



18º Congresso de Iniciação Científica

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE REVESTIMENTOS POLIMÉRICOS OBTIDOS POR ASPERSÃO TÉRMICA

Autor(es)

LUCAS PRADO SIQUEIRA

Orientador(es)

CARLOS ROBERTO CAMELLO LIMA

Apoio Financeiro

PIBIC/CNPQ

1. Introdução

Introdução

A engenharia moderna depara com uma situação de grande desafio. A diversidade de opções em relação ao emprego de materiais e o apelo da competitividade industrial convidam a um complexo jogo, onde se devem aliar características de desempenho a fatores de custo de aquisição e processamento, na escolha dos materiais mais adequados a uma aplicação específica (LIMA e TREVISAN, 2007).

Segundo a AWS - American Welding Society (1993), os processos de aspersão térmica têm uma utilização ampla, tanto em fabricação, quanto em manutenção. A natureza do processo é verdadeiramente sinérgica, isto é, há muitos componentes e variáveis envolvidas que, ao trabalhar em conjunto, ainda corretamente aplicadas, produzem um efeito muito maior do que o indicado quando são considerados individualmente. No entanto, cada variável componente deve ser entendida para permitir a seleção adequada e funcionamento de um determinado processo. Com este cenário, o usuário está, então, em condições de adaptar o processo para uma determinada aplicação.

A aspersão térmica é um grupo de processos nos quais materiais metálicos e não metálicos, finamente divididos, são depositados em uma condição fundida ou semifundida sobre um substrato preparado, formando um depósito aspergido (LIMA e TREVISAN, 2007). O material a ser aspergido pode estar na forma de pó, vareta, cordão ou arame. A pistola usada na aspersão gera a fonte de calor necessária, utilizando gases combustíveis ou um arco elétrico, para a que os materiais mudem de estado, plástico ou fundido, sendo acelerados por um gás comprimido. Os vapores das partículas confinadas são impelidos para o substrato, quando colidem com a superfície se tornam aplainadas e formam finas partículas lenticulares, que se resfriam, se conformam e aderem às irregularidades da superfície preparada e entre si, formando uma estrutura lamelar. A ligação entre o depósito aspergido e o substrato pode ser mecânica, metalúrgica, química, física ou uma combinação destas formas.

As variações básicas do processo de Aspersão Térmica ocorrem nos materiais de aspersão utilizados, no método de aquecimento e no método de propulsão dos materiais do substrato. Muitos metais, cerâmicas, compostos intermetálicos, alguns plásticos orgânicos e certos vidros podem ser depositados por um ou mais dos vários processos de aspersão térmica (AWS, 1993).

Com o desenvolvimento cada vez mais acelerado da tecnologia de aspersão térmica, com seus diversos métodos de deposição e periféricos de aplicação e controle, além do crescente desenvolvimento e diversificação relacionada aos materiais para deposição, pode-se buscar resultados inequívocos na utilização deste processo para a solução de diversos problemas de engenharia, entre eles os relacionados à corrosão, desgaste e recuperação dimensional. A aplicação de revestimentos poliméricos para desgaste vem ganhando

espaço no segmento industrial graças a suas características anti-fricção.

As principais propriedades dos polímeros dependem da natureza das moléculas constituintes e da força de ligação entre elas (CHATFIELD, 1962). Portanto, as propriedades físicas dos polímeros são governadas pela estrutura e tamanho das macromoléculas que determinam as forças intermoleculares. O estudo do comportamento mecânico dos sistemas de proteção poliméricos é importante, pois a estrutura protegida pode sofrer deformações resultando em tensões no revestimento.

A temperatura de transição vítrea é um parâmetro importante para a caracterização dos polímeros, pois está relacionada com as suas propriedades mecânicas e com a temperatura na qual o revestimento apresentará melhor desempenho. O material polimérico apresenta-se rígido ou duro para temperaturas inferiores a de transição vítrea, e torna-se flexível ou deformável quando em temperaturas superiores a de transição vítrea. Desse modo, a transição vítrea ocorre num intervalo de temperatura em que o polímero passa do estado vítreo para o viscoso (SPERLING, 1992).

