

INFLUÊNCIA DO PROCESSAMENTO POR FRICÇÃO AGITAÇÃO NA MICRODUREZA E RESISTÊNCIA À CORROSÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO AA1040

Denner Traiano^a

Sílvia do Nascimento Rosa^b

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Avenida Professora Laura Pacheco Bastos, 800 – Industrial, Guarapuava - PR
denner_traiano9@outlook.com^a
silviarosa@utfpr.edu.br^b

Luciano Augusto Lourenço^c

Hipólito Domingo Carvajal Fals^d

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Avenida Monteiro Lobato, s/n km 04 - Jardim Pitangui, Ponta Grossa - PR
lalouren@utfpr.edu.br^c
hipolitofals@utfpr.edu.br^d

Resumo. Neste trabalho foi avaliada a influência da rotação e velocidade de avanço da ferramenta na rugosidade, microdureza e resistência à corrosão de chapas da liga AA1040, modificadas superficialmente por fricção agitação. Uma chapa, com 4 mm de espessura, foi usada e avaliados três valores de rotação e velocidade de avanço da ferramenta, com 1 passe. A ferramenta utilizada, com pino cilíndrico, foi usinada em aço inoxidável ferrítico. As análises foram realizadas por perfis de microdureza nas seções transversais das amostras, ensaios de corrosão e rugosidade. Os resultados mostraram que na zona modificada (ZM) houve formação de grãos recristalizados muito finos e equiaxiais, pequenos defeitos tipo túnel na região inferior da ZM, do lado de retrocesso, e uma diminuição da microdureza, quando comparada com o metal base da liga AA 1040. Também foi observado que a microdureza esteve influenciada principalmente pela velocidade de rotação da ferramenta, e os maiores valores foram atingidos nas amostras processadas com menor velocidade de rotação da ferramenta. As amostras processadas com 1100 rpm de rotação da ferramenta apresentaram a menor taxa média de corrosão, inferior ao material base da liga AA 1040, e as amostras com maior rotação da ferramenta apresentaram a menor rugosidade média.

Palavras chave: FSP, Alumínio AA1040, Corrosão, Rugosidade, Microdureza.

1. INTRODUÇÃO

A engenharia de superfície é uma atividade multidisciplinar destinada a adaptar as propriedades das superfícies dos componentes de engenharia para que sua função e facilidade de manutenção possam ser melhoradas. Melhorar a resistência à corrosão por meio de barreira ou proteção sacrificial; a resistência à oxidação; a resistência ao desgaste; a redução das perdas de energia por atrito; as propriedades mecânicas aprimoradas, por exemplo, fadiga aprimorada ou dureza; as propriedades eletrônicas ou elétricas aprimoradas; o isolamento térmico e a aparência estética são algumas das propriedades ou características desejáveis para componentes de engenharia de superfície. Mas, para que seja possível melhorar essas propriedades as superfícies devem passar por tratamentos metalúrgicos, mecânicos, químicos ou adicionar um revestimento (Davis, 2001).

As ligas de alumínio ocupam o primeiro lugar em materiais não ferrosos do ponto de vista de produção e consumo (Belov *et al.*, 2005). O aumento das aplicações de alumínio e suas ligas é acompanhado pelas possibilidades de uso de superfícies tratadas para criar propriedades de superfícies específicas. Esses tratamentos de superfície são usados para aumentar a resistência à corrosão ou resistência ao desgaste, ou para criar propriedade especial elétrica, óptica, hidrofílica ou de adesão (Terry e Vereecken, 1991). Devido a essas propriedades as ligas de alumínio são amplamente utilizadas nas áreas de embalagem de módulo elétrico, tecnologia eletrônica, estrutura da carroceria automotiva, gerenciamento de energia eólica e solar, dentre outras (Varshney e Kumar, 2020).

O processamento por fricção agitação, do inglês *Friction Stir Processing - FSP*, é uma tecnologia emergente de engenharia de superfícies que pode eliminar localmente defeitos de fundição e refinar microestruturas, melhorando assim a resistência e a ductilidade, aumentando a resistência à fadiga e corrosão, aumentando a conformabilidade e melhorando a resistência ao desgaste (Buller *et al.*, 2006). Nas ligas de alumínio o FSP está se tornando uma alternativa para a correção de defeitos provenientes da fundição, como inclusões, poros, espaçamentos intergranulares (Ma, 2004), além de proporcionar melhoras nas superfícies das ligas tratadas, obtendo estruturas refinadas com grãos equiaxiais, sendo possível aumentar a dureza e a resistência à corrosão (Mahmoud, 2008; Colaço, 2019).

