Deposição da Al 2024-T3 sobre substrato 2024-T3 por friction surfacing – Etapa I

Taynara Leticia Teixeira (PIBIC/CNPq), André Luis Moreira de Carvalho, e-mail: andrelmc@uepg.br

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais

Área: Materiais e Processos para Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial
Subárea: Processamento por Atrito

Palavras-chave: Deposição, Friction, Surfacing**.**

Resumo
A liga de alumínio AA2024 – T3 é uma liga muito utilizada para componentes de aeronaves, sendo uma das principais aplicações em fuselagens de aviões. Essa aplicação se deve a esta liga ter uma boa relação resistência/ peso, além de excelentes propriedades mecânicas e boa resistência à corrosão. Uma técnica de revestimento vem sendo amplamente estudada, que é a técnica de Friction Surfacing, a qual é uma técnica de deposição onde não ocorre fusão do material, sendo que por meio do atrito entre uma haste consumível e o substrato, ocorre a plastificação do material da ponta da haste consumível, depositando o mesmo sobre o substrato. No presente estudo, foi realizada a deposição por Fiction Surfacing, utilizando a liga AA2024 – T3, combinando os benefícios dessa técnica com as ótimas propriedades da liga. Por meio desse estudo, se constatou um refinamento de grão na região de deposito em relação ao material recebido. Esse refinamento se deve a recristalização dinâmica que ocorre no material. Além disso, se tem um aumento na dureza do deposito e por ser uma técnica de deposição no estado sólido ainda se tem uma redução na zona termicamente afetada.

Introdução
A liga de alumínio AA2014 – T3 é uma liga a qual tem como principal elemento de liga o Cobre, estando na condição de tratamento térmico T3 (solubilizado, trabalhado a frio e envelhecido naturalmente a condições substancialmente estáveis), o envelhecimento nessa liga proporciona um aumento nas propriedades mecânicas Essa liga apresenta alta tenacidade à fratura e alta resistência à propagação de trincas por fadiga.
Devido ao tratamento térmico T3 a liga de alumínio é muito utilizada na fuselagem de aviões, pois além da alta relação resistência/peso, ainda apresenta uma boa resistência à corrosão e excelentes propriedades mecânicas.
Diversos fenômenos ocorrem na superfície dos materiais como, por exemplo, desgaste, corrosão, fadiga, entre outros, esses fenômenos fazem com que os componentes falhem estruturalmente ou diminuí o tempo de vida útil. Uma das técnicas para aumentar a vida útil desses componentes é a deposição superficial por atrito, do inglês *Friction Surfacing* (FS).
O presente estudo combina as ótimas propriedades da liga AA2024 – T3 com os benefícios que a técnica de *Friction Surfacing*, sendo avaliada a viabilidade de depositar a liga sobre um substrato da mesma liga.

Materiais e Métodos
MATERIAIS
Para o estudo, foi realizada a deposição da liga AA2014-T3 na forma de haste consumível sobre o substrato também da liga AA2024-T3, tanto as hastes como as

placas utilizadas como substrato foram fornecidas pela Empresa Brasileira de Aeronáutica – EMBRAER S.A.

MÉTODOS

Para realizar o processo de deposição por *Friction Surfacing* utilizou-se a máquina de processamento por atrito Manufacturing Technology Inc. modelo RM1.O substrato foi fixado sobre a mesa da máquina assim como a haste consumível encaixada ao cabeçote da mesma, os parâmetros de processo foram ajustados e a rotação da haste foi no sentido horário. Os parâmetros de processos foram: velocidade de rotação, carga axial e velocidade de avanço. Foram realizadas dez deposições, sendo que de uma para outra os parâmetros mudaram, a Tabela 1, apresenta a variação dos parâmetros.

Tabela 1 – Parâmetros de processo.

