



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS

*Fabricação e Caracterização de Compósitos de Matriz de Alumínio por Processo de Fricção e Atrito
(Friction Stir Processing - FSP)*

Resumo Submetido ao XXVIII Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP.

Aluno: Beatriz Baraldi de Moraes, graduanda em Engenharia de Manufatura

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Floriano, FCA/UNICAMP

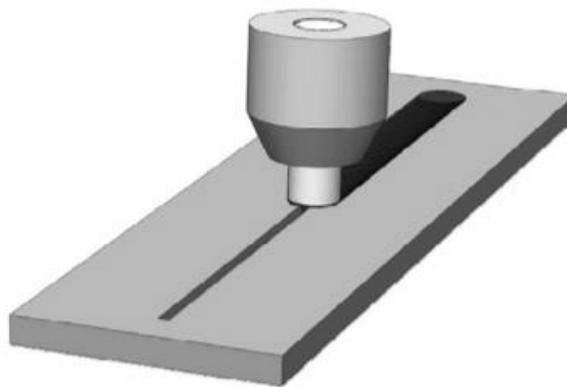
Limeira

Outubro de 2020

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO DO TRABALHO

O Friction Stir Processing (FSP) é um processamento no estado sólido que modifica a superfície do material base a partir do emprego de deformação plástica localizada por fricção através da passagem de uma haste rotativa em contato com a placa base ao longo do material, como mostra a Figura 1. Esse contato deforma plasticamente a região, promovendo alterações superficiais e alterando a microestrutura do material gerando aplicações interessantes do método. Outra vantagem do mesmo é a melhoria das propriedades superficiais do material, como ductilidade, resistência a abrasão, dureza e resistência à corrosão, entre outras. Esse processo também é utilizado para a fabricação de compósitos superficiais. [1] [2] [3] [4]

Figura 1: Esquema do processo FSP



Fonte: Adaptado de [5]

Na fabricação de compósitos superficiais, destacam-se àqueles que utilizam o alumínio e suas ligas como metal base. As ligas de alumínio, em especial a liga da série 2024, se destacam por apresentar uma boa resistência à corrosão, elevada resistência mecânica, tenacidade satisfatória e alta capacidade de suportar diversos danos de natureza mecânica. [5]

Além dessa matriz de Alumínio, também se faz necessário a adição seletiva de pós cerâmicos ao material base que posteriormente, são misturados com a ajuda do processo de FSP.

O objetivo do presente trabalho de iniciação científica é a produção de compósitos superficiais em chapas da liga de alumínio da série 2024 - T6, contendo a inclusão de partículas cerâmicas de reforço: NbC, através do processo de FSP. O pó de Carbetto de Nióbio é interessante ao processo pois tem como característica alta dureza e rigidez.

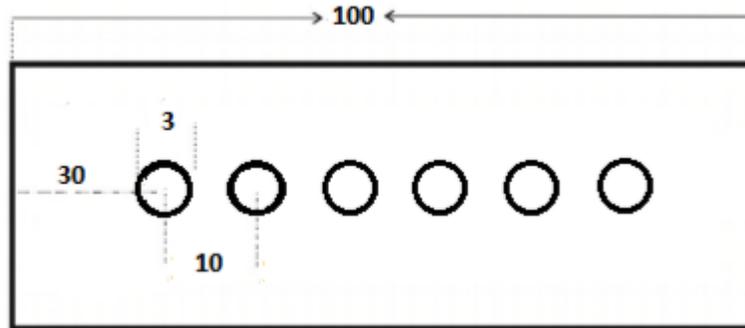
2. METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica e análise de artigos científicos nacionais e internacionais sobre o FSP e sobre inclusão de partículas cerâmicas em ligas de Alumínio. Posteriormente foram feitos testes para a determinação das velocidades de avanço e rotação da haste rotativa da máquina, uma fresadora universal da marca CLAR, modelo FH4

estrutural em “Meehanite”, eixo horizontal acionado por engrenagens com lubrificação forçada, adaptada para este fim.

Para início da preparação das amostras, foram feitos furos alinhados e equidistantes na placa de alumínio, como exemplificado na Figura 2, e então os mesmos foram preenchidos com o pó cerâmico.

Figura 2: Esquema da chapa de alumínio



Foram utilizadas duas técnicas para a fabricação. A primeira foi através de um passe da ferramenta, com a rotação no sentido horário, já a segunda, foi por meio de um passe, com rotação no sentido horário, e outro passe, no sentido anti-horário, neste caso, totalizando dois passes. As velocidades de avanço e de rotação foram mantidas constantes em todo processo, sendo elas de 7,2 mm/min e 2000 rpm, respectivamente. Um esquema do mesmo pode ser visto na Figura 3.