A inclusão do processo de Friction Stir Processing na superfície do alumínio 1040 é utilizada visando a melhoria nas propriedades microestruturais como: aumento da microdureza e diminuição nas taxas de corrosão. A técnica utiliza-se de intensa deformação plástica, agregada ao calor gerado por meio do atrito da ferramenta de trabalho e a superfície de tratamento (Ma, 2008). Esse processo realiza a quebra dos grãos grosseiros e partículas de silício dispersas pela microestrutura, com isso, essas superfícies tratadas via friction exibem, alteração do comportamento pertinente a microdureza e corrosão, apresentando dados que podem ser visualizados nos resultados. Nesse sentido os maiores responsáveis pelo aumento das características de interesse são os parâmetros de processamento: velocidade de avanço e rotação da ferramenta. A velocidade de avanço e a rotação estão correlacionadas diretamente, possibilitando a formação de grãos finos e equiaxiais, podendo alterar valores e condições pertinentes aos ensaios conforme a sua variação (Farias, 2015a; Toniato, et al. 2016a.; Karthikeyan, 2009a). A utilização de atrito como fonte de calor torna possível a modificação superficial de forma controladas, e se torna uma técnica ecologicamente viável, não havendo a emissão de fumos, irradiações e não necessitando de aplicação de gases para garantir o processo de transformação superficial (Sterling, 2004).

Considerando as potencialidades do processo de fricção agitação para as melhorias das características e propriedades superficiais e ainda as demandas de aplicação do setor automobilístico, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da rotação e velocidade de avanço da ferramenta na rugosidade, microdureza e resistência a corrosão de chapas da liga AA1040 modificadas superficialmente por fricção agitação.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Os ensaios de modificação superficial por fricção agitação foram realizados, utilizando um centro de usinagem vertical ROMI D 600, com comando numérico computadorizado FANUC, com rotação máxima de 8000 rpm e potência de 20 cv. No trabalho foi utilizado um planejamento experimental, com três valores de rotação (n) e velocidade de avanço (vf), como se mostra na Tab. 1. O processo foi realizado com 1 passe na superfície da chapa.

Tabela 1. Correlação das nomenclaturas e os parâmetros de processamento.

Nomenclatura	AM001	AM002	AM003	AM007	AM008	AM009	AM013	AM014	AM015
n (rpm)	750	750	750	1100	1100	1100	1500	1500	1500
vf (mm/min)	40	50	60	40	50	60	40	50	60

O material utilizado foi uma chapa de alumínio AA1040 com dimensões de 300 x 400 x 4 mm. Na Figura 1(a) se observa a microestrutura do material base, caracterizada por grãos alongados da fase $Al-\alpha$, e também a composição química do material, comprovada através da análises química por energia dispersiva (EDS) Fig. 1(b).

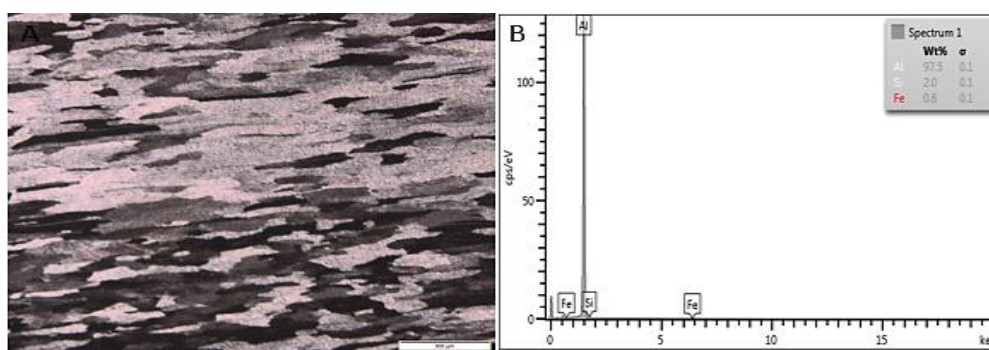


Figura 1. Material da chapa (a) microestrutura e (b) composição química.

A ferramenta utilizada para a modificação no estado sólido por fricção e agitação, foi confeccionada em aço inoxidável do tipo ferrítico, com pino cilíndrico. As dimensões da ferramenta estão mostradas na Fig. 2(a).

