

Soldagem por FSW da Liga de Alumínio AA 5083 Utilizando Ferramenta com Ombro Contendo Estrias em Espiral

Francieli Gonçalves Franceschini^{1*}; Tancredo Westphal Junior²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais; ²Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação
*francielifranci@hotmail.com

Resumo

A *Friction Stir Welding* (FSW) conhecida como soldagem por fricção e mistura mecânica, foi desenvolvida no Reino Unido, no início da década de 90, pelo TWI (*The Welding Institute*). O processo consiste na utilização de uma ferramenta rotativa não-consumível, que gera calor e deformação plástica através do atrito. Os parâmetros de soldagem e o perfil da ferramenta desempenham papéis importantes na obtenção da solda. Este trabalho visa estudar a influência da geometria da ferramenta no resultado do processo de soldagem FSW. O efeito da geometria do ombro foi analisado por inspeção visual, macrografias, ensaios de tração, ensaios de dobramento de face e de raiz. As propriedades de tração das juntas foram avaliadas e correlacionadas com o material base. Os resultados mostram que a ferramenta desenvolvida, com diâmetro de ombro de 21 mm contendo estrias em espiral não foi eficiente para obtenção de soldas pelo processo FSW.

Palavras-chave: Soldagem FSW, Geometria da Ferramenta, Soldagem de Alumínio.

1. Introdução

A soldagem por fricção e mistura mecânica (*Friction Stir Welding* - FSW) é um processo que foi inventado em 1991 no Reino Unido, no *The Welding Institute* (TWI). É realizado por meio de uma ferramenta rotativa não consumível, possuindo um pino e um ombro, que é inserida nas bordas adjacentes das chapas metálicas a serem soldadas, percorrendo linearmente a extensão da junta ^{[1],[2],[3]}. A Fig. 1 apresenta o desenho esquemático do processo FSW.

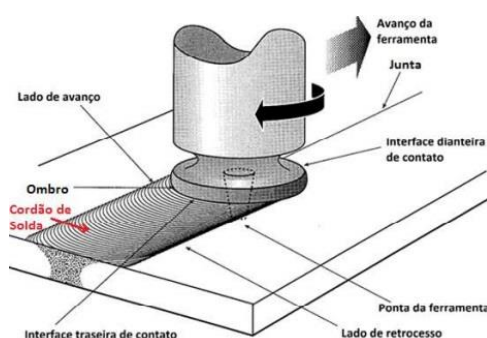


Figura 1. Representação esquemática do processo FSW ^[2].

A ferramenta tem duas funções principais e fundamentais: o aquecimento das peças e promover a mistura dos materiais a fim de consolidar a união. O calor é fornecido através da fricção da ferramenta com o material e a deformação plástica do mesmo. O calor localizado plastifica o material em torno do pino e a combinação da rotação com o movimento transversal da ferramenta faz com que o material flua da frente para a parte posterior do pino. Como resultado deste processo é consolidada uma junta no estado sólido. A qualidade do processo é garantida

pelo controle da especificação do material e da geometria da ferramenta, além da correta seleção dos parâmetros de soldagem ^{[2],[3]}.

O processo FSW aplicado a ligas de alumínio tem sido o foco principal, por isso possui muitos estudos e pesquisas na área, sendo esse material um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento do processo e, portanto, atualmente, o mais utilizado ^[4]. Este trabalho tem por objetivo estudar a influência da geometria da ferramenta no resultado do processo de soldagem FSW em chapas da liga de alumínio AA 5083.

2. Materiais e Métodos

2.1. Materiais

Para a realização do experimento foi utilizada a liga de alumínio AA 5083, com espessura nominal de 6,6 mm, nas dimensões de 100 x 300 mm. As soldas pelo processo FSW foram realizadas em um centro de usinagem de três eixos da *Deb'Maq*, série *Diplomat*, modelo *Skybull 600*. Em relação à geometria da ferramenta, o pino possui formato cônico roscado, com diâmetro de 6 mm. O ombro da ferramenta possui diâmetro de 21 mm e face reta com estrias em espiral. Este tipo de ombro elimina a necessidade de ângulo de ataque da ferramenta. O material utilizado na fabricação do pino e do ombro da ferramenta foi o aço AISI VC 131 normalizado, e na Fig. 2 pode-se observar o desenho esquemático do conjunto da ferramenta, bem como a ferramenta desenvolvida.