Figura 3: Chapa e Ferramentas



Por último, foi possível analisar as características microestruturais das amostras através da difração de Raio-X (DRX), utilizando um difratômetro da marca X'Pert3 Powder Panalytical, do Laboratório de Materiais, da FCA/UNICAMP, e suas características mecânicas através da técnica

de dureza Vickers (HV), que é determinada pela razão entre a carga e a área superficial de impressão.

Principais Resultados

Para que fosse possível a investigação das fases e da composição do compósito, foram analisados os materiais nos estados recebidos e após o processamento. Duas regiões de interesse da chapa processada foram separadas para a análise com intuito de se observar a formação do compósito: a seção transversal e a região processada.

A partir dos difratogramas de raios-X dos materiais como recebidos, foi possível inferir que eles possuíam elevada pureza, uma vez que não foram encontradas fases de outros elementos. Nas amostras processadas, em ambas regiões, observou-se a presença da fase proveniente do NbC, bem como da liga 2024. Isto demonstra que, em ambas as regiões analisadas, há evidência da dispersão do pó cerâmico na matriz do alumínio, reforçando a formação de um CMM. É importante mencionar ainda que, tanto na amostra processada com um passe e na amostra processada por 2 passes, independente da região observada, nota-se claramente a mistura das fases α do alumínio e do NbC.

Para a análise das características mecânicas dos materiais, foram realizados ensaios de microdureza, utilizando um microdurômetro analógico. A microdureza foi medida seguindo a norma ASTM E92 (2017). As amostras para essa análise foram embutidas em resina poliéster insaturada e pré acelerada e, após o endurecimento, foram polidas. As medidas do ensaio de microdureza foram realizadas na seção transversal de cada amostra. Analisando os perfis dos gráficos de microdureza, infere-se que os maiores valores de dureza são obtidos no centro da região de mistura, ou seja, onde há a mistura do pó com o metal base, enquanto os menores valores da microdureza são encontrados onde só há a presença de metal base, nas extremidades da região.

A partir do valor de microdureza do Alumínio encontrado no Aluminium Standards and Data de 142 Hv [7], nota-se que os valores apresentados nos perfis de microdureza, sendo o maior deles de 107,5 Hv, estão abaixo do observado na literatura, o que indica, possivelmente, uma solubilização das fases intermetálicas do material devido à exposição do calor com a passagem da ferramenta de FSP.

De qualquer maneira, a partir do perfil de microdureza encontrado, é possível atestar que a inclusão do pó no metal base é satisfatória.

3. CONCLUSÕES PRINCIPAIS

A partir dos resultados obtidos nos difratogramas de raio-X foi possível notar a dispersão do pó cerâmico na matriz metálica nas amostras preparadas, evidenciando a formação de um compósito de matriz metálica. Além disso, por meio dos perfis de microdureza obtidos, constatou-se que, embora os valores de microdureza das amostras estejam abaixo da microdureza do Alumínio, os valores mais altos estão presentes na região de processamento, indicando uma melhoria nessa característica quando comparado às extremidades da amostras.

Muito embora não tenha sido possível finalizar o projeto com todos os resultados esperados devido ao impacto gerado pela suspensão das atividades presenciais em ocasião da pandemia de COVID-19, podemos observar a formação de compósitos superficiais de matriz de alumínio processados por FSP com elevada dureza superficial.

4. REFERÊNCIAS

- [1] SAINI, N. et al. Surface Modification of Cast Al-17%Si Alloys Using Friction Stir Processing. *Procedia Engineering*, [s.l.], v. 100, p.1522-1531, 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.524>.
- [2] GANDRA, J. et al. Influence of Process Parameters in the Friction Surfacing of AA 6082T6 over AA 2024-T3. *Procedia Cirp*, [s.l.], v. 7, p.341-346, 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.058>.
- [3] GANDRA, J. et al. Deposition of AA6082-T6 over AA2024-T3 by friction surfacing - Mechanical and wear characterization. *Surface AndCoatings Technology*, [s.l.], v. 223, p.32-40, maio 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.02.023>
- [4] SAINI, N.; DWIVEDI, D. K.; JAIN, P. K.; SINGH, H. Surface modification of cast Al-17%Si alloys using friction stir processing. *Procedia Engineering*, v. 100, n. January, p. 1522–1531, 2015.
- [5] GANDRA, J. et al. Deposition of AA6082-T6 over AA2024-T3 by friction surfacing - Mechanical and wear characterization. *Surface AndCoatings Technology*, [s.l.], v. 223, p.32-40, maio 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.02.023>
- [6] SAHRAEINEJAD, S.; IZADI, H.; HAGHSHENAS, M.; GERLICH, A. P. Fabrication of metal matrix composites by friction stir processing with different Particles and processing parameters. *Materials Science and Engineering A*, v. 626, p. 505–513, 2015. Elsevier Ltd.
- [7] ALUMINUM ASSOCIATION. *Aluminum Standards and Data 2000*. Washington, D.C, 2000.