As temperaturas de fusão e de transição vítrea são parâmetros importantes em relação às aplicações de serviço dos polímeros. Elas definem, respectivamente, os limites de temperatura superior e inferior para numerosas aplicações, especialmente no caso de polímeros semicristalinos (CALLISTER, 2002).

2. Objetivos

O processo de aspersão térmica pode utilizar diversos métodos de deposição dos materiais, dependendo das características do par material aplicado / substrato, tipo de aplicação e condições técnico-econômicas. A correta escolha do método de deposição determinará o sucesso da aplicação. Neste projeto, foi realizado um estudo das propriedades de diferentes revestimentos poliméricos depositados por aspersão térmica a chama sobre substrato metálico.

3. Desenvolvimento

Foram realizados revestimentos de PEEK e Poliamida em substratos de aço carbono, utilizando a técnica de aspersão a chama convencional (Flame Spray), procedimento realizado na empresa parceira.

Nos revestimentos de PEEK, foi variado o tipo de resfriamento após a aplicação, e nos de Poliamida, foram utilizados dois tipos: a Poliamida 12 e a Poliamida Orgânica.

Nos revestimentos de PEEK, com intuito de diversificar o tipo de resfriamento, os corpos de prova foram submersos em água para realizar o resfriamento acelerado, outros foram deixados resfriar a temperatura ambiente, realizado assim o resfriamento moderado, e o restante foi aquecido por um tempo determinado após aplicação do revestimento para caracterizar o resfriamento lento. Após a aplicação, foram medidas a dureza, a adesão e realizada metalografia, com imagens realizadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) em todos os corpos de prova com os diferentes tipos de resfriamento.

Nos revestimentos de Poliamida, variou-se o tipo de material, sendo realizados revestimentos com Poliamida 12 e Poliamida Orgânica, ambos aplicados utilizando os mesmos parâmetros. Após a aplicação, realizaram-se testes para medir a rugosidade, espessura, dureza, adesão das camadas e realizada metalografia, com imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) em todos os corpos de provas. A microscopia foi realizada no laboratório da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp.

4. Resultado e Discussão

Nos revestimentos de PEEK realizaram-se ensaios de dobramento para verificação da adesão, medidas de microdureza Vickers e macrodureza Shore D, além da metalografia e microscopia.

No ensaio de dobramento, foram observados diferentes comportamentos nos tipos de resfriamentos: no revestimento com resfriamento rápido, não se observou a presença de trincas; no revestimento com resfriamento moderado, observou-se a presença de micro-trincas; e no revestimento com resfriamento lento, observou-se a presença de trincas maiores.

Foram realizados dois tipos de ensaio de dureza nos revestimentos de PEEK: o primeiro foi o de macrodureza Shore D, que apresentou os resultados mostrados na Tabela 1. Tais resultados não foram coerentes com o esperado teoricamente, tendo em vista que os dados obtidos não mostraram aumento linear inverso à alternância da velocidade de resfriamento, do de menor dureza para o de maior dureza. Tais resultados podem ter ocorrido devido à agulha do aparelho de medição Shore D ter furado o revestimento e atingido o substrato, alterando o local de análise.

Tabela 1. Macro dureza Shore dos revestimentos PEEK

Peek (Rápido) Peek (Lento) Peek (Moderado)

81 85 80

82 85 82,5

82,5 84 82

82,5 86 81,5

82 84 81

Média = $82 \pm 84,8 \pm 81,4$

Os resultados do ensaio de microdureza Vickers são apresentados na Tabela 2. Os resultados encontrados foram satisfatórios, mostrando que, de acordo com o tipo de resfriamento, o revestimento apresentava uma dureza diferente. A dureza aumentou no sentido contrário à velocidade de resfriamento respectivamente, rápido, moderado e lento.

