



ANÁLISE DA USINAGEM DA LIGA BRONZE DE ALUMÍNIO SOLDADA PELOS PROCESSOS GTAW E FRW¹

Gustavo Guimarães de Oliveira | gustavo_oliveira94@live.com

Jorge Luiz Rosa | jorge.rosa2@fatec.sp.gov.br

Marcelo Bergamini de Carvalho | mabcarvalho@hotmail.com

Camila Stephanie Gonçalves | camilastephaniegofe@hotmail.com

José Rubens Camargo | jrubenscamargo@gmail.com

Amir Rivaroli Junior | amir.rivaroli@fatec.sp.gov.br

Willian Gonzaga Pereira | wiliamgp@gmail.com

Emerson Augusto Raymundo | emersonaugustoray@gmail.com

RESUMO

A procura por soldagem que não apresente tanto problema na zona termicamente afetada (ZTA) é propósito de qualquer processo de soldagem, e a soldagem por fricção apresenta um caminho para diminuir esses efeitos. A sobra ou “aba” da soldagem por fricção é um produto deste processo, isto não apresenta a forma adequada e estética das peças soldadas. Este trabalho apresenta a soldagem de uma liga de bronze de alumínio por fricção e GTAW, além do estudo dos cavacos deste processo. Foi observada ausência da ZTA no processo por fricção (FRW), descontinuidades no processo GTAW. Foram feitas análises nos cavacos dos dois processos, e foi observado mudanças na morfologia dos cavacos. Esses componentes podem mudar conforme a dureza dos materiais envolvidos no processo de usinagem e assim foi possível fazer uma relação com os dois processos perante os conceitos da usinagem dos materiais.

Palavras-chave: Soldagem por fricção; GTAW; FRW; Torneamento; Bronze de alumínio.

INTRODUÇÃO

Contendo 5% a 11% de alumínio, os bronzes de alumínio são uma família de ligas à base de cobre, porém algumas ligas podem conter ferro, níquel, manganês ou silício. Comparado com outras ligas de cobre, com a adição do principal elemento de liga o alumínio dá uma excelente resistência à corrosão sob uma ampla gama de condições de serviço. Sua resistência à corrosão atmosférica combinada com alta resistência pode ser usada para mancais em estruturas de aeronaves. Os bronzes de alumínio também apresentam baixas taxas de oxidação a altas temperaturas e excelente resistência ao ácido sulfúrico, dióxido de enxofre e outros produtos de combustão e são, portanto, utilizados na construção de itens expostos a um ou a ambos (ADS, 1981).

¹ Artigo publicado nos Anais do XXIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XIX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e IX Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba 2019.

Segundo ASM (1996), a soldagem por fricção (FRW) é um processo de soldagem em estado sólido no qual o calor da soldagem é produzido pelo movimento das duas interfaces que estão sendo unidas. Este método baseia-se na conversão direta de energia mecânica em energia térmica para formar a solda, sem a aplicação de calor de qualquer outra fonte.

Segundo Diniz et. al. (2000), durante o processo de usinagem é necessário entender o comportamento de fenômenos ou parâmetros ligados ao processo tribológico da ferramenta, material e forças de usinagem, tais como desgaste da ferramenta, aresta postiça de corte, calor gerado, velocidade de corte, avanço, profundidade de corte, etc., e para se obter cientificamente uma explicação para o comportamento desses fatores pode ser necessário um estudo minucioso do processo de formação do cavaco.

METODOLOGIA

O material utilizado no trabalho é uma liga de bronze de alumínio níquel de classificação C 63020 TQ 50. A geometria pertinente aos testes proposto se trata de barras cilíndricas de diâmetro de uma polegada. A Figura 1 representa as imagens dos corpos de prova. O material foi usinado para beneficiamento dos ensaios, projetado então seis corpos de prova, sendo três corpos de prova para o processo GTAW e três corpos de prova para o processo fricção radial. A máquina utilizada para os ensaios foi o torno NARDINI NODUS.

Figura 1 - Corpo de prova da liga de bronze de alumínio níquel.



