIDOS POR ASPERSÃO TÉRMICA

Autor(es)

NATALIA FERRARESSO CARDOSO DE SOUZA

Orientador(es)

CARLOS ROBERTO CAMELLO LIMA

Apoio Financeiro

FAPIC/UNIMEP

1. Introdução

A aspersão térmica é uma tecnologia de aplicação de revestimentos utilizada em diversas áreas da engenharia. Seus diferentes métodos de aplicação e a grande variedade de materiais utilizados fazem desta técnica uma das mais conceituadas para soluções relacionadas a desgaste, corrosão e degradação térmica. Sua utilização é ampla, tanto na fabricação, como na manutenção de peças (AWS, 1993). Esta tecnologia de revestimentos é caracterizada por melhores adesões, compatibilidade com o substrato e baixa porosidade. Os processos aceitáveis são aqueles que devem ser compatíveis com as restrições do substrato, como sua temperatura e espessura. Esses pares de revestimentos e substratos possuem características únicas quanto a dilatação térmica, ponto de fusão e compatibilidade química durante a deposição. Materiais que se decompõem facilmente tendem a ser pobres candidatos a revestimentos. Assim, a maioria dos metais, ligas, todas as formas de cerâmica e alguns polímeros são utilizados na aspersão térmica (LIMA e TREVISAN, 2007). Com o avanço tecnológico mundialmente alcançado, os custos da corrosão evidentemente se elevam, tornando-se um fator de grande importância a ser considerado já na fase de projeto de grandes instalações industriais para evitar ou minimizar futuros processos corrosivos. Esta importância pode ser considerada sob alguns aspectos básicos, destacando-se como o primeiro deles o econômico, traduzido pelo custo da corrosão que envolve cifras astronômicas (GENTIL, 2003). Tintas, vernizes, lacas e muitos outros materiais poliméricos são normalmente usados para proteger metais em ambientes corrosivos. Estes materiais proporcionam barreiras finas, fortes e duráveis, que protegem o substrato metálico dos ambientes corrosivos. Os revestimentos adequados têm de ser selecionados e aplicados corretamente sobre a superfície previamente preparada (SMITH, 1998). A utilização de revestimentos sobre componentes vem crescendo devido, principalmente, aos altos custos e requisitos de ciclo de vida dos materiais estruturais em sistemas de alto desempenho. Revestimentos produzidos por aspersão térmica têm grande importância em aplicações que exigem elevada resistência ao desgaste e à corrosão, principalmente nas indústrias de primeira linha, como aeroespacial, aeronáutica, automobilística e eletroeletrônica. Tendo em vista a variedade de tipos de revestimentos e as complexidades dos fatores ambientais, o conceito geral é usar um material estrutural e economicamente viável como substrato e aplicar um revestimento adequado para facear o ambiente da aplicação, visando a aumentar a vida útil do produto, diminuindo a necessidade de manutenção e troca. No cenário de grande diversidade de opções, é fundamental levar-se em conta as variáveis econômicas e de produtividade que, muitas vezes, se sobrepõem à pura solução técnica. Desta forma, estudar métodos de deposição e opções de materiais numa mesma aplicação torna-se extremamente relevante e oportuno. Segundo Davis (2004), a seleção do método adequado é geralmente determinada por: - Revestimento desejado - Desempenho do revestimento - Economia - Tamanho da peça

2. Objetivos

Os principais objetivos deste trabalho são: - Realizar um estudo comparativo das propriedades de revestimentos poliméricos depositados por aspersão térmica - Comparar os custos básicos dos diferentes tipos de revestimentos - Aprimorar o conhecimento na tecnologia da aspersão térmica com suas inúmeras variações e possibilidades.