Número da amostra	Força Axial (kN)	Velocidade de Avanço (mm/min)	Velocidade de Rotação (rpm)
01	14,0	400	1500
02	13,7	400	1500
03	13,5	400	1500
04	13,0	400	1500
05	13,5	500	1750
06	13,5	500	1600
07	13,5	500	1400
08	14,5	600	1500
09	14,5	500	1500
10	14,5	400	1500

Posteriormente a deposição da haste consumível sobre o substrato foi retirada amostras para análise macroestrutural, microestrutural e dureza de cada um dos depósitos. Na analise da macroestrutura, as amostras foram previamente preparadas, passando por uma sequencia de lixas, depois estas foram atacadas com um reagente composto por 15 mL de HCl, 10 mL de HF e 90 mL de H_2O. Posteriormente a serem atacadas foi realizada microscopia estereoscópica (ME) utilizando o microscópio estereoscópico Olympus SZ61.

Para obter o perfil de dureza ao longo do substrato e interface substrato/depósito e depósito foi utilizado o microdurômetro da marca LEICA modelo VMHT MOT para realizar a microdureza Vickers. Primeiramente foram realizadas as medidas de dureza perpendicular ao depósito e depois ao longo do comprimento do substrato.

A caracterização microestrutural das amostras foi realizada por microscopia ótica (MO), as amostra foram preparadas, sendo estas lixadas e polidas. Depois foi realizado o ataque utilizando o reagente Keller.

Resultados e Discussão

No processo de deposição por *Friction Surfacing* a haste consumível é submetida a um movimento rotacional, ao entrar em contato com o substrato, a haste fica sobre ação de uma força axial constante, fazendo com que ocorra a fricção entre os dois componentes, resultando em um aquecimento localizado, porém a temperatura a qual a haste atinge é ligeiramente abaixo do ponto de fusão do material a qual é constituída. Esse aquecimento localizado torna o processo energeticamente eficiente, pois o calor é gerado exatamente onde é necessário (1,2).

Devido o aquecimento, o material da haste sofre um significativo amolecimento e deformação plástica, após um determinado tempo de permanência o substrato é movimentado, com determinada velocidade de avanço. Quando ocorre esse

movimento, o metal da haste plastificado é depositado sobre o substrato, resultando em um revestimento metalurgicamente ligado ao longo da linha de passagem (2).
Analisando a seção transversal dos revestimentos apresentaram bordas não aderidas, nos lados de avanço e recuo, essas bordas não aderidas são conhecidas também como solda fria. A Figura 2 apresenta a macroestrutura dos dez depósitos realizados.

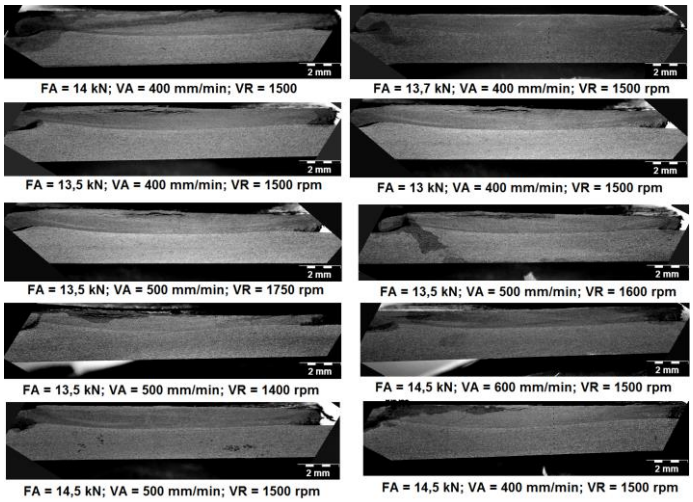


Figura 1 - Macroestruturas das deposições da liga AA2024 - T3 em substrato da liga AA2024 - T3, com variações de parâmetros.

Todos os depósitos apresentaram a região de solda fria, nota-se na Figura 2 que os depósitos apresentaram uma espessura irregular com deformação do substrato ao longo da interface substrato/depósito.
Dos dez depósitos realizados, estes podem ser separados em três casos distintos, o primeiro caso é o qual se manteve a velocidade de avanço e de rotação constante variando a força axial. O segundo caso se manteve constante a força axial e a velocidade de avanço constante e vario a velocidade de rotação. O terceiro caso se manteve a velocidade de rotação e a força axial constante variando a velocidade de avanço.
A Figura 3 apresenta a micrografia da seção transversal do deposito utilizando os parâmetros de FA = 13,7 kN; VA = 400 mm/min; VR = 1500 rpm.