Na Figura 2 (b) pode-se observar um esquema representativo da forma de extração das amostras da região modificada, utilizadas para os testes realizados no trabalho. Para a observação da macro e microestrutura da seção transversal as amostras foram cortadas na seção transversal e lixadas utilizando lixas 220, 320, 400, 600 e 1200 mesh, seguido de um polimento com pastas de diamante. Foi utilizado o reagente *Osmond* para o ataque químico e revelação da microestrutura. As imagens microestruturais foram avaliadas no microscópio ótico Olympus UC30 e processadas no software *Stream Essentials*.

As medições de microdureza foram realizadas no microdurômetro Shimadzu HMV-G20 *Series equipment* (Kyoto, Japan) com carga de 100 gf. Para este ensaio foram realizados perfis de microdureza, obtidos a partir de 10 indentações com 150 μ m de distância entre elas, realizadas nas seções transversais das amostras.

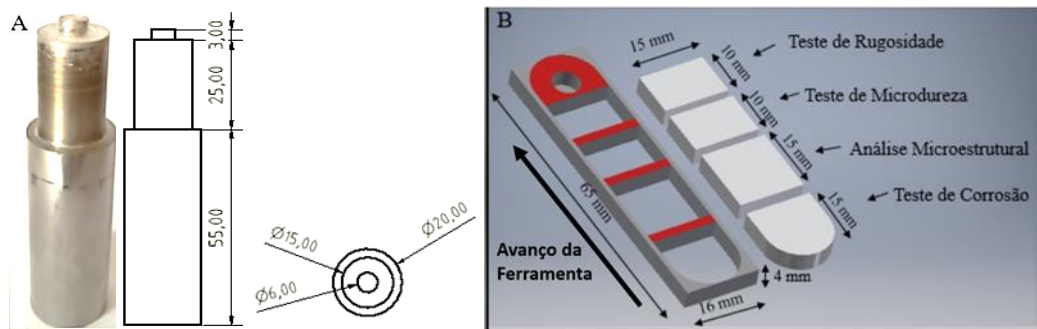


Figura 2. (a) Dimensões da ferramenta fabricada para o processamento superficial. (b) Extração das amostras da região processada por fricção agitação.

Para a avaliação da rugosidade da superfície foi utilizado o rugosímetro da marca Mitutoyo modelo SJ-410. As imagens das regiões macroestruturais foram obtidas usando um projetor de perfil da marca Mitutoyo modelo PJ-A3000. Os ensaios de corrosão foram realizados na superfície da zona modificada. O equipamento utilizado para realizar o ensaio de corrosão foi o potenciostato / galvanostato PGSTAT204 da *AutoLab*. A célula eletroquímica foi montada utilizando eletrodo auxiliar de platina e eletrodo de referência H_2SO_4 . Foram realizados ensaios para medição de potencial de corrosão (E_{cor}) e polarizações. O potencial de circuito aberto (OCP – *Open Circuit Potential*) foi medido conforme norma ASTM G59-97, 2009. A polarização foi realizada em duas etapas, sendo a primeira uma micropolarização, realizada com uma variação de tensão entre ± 10 mV em torno do potencial de corrosão (E_{cor}) e na segunda etapa realizou-se a macropolarização, com variação de ± 100 mV, em torno do E_{cor} . Com os resultados obtidos, foi calculada a corrente de corrosão (I_{cor}) e a taxa de corrosão, em mm/ano.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análises macro e microestrutural

As superfícies foram modificadas aplicando, um único passe do processo de fricção e agitação nas chapas da liga de alumínio AA1040. As regiões modificadas foram caracterizadas pela formação de uma zona central (zona modificada - ZM), que apresentou a formação de grãos recristalizados muito finos e equiaxiais (Fig. 3), consequência do aquecimento e da severa deformação plástica imposta pela ferramenta no processo, como explica Souza, et al. (2019). Também, foram constatadas zonas com grãos de tamanhos maiores, que se formaram principalmente nas bordas da ZM, que se caracterizaram por apresentar a formação de regiões de bandas com grãos recuperados que é chamada de zona termomecanicamente afetada (ZTMA). Ainda foram formadas, zonas afetadas termicamente (ZTA), que se encontram nas bordas externas da ZM, com grãos maiores em formato equiaxial, diferentes dos grãos alongados do metal base, como se observa na Fig. 3.