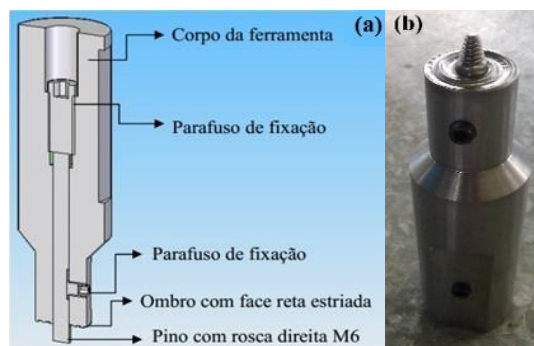


Figura 2. (a) Desenho esquemático do conjunto da ferramenta e (b) ferramenta desenvolvida.

2.2. Metodologia

Os parâmetros de processo utilizados estão apresentados na Tab. 1.

Tabela 1. Parâmetros de soldagem utilizados.

Ângulo de Inclinação [°]	Velocidade de Rotação [rpm]	Velocidade de Avanço [mm/min]	Penetração do Ombro [mm]	Tempo de Aquecimento [s]	Altura do Pino [mm]	Sentido de Rotação
0	1450	20	-0,4	60	6,2	Anti-horário

Ensaio de tração uniaxial foram realizados com o intuito de comparar a resistência mecânica do metal base em relação às amostras soldadas pelo processo FSW. Os ensaios de dobramento

foram realizados com o objetivo de validar os parâmetros de processo utilizados para a soldagem. Ambos os ensaios foram realizados na máquina universal de ensaios da *Shimadzu*.

Os ensaios metalográficos foram utilizados para avaliar a qualidade da solda obtida, através da microestrutura do material, a partir de cortes transversais na amostra. As amostras passaram por lixamento (lixas de carbetto de silício com granulometria 220, 400 e 600), e posteriormente foram atacadas com reagente água régia (um terço de água destilada, um terço de ácido nítrico (HNO_3) e um terço de ácido clorídrico (HCl)). As imagens das macrografias foram registradas com a utilização de um *scanner*.

3. Resultados e Discussão

Na Fig. 3 (a) é apresentado o aspecto superficial da junta soldada. Durante a soldagem a utilização de potência da máquina manteve-se constante no início da junta, cerca de 24% da capacidade total, aumentando para 28% no decorrer da solda, porém com 242 mm de solda realizada, a temperatura do motor do eixo Z atingiu 62 °C, indicando que o motor estava realizando força excessiva para o deslocamento da ferramenta, sendo necessário interromper a soldagem neste instante. Possivelmente, este fato se deve ao uso do ombro com diâmetro de 21 mm, que acaba proporcionando um aumento na temperatura do processo, pois aumenta a área de atrito entre a ferramenta e a peça. A chapa soldada apresentou grande quantidade de rebarba, como é evidenciado na Fig. 3 (b). Na análise visual, a solda apresenta um bom aspecto, mesmo com a formação de rebarbas não houve defeitos visuais aparentes, nem descontinuidades ou problemas com a integridade do cordão. As macrografias estão apresentadas na Fig. 3 (c) e percebe-se que o cordão de solda apresenta núcleo íntegro, bem desenvolvido. Pode-se perceber a presença de *onion rings* na região de mistura. Os *onion rings* são linhas de fluxo de material em forma de anéis, que geralmente são encontrados em soldas realizadas pelo processo FSW.



Figura 3. (a) Aspecto superficial e (b) formação excessiva de rebarba.