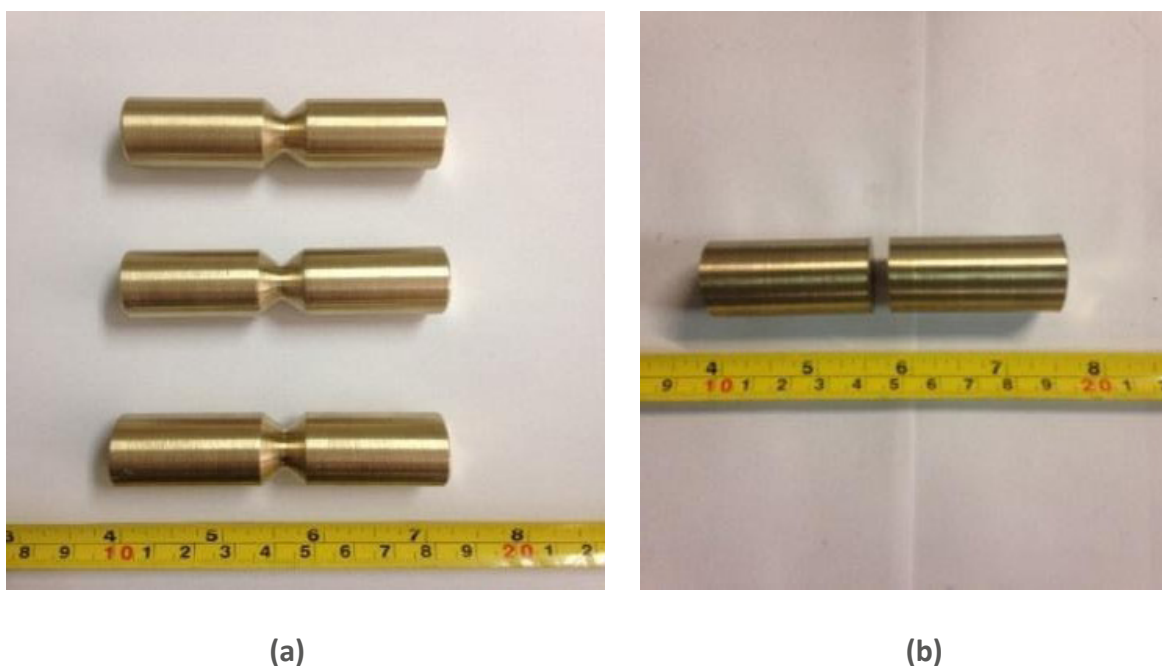
(a) Corpos de prova utilizado

(b) Classificação do corpo de prova

Fonte: próprio autor (2019)

Como proposto no trabalho foram feitos os corpos de prova para o processo GTAW e fricção com o objetivo de verificar qual seria melhor em termos de análise microestrutural. Para tanto foi usinado um chanfro em “V” de 12 mm de largura e profundidade de 6 mm, o resultado pós usinagem foi uma geometria de diâmetro 25 mm x 80 mm de comprimento. A Figura 2 representa as imagens dos corpos de provas para os ensaios de GTAW, imagem (a) e para os ensaios de fricção radial imagem (b) com dimensões de duas partes iguais de 25 mm diâmetro por 40 mm comprimento.

Figura 2 - Corpos de prova para os ensaios de soldagem por GTAW (a) e fricção (b).



Fonte: próprio autor (2019).

O consumível utilizado foi uma bobina de arame para soldagem GMAW cortado em pedaços de 300 mm, onde o código do arame era WIM285 – CuSnC e o gás utilizado para o processo foi o argônio, e a máquina de solda GTAW foi a Eutectic Máster NT 2000 AC/DC. Com objetivo de melhorar o processo GTAW, foi proposto uma pré-aquecimento utilizando gás oxigênio e acetileno.

Com relação aos parâmetros utilizados nos processo de usinagem, foi baseado em catálogos que exprimem usinagem de ligas não ferrosas, a rotação foi de 1000 rpm, a velocidade de corte de 90 m/min, o avanço de 0,25 mm/volta, a profundidade de usinagem de 1,5 mm.

RESULTADOS

O primeiro resultado para discussão foi o processo de soldagem GTAW, representado pela Figura 3(a). Apesar de ser considerado um processo importante em questão de qualidade perante aos processos de fusão por arco elétrico, não demonstrou tanto eficiente para esta liga em específico, apresentando um acabamento superficial irregular e poros. Com relação ao processo por fricção radial (FRW), representado pela Figura 3(b), pode ser observada a boa qualidade da junção soldada, conforme prevista pela literatura, formando-se a chamada “aba” de junção e as regiões de aquecimento da operação em ambos os lados da solda.