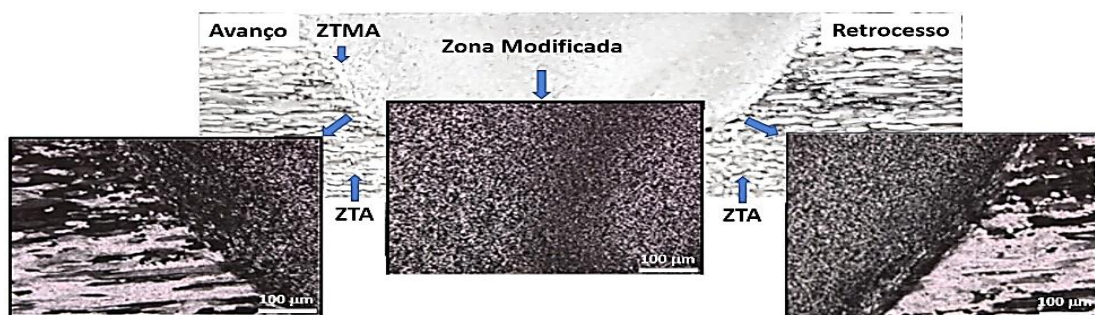


Figura 3. Zonas estruturais das regiões modificadas

Nos detalhes microestruturais mostrados na Fig. 3, é possível verificar a recristalização dos grãos e a formação de uma estrutura homogênea com grãos muito finos da ZM, como também foi explicado por Zykhova *et al.* (2020). A imagem da microestrutura situada a esquerda da Fig. 3, mostra a região da interface entre a ZM e o metal base (MB), ao lado do avanço da ferramenta. Nesta região se destaca a ZTMA, e ainda ZTA na zona inferior. Na região, mais externa, se observa a microestrutura do metal base, com grãos extremamente grosseiros, alongados no sentido da laminação.

No detalhe microestrutural da imagem à direita da Fig. 3, se observa o lado de retrocesso do sentido de tratamento, ou seja, é a região na qual é possível visualizar com clareza a linha de interface da região modificada juntamente a ZTMA.

Esta última, acompanha a borda da ZM em ambos os lados e vale ressaltar que a mesma sofre modificações por meio do calor e da deformação, porém é resultado do processo de recuperação dos grãos.

Em todas as condições experimentais as amostras apresentaram pequenos defeitos na região inferior da ZM, do lado de retrocesso. Todas elas caracterizadas por defeitos tipo túnel ou *wormholes*, no qual apresentam pequenos locais sem o preenchimento do metal, como pode ser visto na Fig. 4. Nesta figura é apresentada de forma representativa a amostra processada com (1500 rpm e 50mm/min), no caso a AM014. As causas deste defeito se correlacionam com os parâmetros operacionais do processo (vf, n, geometria da ferramenta, ângulo de inclinação, etc.), sendo necessários um melhor ajuste, que garanta o correto fluxo do material em estado plástico, para o preenchimento da geometria total da ZM.

Na Figura 4, é visível a metodologia utilizada para a medição da área da zona tratada, composta por um conjunto de imagens das amostras realizadas no projetor de perfil. O local delimitado em vermelho é a área de processamento (obtido no software *ImageJ*) com a adição de imagens das regiões microestruturais e da interface que revelam a estrutura dos grãos em cada uma das condições, sendo possível uma melhor delimitação da zona. Dessa forma, torna-se possível calcular a área da região modificada, como está mostrado na Tab. 2.

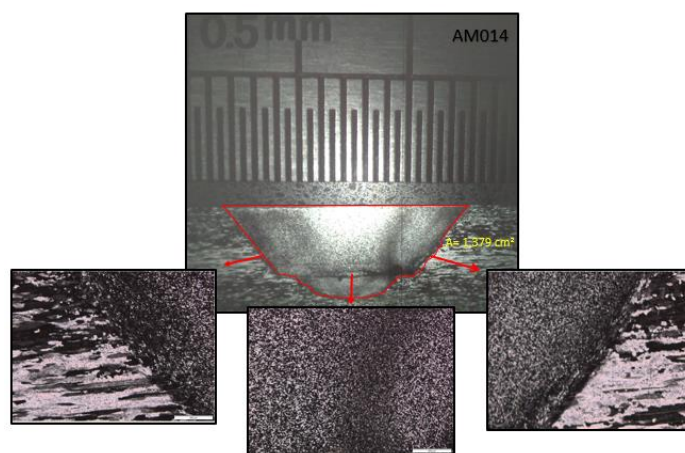


Figura 4. Imagem macros e microestruturais das amostras processadas por fricção agitação

Tabela 2. Área média das amostras processadas por fricção agitação

Amostras	AM001	AM002	AM003	AM007	AM008	AM009	AM013	AM014	AM015
Valor Medio Área (cm ²)	1.335	1.497	1.568	1.551	1.625	1.212	1.220	1.379	1.471

Percebe-se na Tabela 2 que, as amostras nas rotações de 750 e 1100 rpm apresentaram em média os maiores valores de áreas. Por outro lado, quando a rotação da ferramenta aumentou até 1500 rpm, as áreas médias foram menores, aumentando quando incrementou a velocidade de avanço de 40 mm/min, para 60 mm/min. Essa tendência também se mostrou nas amostras com menor rotação (750 rpm). Essas diferenças, entre os valores das áreas, se devem às mudanças no aporte de calor provocado principalmente pelo atrito do ombro, e também pelo pino da ferramenta, além do fluxo de material deformado no processo.

