



15° Congresso de Iniciação Científica

ESTUDOS DAS PROPRIEDADES DE REVESTIMENTO PARA BARREIRA TÉRMICA OBTIDOS POR ASPERSÃO TÉRMICA OXICOMBUSTIVEL DE ALTA VELOCIDADE E ALTA PRESSÃO (HP-HVOF)

Autor(es)

EVERTON LUÍS FARDIN

Orientador(es)

Carlos Roberto Camello Lima

Apoio Financeiro

PIBIC

1. Introdução

Revestimentos têm sido crescentemente utilizados para proteção de componentes, dentro da área conhecida como “Surface Engineering”, principalmente em função dos altos custos e requisitos de ciclo de vida dos materiais estruturais em sistemas de alto desempenho. Tendo-se em vista a variedade de tipos de revestimentos e a complexidade dos fatores ambientais, a idéia geral é usar um material estrutural e economicamente apropriado como substrato e aplicar um revestimento adequado para facear o meio ambiente. Assim, a tecnologia de revestimentos vem passando por rápido desenvolvimento, sendo usada como parte integrante do projeto em diversas aplicações de engenharia [1,2]. As atividades de pesquisa e desenvolvimento ligadas à tecnologia de aspensão térmica tem sido intensas nas ultimas décadas em todo o mundo, resultando em diversas alternativas de engenharia, como o desenvolvimento e aplicação de materiais de revestimento nanoestruturados, materiais de alta biocompatibilidade, além da criação e desenvolvimento de novas funcionalidades [2]. Algumas destas possibilidades são seu uso em processos de fabricação de peças, chamadas de FSP's – Free-Standing Parts [4], uso de revestimentos em substituição ao processo de “cromo duro”, de alta agressão física e ambiental [5] e a crescente diversificação de revestimentos para fins médicos, principalmente os implantes cirúrgicos [6]. Atualmente, é possível conseguir revestimentos aspergidos termicamente especialmente projetados para condições específicas de serviço, obtendo-se superfícies resistentes ao calor (barreira térmica), desgaste, erosão, corrosão, assim como combinações únicas destas propriedades. Esses revestimentos são também, historicamente usados para restaurar peças e componentes as suas condições originais, tanto dimensionais, quanto de propriedades de aplicação, sendo, assim, imprescindíveis na manutenção industrial moderna, principalmente quando se trabalha peças e componentes pertencentes a equipamentos e sistemas de alta tecnologia,

necessitando ter alta confiabilidade. Uma das mais importantes e utilizadas aplicações de revestimentos por aspersão térmica é como revestimentos para barreira térmica, ou TBC's (Thermal Barrier Coatings). Esses revestimentos são aplicados para proteção de componentes metálicos que sofrem degradação devido à corrosão, oxidação ou carga de calor excessiva durante serviço em ambientes termicamente drásticos. Algumas de suas principais aplicações são em turbinas a gás, na indústria aeronáutica, e motores a diesel, na indústria automotiva. Os TBC's são tradicionalmente aplicados pelo processo de aspersão térmica a plasma, de custo bastante elevado [1, 2, 3].

2. Objetivos

O objetivo geral deste projeto foi estudar as propriedades de revestimentos para barreira térmica aplicados pelo processo de aspersão a chama de alta velocidade e alta pressão (HP-HVOF – High Pressure – High Velocity Oxygen Fuel), com custo bem menor que o processo a plasma e de atestada qualidade na aplicação de outros revestimentos cerâmicos, carbonetos e metais. Os objetivos específicos foram os seguintes: Estudo da influência do processo de aplicação sobre as propriedades mecânicas, térmicas e de resistência à corrosão nas aplicações de revestimentos protetores. Avaliação a viabilidade de uso do processo HVOF na aplicação de TBC's. Comparação das propriedades obtidas com aquelas citadas na literatura para os revestimentos aplicados por plasma. Os revestimentos obtidos tiveram suas propriedades avaliadas através de ensaios de adesão, microdureza, medição de porosidade e microscopia ótica e de varredura. Os resultados foram discutidos em comparação aos resultados obtidos pelo processo de aspersão a plasma.

3. Desenvolvimento

O substrato utilizado no processo foi o aço carbono, dispensando a possível utilização do substrato de superliga de níquel, já que os testes iniciais não apresentaram bom desenvolvimento. Os materiais de aplicação no revestimento foram:

- Camada de base: Uma liga à base de Níquel (NiCrAlY) por HVOF, aplicada numa espessura de 100-150 μm .
- Camada cerâmica: Zircônia estabilizada com 8% de Ytria (Metco 204 B-NS) por HVOF, aplicada numa espessura de 250-300 μm .

Existem vários processos de aspersão, segundo Lima e Trevisan [2], há dois grupos básicos para o processo de Aspersão: Grupo I ou combustão: o qual utiliza gases combustíveis como fonte de calor. É utilizado para revestimentos na forma de pó ou arame.

- Chama Convencional
- Chama HVOF
- Detonação

Grupo II ou elétrico: o qual utiliza energia elétrica como fonte de calor.