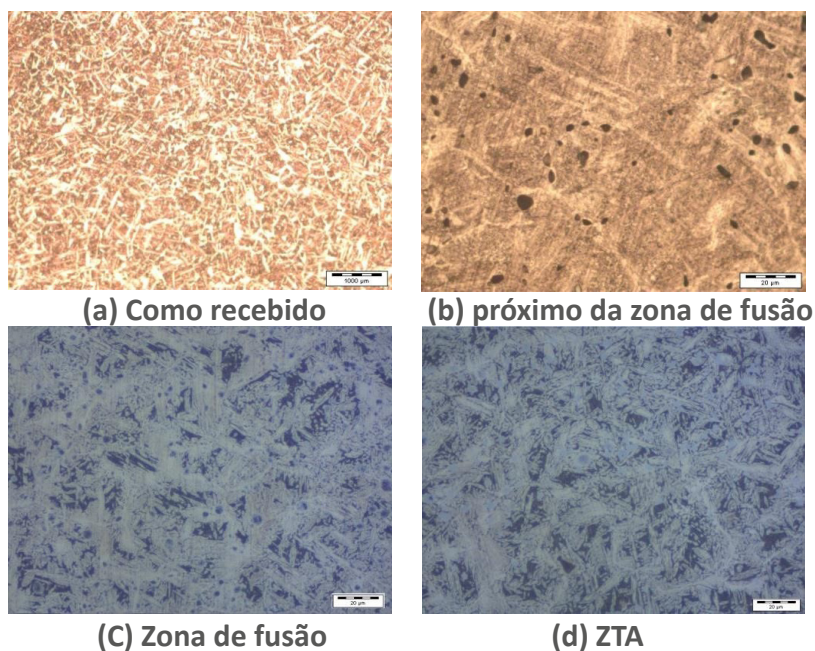
Figura 3 - Corpos de prova soldado pelos processos GTAW(a) e FRW(b).



Fonte: Próprio autor.

As imagens da Figura 4 representam o material como recebido (a) e soldado pelo processo FRW, conforme citado nos materiais e métodos. Trata-se de um processo metalográfico de difícil lixamento e polimento, onde o reagente utilizado foi o tetracloreto férrico.

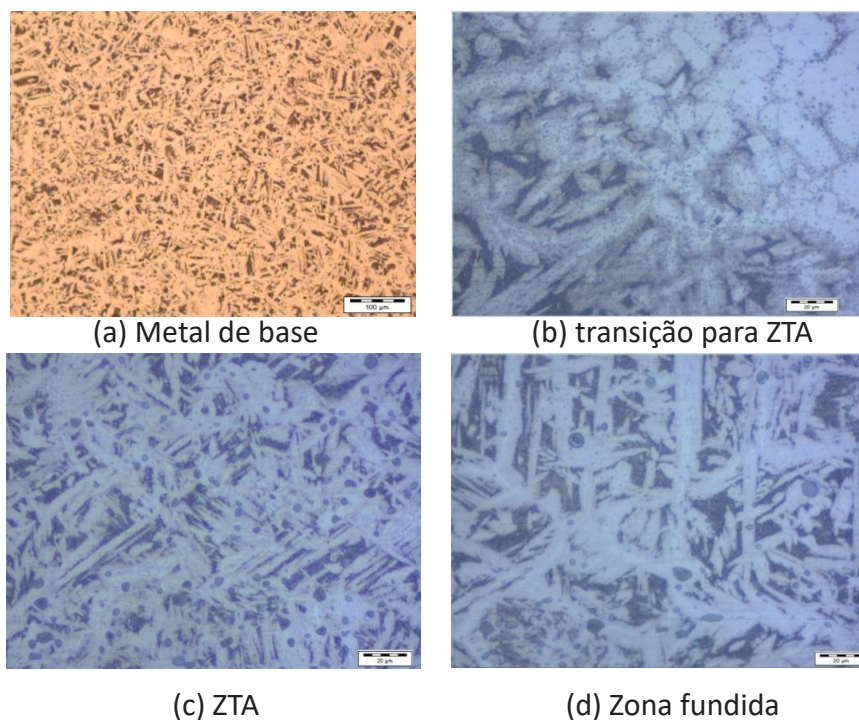
Figura 4 - Imagens reveladas da amostra da barra como recebida e soldada pelo processo FRW, ataque com cloreto férrico.



Fonte: próprio autor (2019)

As imagens da Figura 5 com relação ao processo GTAW, foram obtidas das regiões do metal de base, zona de transição, zona fundida e ZTA.