3. Desenvolvimento

Materiais Poliamida 12 Segundo Wiebeck e Harada (2005), dentre os plásticos de engenharia, as poliamidas (PA) se destacam, pois se caracterizam por suas ótimas propriedades mecânicas, e outras qualidades, como resistência ao tempo, baixo coeficiente de atrito, alta temperatura de fusão, boa resistência ao impacto e alta resistência à fadiga. Elas também possuem uma ótima resistência aos solventes orgânicos, exceto alguns como o ácido fórmico, m-cresol, por exemplo. A área de aplicação dos diversos tipos de Poliamidas é bastante ampla, apresentando diversidade de aplicações de engenharia não só na indústria automobilística, mas também na indústria elétrica e eletrônica, indústria de construção, móveis, engenharia mecânica leve e de precisão. As resinas de poliamida apresentam várias propriedades que as colocam, no campo da aplicação, como um dos materiais mais nobres, técnicos e versáteis. Todas as poliamidas são higroscópicas, isto é absorvem água, contudo, são altamente impermeáveis a gases (CO, CO₂, O₂, N₂, NH₃, etc.). Poli éter éter cetona (PEEK) De acordo com Wiebeck e Harada (2005), as policetonas são um grupo de resinas termoplásticas conhecidas no mercado como poli-éter-cetona (PEK) e a poli-éter-eter-cetona (PEEK). São polímeros cristalinos, possuindo alta temperatura de resistência para utilização, na faixa de 240C 245C. Os dois têm similares desempenhos mecânicos. O PEEK se auto extingue com baixa emissão de fumaça, boa resistência química e estabilidade hidrolítica, mas seu custo é alto comparando com outros termoplásticos. As policetonas possuem excepcional resistência a altas temperaturas (acima de 260C), excepcional resistência química, excelente propriedade mecânica e alta resistência ao desgaste. Oferece uma grande faixa de variedades de opções custo/desempenho. Esses materiais têm boas propriedades dielétricas. Método de aplicação O processo de aplicação foi iniciado com o jateamento de óxido de alumínio para eliminação das impurezas e o aumento a rugosidade do substrato de aço carbono, para os dois tipos de revestimentos. O método definido para a aspersão dos revestimentos, em pó, foi o de combustão por chama convencional, utilizando uma pistola Terodyn - 2000, alimentada por gás acetileno e oxigênio na proporção 2:1. Para a aplicação do revestimento, os corpos de prova foram pré-aquecidos a 2300C. Na aspersão, foi utilizada a pressão de 30 psi no gás de arraste, e a distância empregada entre a extremidade da pistola e o substrato, conhecida como Stand Off Distance (SOD), foi de 85 mm. O resfriamento dos corpos de prova foi realizado em temperatura ambiente. Métodos de Análises As análises realizadas podem ser divididas em propriedades mecânicas e térmicas. Dentre as mecânicas, foram realizadas: - Resistência a tração onde é possível avaliar a resistência adesiva/coesiva do revestimento. Nos testes de aderência por tração com uso de adesivos, podem ocorrer três tipos de fratura: adesiva (interface revestimento/substrato), coesiva (qualquer posição no interior do adesivo ou nas suas interfaces) e no adesivo (qualquer posição no interior do adesivo ou nas suas interfaces) (LIMA e TREVISAN, 2007). - Microdureza Segundo Davis (2004), o teste de microdureza Vickers é o teste padrão empregado em revestimento de aspersão térmica. Este método utiliza um penetrador, talhado em diamante, tem a forma de uma pirâmide quadrangular, sendo o ângulo entre as faces opostas de 136. O valor gerado a partir do testes é definido como a carga dividida pela área da superfície. - Dobramento Este teste consiste no dobramento do corpo de prova apoiado em cutelos ou livre. A ocorrência de trincas ou desprendimento do revestimento fornece um valor relativo à ductilidade, permitindo a comparação de materiais e processos de deposição. Durante o dobramento não devem ocorrer delaminação, descascamento, ou trincas grosseiras. (LIMA e TREVISAN, 2007). - Metalografia Há diversas técnicas usuais para observar a estrutura dos materiais em escala microscópica. Consiste na análise das seções transversais dos revestimentos, utilizando, em geral, as técnicas de microscopia eletrônica de varredura e/ou microscopia óptica. Esse método permite detectar e avaliar as características do revestimento como: porosidade, óxidos, contaminações, delaminação, falhas no revestimento, partículas não fundidas e etc. (LIMA e TREVISAN, 2007). - Resistência à abrasão A resistência a abrasão significa capacidade de um material tem de resistir ao desgaste produzido por fricção. Geralmente é medida por comparação entre o desempenho de matérias tomado como padrão. Os métodos são descritos para determinação dessa propriedade como perda percentual em volume em relação a um padrão (MANO, 2000). Já as análises térmicas se dividiram em: - Termogravimetria: conforme Canevarolo (2006), a termogravimetria é uma técnica da análise térmica na qual a variação da massa da amostra (perda ou ganho) é determinada em função da temperatura e ou tempo, enquanto a amostra é submetida a uma programação controlada de temperatura. - Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC): de acordo com Agnelli (2004), a técnica DSC (Differential Scanning Calorimetry), é normalmente empregada como um método de análise térmica quantitativa, o analisador térmico registra no termograma a variação do fluxo de calor associado a uma mudança térmica da amostra, em função da temperatura.