3.2. Análises da rugosidade superficial da zona modificada

A realização das análises de rugosidade das amostras, exhibe o aspecto de caráter tecnológico correlacionando o acabamento superficial do material e suas aplicações. A Figura 6 mostra os resultados do desvio aritmético médio (Ra) para todas as amostras processadas.

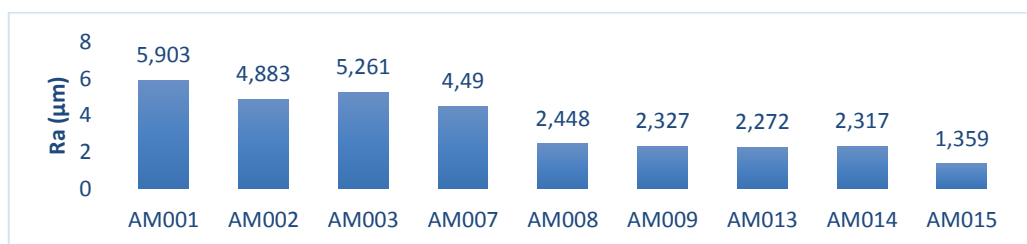


Figura 5. Rugosidade média (Ra) das amostras.

Percebe-se que os menores valores tenderam a ocorrer nas amostras processadas com uma maior rotação da ferramenta e uma maior velocidade de avanço (na rotação de 750 rpm o menor valor de Ra ocorreu em 50 mm/min). Essas

combinações de parâmetros de processamento, possibilitaram um grande escoamento de material plastificado, não gerando grandes deformações e imperfeições na superfície, o que acarreta menores valores de rugosidade média.

3.3 Análises da microdureza

Na Figura 7, pode-se observar os perfis dos valores médios de microdureza da seção transversal das amostras. Na parte superior do gráfico se mostra a seção transversal de uma amostra representativa, que permite associar as regiões macroestruturais da zona modificada com os valores de microdureza apresentados.

Se observa na Figura 7 que, de forma geral existe uma evidente diminuição da microdureza na zona modificada por fricção e agitação, quando esta é comparada com o metal base encruado pelo processo de laminação. Este comportamento já foi relatado por outros autores para esse mesmo tipo de liga de alumínio AA1040 e está relacionado com o efeito do processamento termomecânico que ocorre no material, que provocou a recrystalização da microestrutura em toda a zona de tratamento, gerando a formação de grãos muitos finos e equiaxiais, que causam a diminuição da microdureza na zona.

Por outro lado, foi constatado que a microdureza da zona modificada esteve influenciada pelos parâmetros do processo, principalmente da velocidade de rotação da ferramenta, como pode constatar-se na Fig. 6, ao comparar os valores médios de microdureza da ZM do perfil. Percebe-se ainda que os maiores valores foram atingidos nas amostras processadas com menor velocidade de rotação da ferramenta (750 rpm).