- Plasma de arco não transferido (PSP)
- Plasma de arco transferido (PTA)
- Arco Elétrico

O processo de aspersão utilizado para a execução do revestimento foi o processo a chama combustível de alta velocidade e alta pressão (HP-HVOF), utilizando os equipamentos da empresa parceira OGRAMAC. O HVOF é um dos mais recentes sistemas de aspersão. Os revestimentos produzidos por este processo apresentam maior dureza, densidade, adesão ao substrato, durabilidade e maior possibilidade de espessura do que os revestimentos produzidos por outros processos de aspersão [3]. O pó é introduzido no bocal, axialmente, em geral, e é aquecido e acelerado, formando uma alta energia na região do bico da pistola o qual é resfriado com água; o material em forma de pó é arrastado para fora do bocal por nitrogênio à alta velocidade, a qual na literatura varia de 550 a 800 m/s³, resultando num revestimento bastante denso, com alta adesão ao substrato e baixo conteúdo de óxidos. A temperatura da chama é da ordem de 2900°C tornando difícil a aspersão de cerâmicos e alguns metais refratários. Nesse processo, onde a velocidade é alta, não é necessário que as partículas estejam totalmente fundidas para se obter um bom revestimento. Uma das ligas mais usadas para aplicação de desgaste tem sido a liga WC-Co, às vezes ligada a outros elementos como Ni e Cr, no intuito de oferecer melhores características de resistência à corrosão e desgaste combinados [4, 5, 6]. O processo de aspersão por HVOF já está competindo com o processo de aspersão a plasma. Além da qualidade do revestimento e tensão residuais, têm-se outras vantagens como eficiência do depósito, menor sensibilidade ao ângulo de aspersão e menos variáveis críticas de processo [2]. Os métodos de preparação superficial executados nas amostras foram: limpeza com solvente e jateamento abrasivo com óxido de alumínio, com eventual pré-aquecimento, realizados imediatamente antes da aplicação dos revestimentos, isto para evitar qualquer tipo de

contaminação que possa ocorrer na superfície do corpo de prova. Entende-se como preparo da superfície o conjunto de operações que visa limpar a superfície metálica, tornando-a livre de óleos, gorduras, graxas, umidade, incrustações, produtos químicos diversos. Estas operações são padronizadas de maneira uniforme pelas associações técnicas como a SSPC (Steel Structure Painting Council), ASTM (American Society for Testing and Materials), ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), etc. O processo de preparação é muito importante para se fazer uma boa aspersão térmica, mas, para isso, a superfície do substrato deve estar bem preparada. Para Silva [7] a adesão depende do contato íntimo da superfície do metal com o material do revestimento; os cristais limpos do metal estabelecem uma ligação físico-química com o revestimento, conseguindo assim, a máxima coesão. Segundo Lima [8], a preparação consiste em limpeza, texturização da superfície, camada de ligação e pré-aquecimento. Uma preparação prévia inadequada sempre resultará em perda de tempo e de materiais. As avaliações dos revestimentos foram feitas através de ensaios de microdureza, medição de porosidade, resistência a corrosão e adesão conforme norma ASTM C-633 [9]. Para tanto, os corpos de prova foram fabricados e revestidos de acordo com as especificações das normas específicas. Durante o processo de aplicação do HVOF-HP, considerado um processo de risco para a segurança e a saúde do pessoal envolvido na operação, é de extrema importância a familiarização com os equipamentos de proteção individual. Para este processo, é obrigatória a utilização de máscara para proteção respiratória, óculos de proteção, calçados adequados e protetores auditivos. A utilização dos protetores auditivos é de extrema importância também, pois a faixa de variação de ruídos vai de 80 decibéis para alguns processos a chama oxicomustível, até acima de 140 decibéis para processo hipersônico e plasma. O nível de ruído de um equipamento de jateamento abrasivo esta na faixa de 80-85 dB [2].

4. Resultados

Com base nos dados obtidos experimentalmente, pôde-se chegar à conclusão que, nos testes executados, com uma distância maior de aplicação, mais exatamente de 500 mm a 600 mm do corpo de prova, e uma pequena diminuição na taxa da vazão de combustível (querosene) de 6.5 psi, para 6.0 psi, obteve-se maior eficiência na adesão do revestimento ao substrato. A diminuição da pressão na vazão do combustível e o aumento da distância de aplicação da cerâmica, alterados com o intuito de manter as partículas do substrato por mais tempo em contato com as chamas, percorrendo uma distância maior, com uma velocidade relativamente menor, fez com que se obtivesse maior êxito no segundo teste. No primeiro teste executado, pode-se chegar à conclusão que a partícula, por permanecer menos tempo e percorrer uma distância menor até atingir a superfície do aço, não chegava a atingir a temperatura recomendada para fundir a cerâmica, originando falhas de adesão, porosidade e trincas.

5. Considerações Finais

Apesar da adesão satisfatória que o HP-HVOF apresentou nas aplicações da cerâmica nos substratos, o plasma ainda apresenta o processo mais indicado para a aplicação da cerâmica (Zircônia estabilizada com Ytria), mesmo sendo um processo mais caro que o HP-HVOF. Existiram também algumas dificuldades encontradas no decorrer do projeto, envolvendo a indisponibilidade de utilização dos laboratórios da UNIMEP, e também relacionadas à empresa parceira, que teve indisponibilidade quanto à execução dos revestimentos por um certo período, o que acarretou num atraso das atividades, encurtando o tempo para a finalização do projeto, sendo possível apenas executar dois testes e analisá-los nos laboratórios da UNIMEP.

Referências Bibliográficas