4. Resultado e Discussão

A realização de algumas atividades foi possível devido à colaboração de algumas empresas parceiras, que auxiliaram com sua infraestrutura e materiais, possibilitando a realização deste trabalho. Assim, foram verificadas as propriedades de adesão,

microdureza, desgaste, dobramento, metalografia, térmico, corrosão, bem como comparados os custos básicos das alternativas. Nos resultados dos ensaios de tração, foi possível observar uma maior resistência do revestimento PEEK. Uma vez que as amostras foram submetidas ao mesmo processo, este revestimento apresenta maior adesão ao substrato. Na comparação dos resultados de dureza, os dois tipos de revestimentos apresentam um resultado similar quanto à microdureza, variando cerca de 10% a mais no resultado de Dureza Shore D para o revestimento com Poliamida 12. Nos ensaios de desgaste (SUGA Teste) é possível perceber uma maior evolução da taxa de desgaste para os revestimentos Poliamida, mesmo uma das amostras tendo apresentado um comportamento de pouca evolução em desgaste entre 800 e 1200 ciclos, o mais baixo entre todas as amostras (4,1 mg). Por outro lado, a outra amostra apresentou o maior valor de desgaste nos primeiros 400m ciclos do ensaio (12,3 mg), enquanto uma das amostras de PEEK sofreu uma perda de apenas 5,3 g, ou seja, menos de 50 % do desgaste apresentado pela amostra PEEK. O gráfico da Figura 1 traz uma melhor ilustração do comportamento geral das amostras no ensaio de desgaste, mostrando a taxa de desgaste para cada revestimento. A melhor resposta é de um dos revestimentos PEEK, com taxa de desgaste de 0,0186 mg/ciclo. Figura 1. Comportamento das amostras no ensaio de desgaste. Os resultados dos ensaios de dobramento mostraram que as amostras não apresentaram trincas ou defeitos similares. Esse comportamento mostra que a transição vítrea ocorrida nos polímeros levou a uma boa ductilidade. Nas análises termogravimétricas, foi possível verificar a perda de massa de acordo com a temperatura e atmosfera exposta. A resina PEEK, exposta a atmosfera inerte até 800C, sofreu uma perda, de somente, 46,46% da massa inicial, tendo como referencia a temperatura de fusão da resina. A resina de Poliamida 12, em ambiente inerte, sofreu perda de 94,84% da amostra inicial, deste modo, a atmosfera em que o material foi inicialmente exposto influenciou diretamente na perda de massa da amostra. A taxa de degradação da Poliamida 12 na atmosfera inerte é alta, comparado a exposição da resina PEEK na mesma atmosfera. Os resultados da análise de DSC (Differential Scanning Calorimetry), mostraram que, na caracterização do PEEK, pode-se observar a mobilidade da região amorfa (Tg) na temperatura de 170, de acordo com a baixa taxa de cristalinidade da resina. Na análise da Poliamida 12, é possível verificar sua transição endotérmica, um ponto de fusão cristalino (Tm), que demonstra, de acordo com sua taxa de cristalinidade, que este polímero é parcialmente cristalino. Desta forma, a exposição da Poliamida 12 em aplicações industriais não deve ultrapassar a temperatura média de 180C. Por intermédio da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) aplicada nas amostras, foi possível observar a seção transversal, presença de poros, condição da adesão na interface entre o revestimento e o substrato e a espessura do revestimento para cada revestimento. Nas Figuras 2 e 3, pode ser observada a interface entre o substrato e o revestimento da amostra da Poliamida 12 e PEEK. Figura 2. Análise metalográfica Poliamida 12; revestimento e substrato, identificando a presença de poros e a verificação da adesão interface entre substrato e revestimento. Figura 3. Análise metalográfica PEEK; revestimento e substrato, identificando a adesão na interface e a presença de poros. Os ensaios de corrosão eletroquímica e por imersão em ácido sulfúrico, de acordo com a norma ASTM C-267/82 Chemical Resistance of Mortars Grouts and Monolithic Surfacing, encontram-se em andamento, tendo sido definidos para exposição de 2.000 horas. Como só puderam ser iniciados no final de julho do corrente ano, em função das demandas dos laboratórios parceiros onde se desenvolvem, ainda não é possível avaliar e discutir resultados, motivo pelo qual não se encontram aqui descritos. Os custos dos materiais estão baseados numa média de mercado, assim não expondo os custos das empresas procuradas. Se considerados os custos dos materiais brutos, os resultados apresentados quanto a desgaste e as características mecânicas e térmicas dos revestimentos obtidos é possível avaliar um melhor resultado sob a ótica dos custos para o revestimento Poliamida, em função do custo de material ser menos de 1/6 do PEEK. Porém, o melhor desempenho apresentado pelo revestimento PEEK em solicitação de desgaste, pode justificar sua aplicação, mesmo com um custo de matéria prima maior, em função do objetivo que se pretenda atingir e dos custos operacionais do componente que se queira proteger.