O desempenho da junta soldada pelo processo FSW foi analisado e comparado ao do metal base (MB) por meio dos ensaios de tração uniaxial. Para realização destes ensaios, foram usinados os CP's 03, 06 e 09 e feito o fresamento da superfície da chapa, a fim de reduzir a espessura para 6,2 mm, eliminando o degrau gerado pela penetração do ombro, de forma a manter constante a espessura da seção de teste. Os resultados dos ensaios foram comparados com as propriedades do MB e são apresentados na Tab. 2. Analisando a tensão de escoamento medida para cada CP, todos apresentaram valores abaixo do valor do MB, sendo obtida uma média de 120,19 MPa, esta redução é resultante do aquecimento a que a chapa é submetida durante o processo de soldagem. O CP 09 rompeu na região da junta soldada, sendo que o mesmo apresentou maior tensão de escoamento (125,39 MPa), menor tensão máxima atingida (216,4 MPa) e alongamento de apenas 6%.

Tabela 2. Resultados dos ensaios de tração do experimento.

Corpo de prova	Tensão de escoamento [MPa]	Tensão máxima atingida [MPa]	Alongamento [%]
F1 - 03	115,67	278,51	19,4
F1 - 06	119,50	285,19	24
F1 - 09	125,39	216,40	6
Média	120,19	260,03	16,46
Alumínio AA 5083	129,7	297,18	26,1

Devido ao rompimento do CP 09 ter ocorrido na região da junta soldada este experimento foi desqualificado. No entanto, realizaram-se os ensaios de dobramento para avaliar o comportamento do cordão de solda obtido. Os CP's 01, 04, 07 e 10 foram submetidos aos ensaios de dobramento de face e os CP's 02, 05 e 08 foram submetidos aos ensaios de dobramento de raiz, os mesmos apresentaram formação de trincas, fissuras e rupturas na região da junta soldada, comprovando que a ferramenta com diâmetro de 21 mm não foi eficiente para obtenção de soldas pelo processo FSW. Na Fig. 4(a) são apresentados os CP's submetidos aos ensaios de tração e na Fig. 4 (b) os CP's submetidos aos ensaios de dobramento.

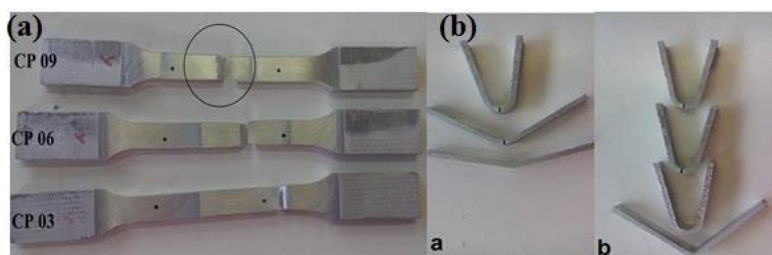


Figura 4. Corpos de prova submetidos aos ensaios: (a) de tração e (b) de dobramento.

4. Conclusões

Os parâmetros atribuídos ao processo e a geometria da ferramenta são os fatores que influenciam na qualidade da solda obtida, sendo possível aperfeiçoá-los para a obtenção de melhores resultados. Em relação ao experimento realizado, obteve-se uma solda com grande formação de rebarbas, sem defeitos visuais aparentes. No entanto, nos ensaios de tração, houve rompimentos na junta soldada, e nos ensaios de dobramentos, houve formação de trincas, fissuras e ruptura na região da junta soldada, sendo assim, a ferramenta desenvolvida com ombro contendo estrias em espiral e diâmetro de 21 mm, não foi eficiente para obtenção de soldas pelo processo FSW.

Referências

- [1] THOMAS, M.W.; NICHOLAS, E.D., NEEDHAM, J.C., MURCH, M.G., TEMPLESMITH, P. and DAWES, C.J. **International Patent Application PCT/GB92/02203 and GB Patent Application 9125978.8**, UK Patent Office, London, December 6, 1991.
- [2] THOMAS, W. M.; NICHOLAS, E. D. Friction stir welding for the transportation industries. **Materials & Design**, v. 18, n. 4/6, p. 269-273, 1997.
- [3] MISHRA, R. S.; MAHONEY, M. W. Friction Stir Welding and Processing. **ASM International**, Estados Unidos, 2007.
- [4] KUMBHAR, N. T.; DEY, G. K. Friction Stir Welding of Aluminium Alloys. **Research article**. BARC Newsletter. n. 321, p. 11-17, 2011.