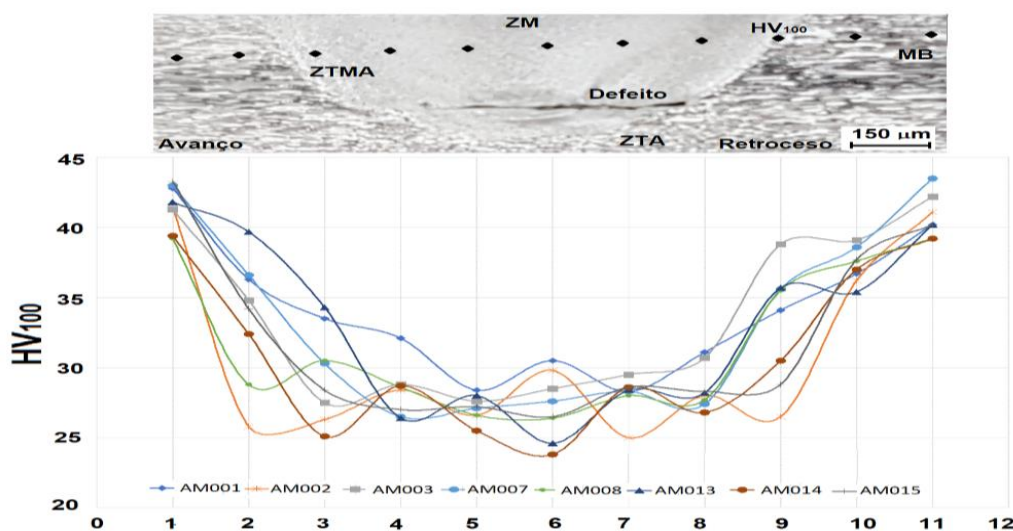


Figura 6. Perfis dos valores médios da microdureza da seção transversal

Por outro lado, para uma melhor visualização, na Fig. 7 se mostra um gráfico da relação dos valores médios de microdureza da região central da ZM, com os parâmetros do processo (n e vf).

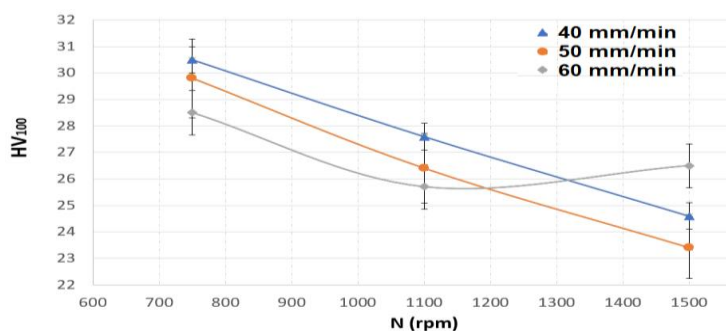


Figura 7. Influência da rotação da ferramenta (N-rpm) na microdureza da zona modificada (ZM)

Pôde ser constatado que, quando foi incrementada a rotação da ferramenta de 750 rpm para 1500 rpm, existiu uma diminuição significativa da microdureza, aproximadamente de 20% e isto, pode ser explicado, devido ao aumento da temperatura, no qual, ocorre o crescimento/amolecimento dos grãos, diminuindo consequentemente a resistência e dureza da superfície tratada (Karthikeyan, 2009b; Farias, 2015b). No entanto, é importante salientar que a velocidade de avanço mostra uma pequena influência, sem ser estatisticamente significativa, apesar da variabilidade mostrada especialmente

na condição com 1500 rpm e 60 mm/min. A diminuição da microdureza na ZM, ocorre no incremento de rotação da ferramenta e por consequência gera o aumento de energia aportada pelo processo, obtendo aumento do tamanho dos grãos recristalizados na região.

3.4 Efeito do processamento por fricção agitação na taxa de corrosão

As análises para determinar a taxa de corrosão foram realizadas no metal base e nas amostras AM003, AM007, AM008 e AM014, as quais, foram processadas com diferentes rotações de ferramenta. Estas amostras apresentaram menor ocorrência dos defeitos tipo túnel na zona inferior da ZM. Os testes de corrosão foram realizados nas superfícies da ZM das amostras processadas e no metal base.

Na Tabela 3 são indicados os resultados dos testes de corrosão por caracterização eletroquímica em H_2SO_4 . Nota-se que o processo por fricção e agitação, influenciou na taxa anual de corrosão (Taxacorr) do material, destacando-se que a amostra processada com 1100 rpm e 50 mm/min (AM008), apresentou a menor taxa média de corrosão ao ano (0,000583 mm/ano). Nesse sentido, é importante explicar que nestas amostras, o processo de fricção e agitação provocou a formação de uma ZM com um grãos finos recristalizado e mais homogêneo em toda a região superficial da ZM, consequentemente com menos locais favoráveis para a ocorrência da corrosão, como contornos de grãos e zonas encruadas em forma de bandas ou texturas. Nestas condições as amostras com 1100 rpm apresentaram valores intermediários de microdureza na ZM (26,5 HV_{100}), quando comparadas com as amostras processadas com 750 rpm e (28,5 HV_{100}) e 1500 rpm (23,8 HV_{100}). Esses aspectos podem evidenciar a recristalização completa da região, ou a ocorrência do crescimento do grão recristalizado quando ocorreu o maior aporte de energia nas condições com 1500 rpm.