5. Considerações Finais

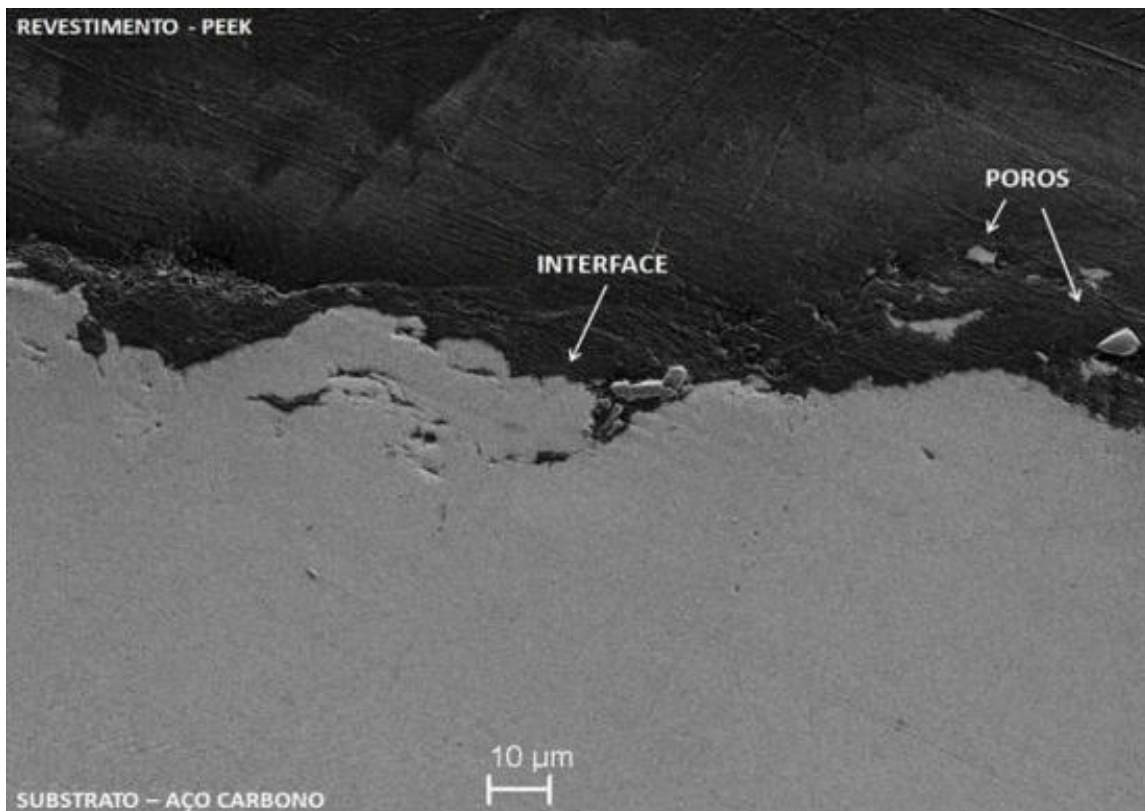
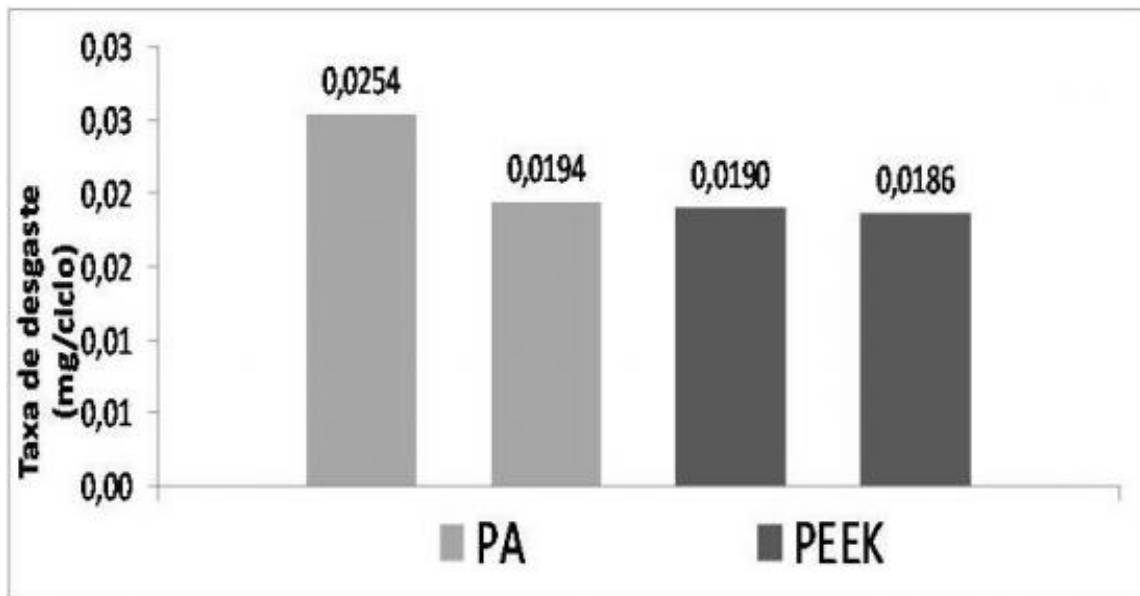
Neste trabalho, foram aplicados revestimentos poliméricos PEEK e Poliamida 12 sobre substratos de aço carbono, utilizando o processo de aspersão térmica a chama convencional. Foram avaliadas as características dos materiais e dos revestimentos obtidos, especialmente quanto às propriedades mecânicas e de desgaste. Os resultados, em geral, mostraram que os revestimentos obtidos apresentaram boa adesão ao substrato, baixo nível de defeitos, em especial baixa porosidade e delaminação, mostrando-se adequados para utilização em diversas aplicações envolvendo principalmente desgaste. Destaque-se que a bolsista deverá ainda acompanhar os resultados pendentes de seus ensaios, comprometendo-se na finalização da avaliação de resultados e na execução de trabalhos para congressos e publicação em periódicos. O revestimento PEEK apresentou um melhor desempenho em solicitação de desgaste; mesmo com um custo de matéria prima maior que a Poliamida 12, pode-se justificar sua aplicação em função dos objetivos de desempenho desejados. Ressalte-se que já existe um trabalho submetido ao CONSOLDA 2011, que deverá ser apresentado pelo bolsista em Natal, RN, ainda este ano.