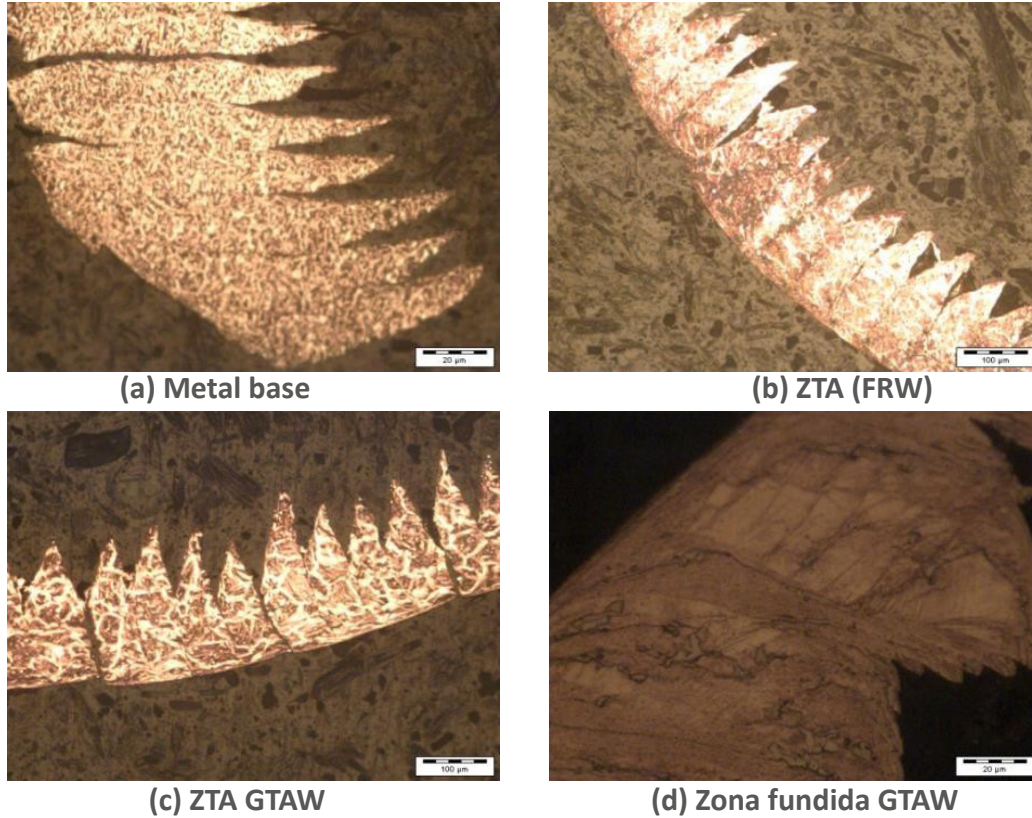
Figura 5 - Imagens da amostra soldada pelo processo GTAW.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 6 (a - d) representa o formato e a morfologia por cisalhamento dos cavacos após os processos de usinagem das soldas feita pelo processo de soldagem FRW, GTAW e metal base.

Figura 6 - Cavacos dos processos de soldagem

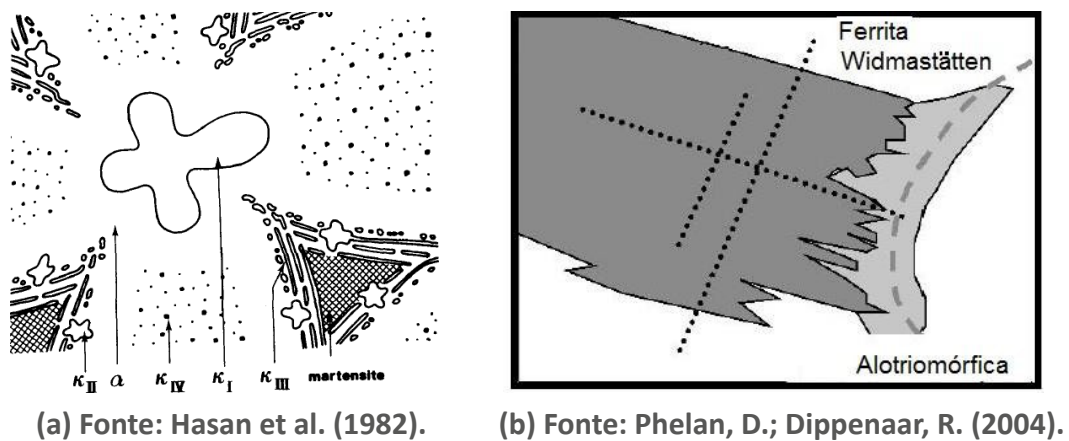


Fonte: Próprio autor (2019).