Tabela 3. Resultados dos ensaios de caracterização eletroquímica (H_2SO_4), realizado em amostras tratadas por fricção agitação

Amostras	Ecorr (V)	Rp (k Ω)	β_a (V/dec)	β_c (V/dec)	Icorr (A/cm ²)	Taxacorr (mm/ano)
Metal Base	-1,1596	382	0,20045	0,09907	7,5427x10 ⁻⁸	0,001046
AM003	-1,1776	400	0,17813	0,09093	6,5349x10 ⁻⁸	0,000906
AM007	-1,1828	292	0,12310	0,07443	6,90834x10 ⁻⁸	0,000958
AM008	-1,1429	602	0,19586	0,08315	4,20729x10 ⁻⁸	0,000583
AM014	-1,1741	312	0,15464	0,07808	7,20915x10 ⁻⁸	0,001000

Também, como explica Toniato, et al. (2016b) a inserção de grandes tensões no processo, adicionadas pelas combinações de alta velocidade de avanço e rotação, como no caso da AM014, podem promover a corrosão por tensão e ocasionar o aumento das taxas de corrosão.

A Figura 8, mostra a curva de macropolarização das amostras ensaiadas. Percebe-se um comportamento similar das amostras, mas em potenciais de corrosão diferentes.

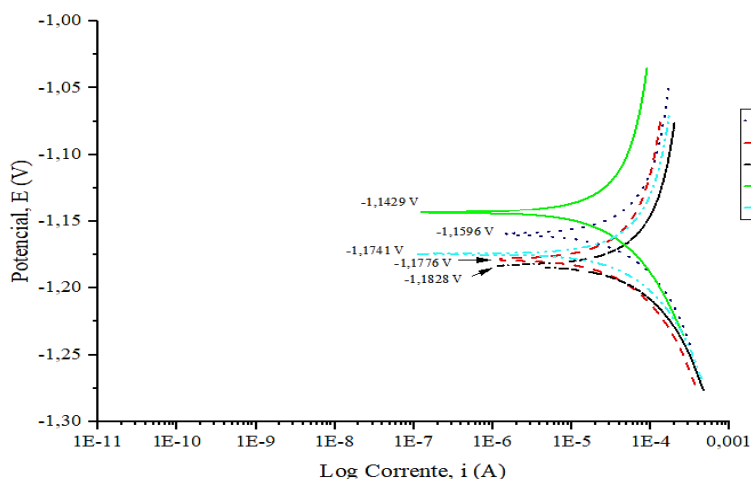


Figura 8. Curvas de macropolarização das amostras processadas por fricção e agitação

Por fim, a taxa de corrosão anual do metal base da liga AA1040, foi maior que o material processado por fricção e agitação, influenciado por diferentes graus de recristalização da microestrutura originalmente encruada pela chapa

original da liga AA1040. Com isso, a técnica apresenta resultados positivos em relação ao metal base, validando nesse aspecto a técnica.

3.5. Conclusões

Neste trabalho foram modificadas superfícies aplicando 1 passe do processo de fricção e agitação em chapas da liga de alumínio AA1040 e após as análises dos resultados, os autores chegaram nas seguintes conclusões:

- As regiões modificadas foram caracterizadas pela formação de uma zona central (ZM), que apresentou a formação de grãos recristalizados muito finos e equiaxiais; que dependem dos parâmetros de rotação e avanço da ferramenta.
- As amostras processadas apresentaram pequenos defeitos na região inferior da ZM, do lado do retrocesso, e todas elas caracterizadas por defeitos tipo túnel ou *wormholes*;
- A zona modificada (ZM) apresentou uma diminuição da microdureza, quando comparada com o metal base da liga AA 1040. A microdureza da ZM esteve influenciada pelos parâmetros do processo, principalmente da velocidade de rotação da ferramenta, em que os maiores valores foram atingidos nas amostras processadas com menor velocidade de rotação da ferramenta (750 rpm);
- O processo por fricção e agitação influenciou na taxa de corrosão do material. As amostras processadas com rotação da ferramenta de 1100 rpm e 50 mm/min de avanço, apresentaram a menor taxa média de corrosão ao ano (0,000583 mm/ano), exibindo uma taxa melhor comparada ao metal base da liga AA 1040.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo apoio na execução de projeto de pesquisa mediante a concessão de auxílio financeiro de custeio (Projetos 4K) e a disponibilidade dos seus laboratórios.