Figura 2 - Microestrutura do deposito de AA2024-T3 sobre AA2024 - T3. FA = 13,7 kN; VA = 400 mm/min; VR = 1500 rpm

A deposição por *friction surfacing* se baseia no processamento do material em um estado viscoplástico, isto implica sua recristalização dinâmica Após a deposição, o resfriamento ocorre por convecção e radiação para o ambiente circundante e

condução no substrato, esse processo de resfriamento pode ocorrer em segundos, o que faz com que sejam produzidos revestimentos de grãos finos e homogêneos, como observado na figura 2, sendo que todos os depósitos apresentaram esse comportamento (3).

Todos os depósitos apresentaram um resultado satisfatório em relação ao perfil de dureza ao logo do substrato/deposito, apresentando perfil de dureza desejado, ou seja, dureza do substrato abaixo, porém próxima a dureza do material como recebido devido a zona termicamente afetada, e a dureza do deposito acima da dureza do material como recebido, devido ao refino de grão.

A dureza ao longo do comprimento do substrato apresentou um declínio no meio do substrato devido a zona termicamente afetada, sendo notado em todas as amostras.

A figura 3 apresenta o perfil de dureza ao longo do substrato/ deposito e ao longo do comprimento, das amostras do primeiro caso, sendo que os demais casos apresentaram resultado análogo.

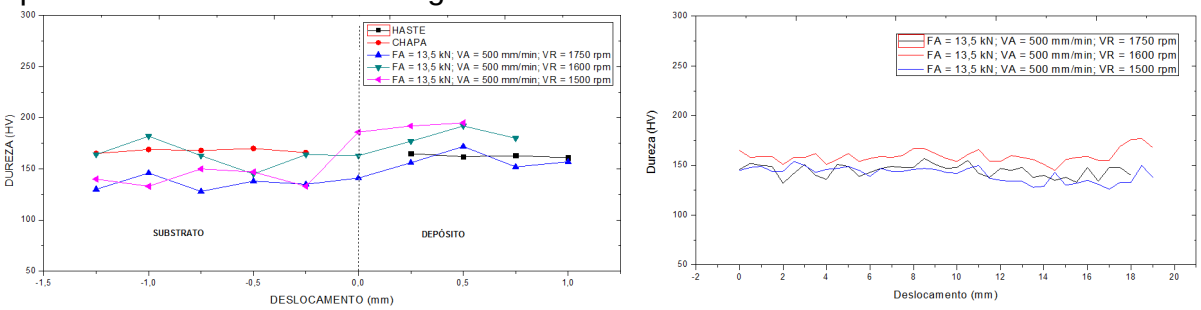


Figura 3 - Perfis de dureza ao longo do substrato/deposito e ao longo do comprimento.

Conclusões

Por meio do estudo realizado, constatou-se que todos os depósitos apresentaram um resultado satisfatório, porém somente com essas analises não é possível definir os melhores parâmetros de processo. Sendo que apresentaram o perfil de dureza desejado e uma microestrutura do deposito refinada em relação ao substrato. A dureza ao longo do comprimento apresentou um declínio no meio devido ao calor concentrado.

Agradecimentos

Agradeço a instituição de financiamento CnPq e a instituição de ensino Universidade Estadual de Ponta Grossa pela oportunidade de realizar o projeto. Agradeço aos colaboradores do projeto, tal como a empresa EMBRAER a qual forneceu o material para estudo e ao professor orientador André Luis Moreira de Carvalho que auxiliou e instruiu no projeto.

Referências

1 PULI, R.; RAM G. D. J. Dynamic recrystallization in friction surfaced austenitic stainless steel coatings. **Materials Characterization** 74, p. 49–54, 2012.

2 VITANOV, V. I. et al. Decision support system to optimize the Frictec (Friction Surfacing) process. **Materials Processing Technology**, n. 107, p. 236- 242, 2000.

3 GANDRA, J. et al. Friction surfacing - A review. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 214, n. 5, p. 1062-1093, 2014.