Referências Bibliográficas

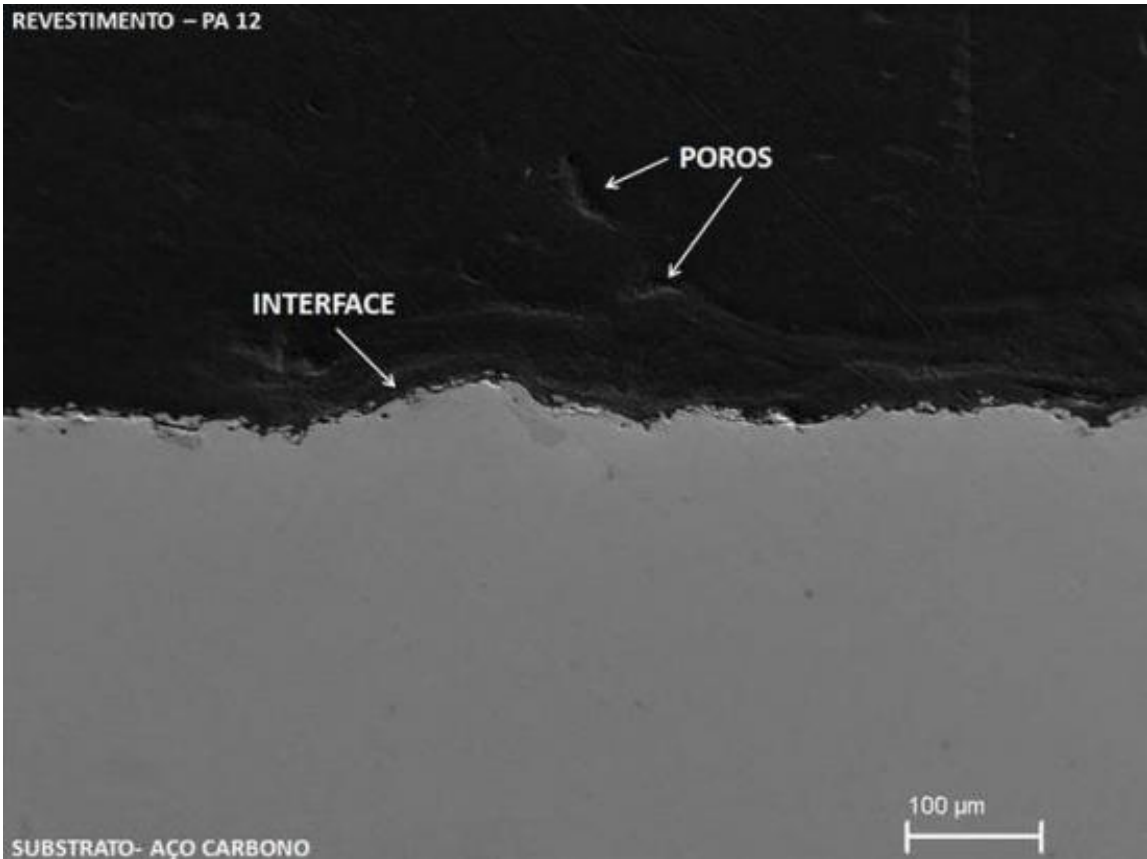
AGNELLI, J. A. M.. Introdução a Materiais Poliméricos. São Carlos, 2004 (UFSCar. Apostila) AWS - American Welding Society Thermal Spraying-Practice, Theory and Applications, Miami, FL, USA, 1985, 184p. CANEVAROLO, S. V.. Técnicas de caracterização de polímeros. São Carlos: Artliber, 2006. DAVIS, J. R. (Ed.). Handbook of Thermal Spray Technology. United States:

ASM Internacional, 2004. 338 p GENTIL, Vicente. Corrosão. 4. ed. Portugal: Ltc, 2003. 341 p. LIMA, C. R. C.; TREVISAN, R. E. Aspersão Térmica: Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Artliber, 2007. 148 p. MANO, E. B.. Polímeros: Como Materiais de Engenharia. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2000. SMITH, W. F.. Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais. 3ª. Ed. Portugal: McGraw-Hill, 1998, 892 p WIEBECK, H.; HARADA, J.. Plásticos de Engenharia:Tecnologia e aplicações. São Paulo: Artliber, 2005.

Anexos



REVESTIMENTO – PA 12



SUBSTRATO- AÇO CARBONO

100 μm