Tabela 2. Microdureza Vickers dos revestimentos PEEK

Material Microdureza Média (Hv)

Peek (Rápido) $18,5 \pm 0,2$

Peek (Moderado) $20 \pm 0,1$

Peek (Lento) $20,9 \pm 0,5$

As imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura foram analisadas e, a partir dessa análise, foi observada a diferença de estrutura de revestimento e adesão ao substrato, devido aos diferentes tipos de resfriamento. Na análise feita, notou-se a diferença de interface revestimento/substrato: no resfriamento rápido, essa interface teve uma distância maior comparada aos outros tipos de resfriamento; no resfriamento moderado, essa distância foi menor; e no lento, essa distância é quase imperceptível. Na estrutura dos revestimentos, foi notada também diferença em relação aos diferentes tipos de resfriamento: o revestimento acelerado apresentou-se com muitos poros na sua estrutura lamelar; no resfriamento moderado, não se notou a presença de poros; e no revestimento lento, houve a presença de alguns poros.

Nos revestimentos de Poliamida, realizaram-se ensaios de adesão, microdureza Vickers e macrodureza Shore D e obtenção de imagens por microscopia eletrônica de varredura.

No ensaio de macrodureza Shore D, os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3. Estes resultados mostraram que os revestimentos de Poliamida 12 apresentaram-se com dureza um pouco maior em relação ao de Poliamida Orgânica, indicando possível vantagem na aplicação em situações de desgaste. No ensaio de microdureza Vickers, os resultados estão apresentados na Tabela 4 e não mostraram diferenças significativas entre os dois revestimentos.

Tabela 3. Macro dureza dos revestimentos Poliamida

Poliamida Orgânica Poliamida 12

86 90

86 91

85 90

84 90

85 90

Média = $85,2 \pm 90,2$

Tabela 4. Microdureza Vickers dos revestimentos Poliamida

Material Microdureza Média (Hv)

Poliamida 12 $18,2 \pm 0,5$

Poliamida Orgânica $18,5 \pm 0,1$

As imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura foram analisadas e, a partir dessa análise foi observada a diferença de estrutura de revestimento e adesão ao substrato, devido aos dois tipos diferentes de natureza da Poliamida. Na Poliamida Orgânica houve melhor aderência ao substrato em comparação com a Poliamida 12; essa aderência pode ser observada pela distância à interface substrato/revestimento. Na Poliamida Orgânica, essa distância foi menor em relação à Poliamida 12 respectivamente.

5. Considerações Finais

Analisando os resultados obtidos nos ensaios realizados, pode-se fazer algumas considerações sobre os diferentes tipos de revestimentos poliméricos aplicados.

As diferenças encontradas nos revestimentos PEEK se devem à diferença de resfriamento empregada nos corpos de prova. Essa diferença no resfriamento faz com que os revestimentos, ao se cristalinizar, tenham estruturas moleculares diferentes, mesmo se tratando do mesmo material. O revestimento com resfriamento acelerado apresentou comportamento mais dúctil, mas dureza menor; já o revestimento com resfriamento moderado, apresentou comportamento menos dúctil em relação ao de resfriamento acelerado, mas teve dureza maior; no revestimento de resfriamento lento, seu comportamento dúctil foi pior que nos outros dois tipos de resfriamento, mas sua dureza foi a maior encontrada.

As diferentes características encontradas devido à diferença de resfriamento podem ser aproveitadas dependendo das necessidades de

aplicação, fazendo com que os dados encontrados devido aos testes realizados não possam definir qual melhor revestimento no geral. A definição de qual revestimento aplicar deve ser feita a partir das necessidades da aplicação. Também, serão feitos posteriormente testes de desgaste e corrosão que ajudarão nesta escolha.

Nos revestimentos de Poliamida, houve uma diferença nas propriedades dos revestimentos devido à diferença na natureza do pó empregado na aspersão. Essas características diversas podem ser aproveitadas dependendo do interesse e das necessidades dos componentes em que esses revestimentos vão ser empregados.

Referências Bibliográficas

AWS - American Welding Society Thermal Spraying-Practice, Theory and Applications, Miami, FL, USA, 1985, 184p.

Chatfield, H. W. – "The Science of Surface Coatings", Ernest Benn Limited, London, 1962.

Lima, C.R.C., Trevisan, R.E. Aspersão Térmica: Fundamentos e Aplicações. ArtLiber Ed. Ltda., São Paulo, 2a. Ed., 2007

Sperling, L.H. "Introduction to Physical Polymer Science", Wiley Interscience Publication, 1992.

William D., CALLISTER, Ciência e Engenharia de Materiais. 5a Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2002.