5. REFERÊNCIAS

- Belov, N.A., Eskin, D.G. e Aksenov, A.A., 2005. Multicomponent Phase Diagrams Applications for Commercial Aluminum Alloys. Elsevier Science. 1 Jan. 2021. <<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044537-3.X5000-8>>.
- Buller, C.B. *et al.*, 2006. Surface modification with friction stir processing. International Surface Engineering Congress. p 95-101. 2006. ISBN: 0871708353.
- Colaço, D. B., 2019. Caracterização e avaliação das tensões residuais em juntas da liga de alumínio AA5083 soldadas pelo processo FSW. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- Davis, J.R., 2001. Surface Engineering for Corrosion and Wear Resistance. ASM International.
- Farias, A. De., 2015. Avaliação do processamento por atrito linear em chapas da liga de Titânio Ti-6Al-4v. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Karthikeyan, L., Senthikumar, V.S. e Padmanabhan, K.A., 2009. On the role of process variables in the friction stir processing of cast aluminum A319. Materials and Design. <<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.08.2001>>
- Ma, ZY., 2008. Friction Stir Processing Technology. Metallurgical and Materials Transactions.
- Ma, ZY., Mishra, R.S. e Mahoney, M.W., 2004. Superplasticity in cast A356 induced via friction stir processing. *Scripta Materialia*. < doi:10.1016/j.scriptamat.2004.01.012>.
- Mahmoud, T.S., 2008. Effect of friction stir processing on electrical conductivity and corrosion resistance of AA6063-T6 Al alloy. Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers - Journal of Mechanical Engineering Science, Vol. 222, p. 1117-1123. < <https://doi.org/10.1243/09544062JMES847>>
- Souza, C.A.C *et al.*, 2019. Influência dos parâmetros de friction stir processing (FSP) nos aspectos macro e micro de uma chapa de alumínio 1050 com 3 mm de espessura, São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2019. p. 1-10. <doi:10.5151/2594-5327-33270>.
- Sterling, C.J., 2004. Effect of Friction Stir Processing on the Microstructure and Mechanical Properties of Fusion Welded 304L Stainless Steel. Dissertação de Mestrado, Brigham Young University, Provo.
- Terryn, H. e Vereecken, J., 1991. "Surface engineering of aluminium and its alloys Non-Ferrous Metallurgy - Present and Future" Springer, Dordrecht. 3 Jan. 2021 <https://doi.org/10.1007/978-94-011-3684-6_51>
- Toniato, T.N. *et al.*, 2016. Influência da velocidade de avanço na corrosão da liga de alumínio aa6082-t6 soldada por fricção linear, Lisboa, Congresso nacional de mecânica experimental, 2016. p. 1-18.
- Varshney, D. e Kumar, K. 2020., Application and use of different aluminium alloys with respect to workability, strength and welding parameter optimization. Ain Shams Engineering Journal. 2 Dez. 2020. < <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.05.013>>.
- Zykova, A.P. *et al.*, 2020. A Review of Friction Stir Processing of Structural Metallic Materials: Process. Properties and Methods. Metals. p. 1-4. < doi:10.3390/met10060772>.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

INFLUENCE OF FRICTION STIR PROCESSING IN THE MICROHARDNESS AND CORROSION RESISTANCE OF ALUMINUM AA1040 ALLOY

Denner Traiano^a

Sílvia do Nascimento Rosa^b

Federal Technological University of Paraná. Avenue Professora Laura Pacheco Bastos, 800 – Industrial, Guarapuava - PR
denner_traiano9@outlook.com^a
silviarosa@utfpr.edu.br^b

Luciano Augusto lourenço^c

Hipólito Domingo Carvajal Fals^d

Federal Technological University of Paraná. Avenue Monteiro Lobato, s/n km 04 - Jardim Pitangui, Ponta Grossa - PR
lalouren@utfpr.edu.br^c
hipolitofals@utfpr.edu.br^d

Abstract. In this work, the influence of the tool rotation speed and feed speed on the roughness, microhardness and corrosion resistance of 1040 alloy plates, superficially modified by friction stir processing was evaluated. A plate, 4 mm thick, was used and three tool rotation and feed speed values were evaluated, with one pass. The tool used, with a cylindrical pin, was machined in ferritic steel stainless. Microhardness profiles in the cross section of the specimen, corrosion test and roughness were analyzed. Results showed in modified zone there were equiaxial and very thin recrystallized grains formation, little wormholes defects in modified zone bottom region, side throwback, and decrease in microhardness, when it compared with sample of AA 140 alloy. Also, it was look at microhardness was influenced mainly tool rotation speed, and the highest value was measure in lowest tool rotation speed. Specimens processed with low tool rotation speed presented the lowest tax corrosion and those with the highest tool rotation speed presented the lowest medium roughness.

Keywords: FSP, Aluminum AA 1040, Corrosion, Roughness, Microhardness.

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.