DISCUSSÃO

Segundo Hasan et al. (1982), na Figura 7 pode-se observar as microestruturas da imagem (a) que são os possíveis componentes em uma liga típica de bronze de alumínio.

Figura 7 - Microconstituintes possíveis de uma liga típica de bronze de alumínio.



(a) Fonte: Hasan et al. (1982).

(b) Fonte: Phelan, D.; Dippenaar, R. (2004).

Ao analisar a imagens (a) da Figura 4 pode fazer uma análoga comparação com a imagem da Figura 7(a), observando-se as fases α (região mais clara) e β (região mais escura), e apresenta também regiões martensíticas ou fase β' . É visível também os precipitados tipo κ_{IV} . A fase α pode ser constituída de apenas Cu-Al, para menos de 10% de alumínio, onde se trata da fase mais dúctil da liga. A fase β pode ser transformada na fase martensítica, que pode ter acontecido nesta liga fundida. Os precipitados encontrados da fase tipo κ_{IV} são segundo Cook, et al. (1952), de Fe_3Al , com parâmetro de rede em torno de $5,77 \pm 0,06$ Ångstron e também uma morfologia equiaxial ou romboédrica. Não foram analisadas aqui as orientações dos precipitados, porém pelo fato de ser equiaxial pode ajudar no processo de conformação do próprio material e automaticamente pode influenciar no processo de soldagem por fricção. Ainda segundo o autor, os precipitados tipo κ_{II} e κ_{IV} são similares na composição substancial, porém se diferem na geometria principalmente pelo tamanho, nas imagens apresentadas e pode ser visualizadas alguns precipitados tipo κ_{II} , principalmente na imagem (b) e (c) das Figuras 4 e 5. Esses precipitados são responsáveis pelo endurecimento da liga, e ajudam na resistência ao desgaste, teoricamente aumenta o fator atrito por serem componentes intermetálicos. Dependendo da orientação dos precipitados, aqueles que não estão em contato direto com outra parte na fricção, ou seja, as orientações $[x, y, z]_{\kappa}$ paralelas com a orientação da matriz $[x, y, z]_{\alpha}$, refletem na deformação ou no movimento dos planos de discordâncias provocadas pela ação do torque na hora da soldagem próxima a zona de fusão.

Com relação às imagens da Figura 5 pode se observar as fases α Widmanstätten que neste caso é um produto da transformação da fase β em planos cristalográficos provenientes do resfriamento, fase κ que são as regiões mais escuras e seus precipitados. Com relação à fase α Widmanstätten são provenientes das fases α alotriomórfica pré-existente, que neste caso também é observado na matriz. Para que isso seja comprovado à imagem (b) da figura 7 pode ser relacionado, porém essas imagens são de outro material, porém a morfologia pode ser correlacionada além de um diagrama também de outro trabalho. Com relação à zona fundida do processo GTAW, revelou-se uma microestrutura em forma de ripas ou dendríticas provocado pelo resfriamento mais rápido, situação normal de soldagem por processo de fusão. Por se tratar de um eletrodo de bronze com alta concentração de cobre e pouco estanho, a micrografia revela pouca quantidade de precipitados.

As imagens da Figura 6 revelam os cavacos do processo por fricção, à imagem (a) mostra os cavacos forma intermediária, ou seja, entre o contínuo e frágil, essa forma intermediária revela a dureza também propriedade intermediária entre os materiais dúcteis como o alumínio e cobre puros para com materiais frágeis como o ferro fundido. A forma serrilhada dos cavacos seguem a risca os tipos de cavacos cisalhantes. A imagem (a) da Figura 6 provém da região não soldada, ou seja, do metal base, esse tipos característico segue semelhante às cavacos gerados das ligas de cobre. A imagem (b) com ataque tetracloreto férrico, pode-se observar com relação às fases a mesma morfologia da amostra do material, porém com uma observação a destacar, que na região próxima a zona de fluxo ou de contato com a superfície de saída ferramenta uma concentração maior da fase β' , tornando uma região provavelmente mais dura ajudando o processo da quebra do cavaco, pode observar também uma aglomeração destas fases esta presente nas regiões de contorno das lamelas dos cavacos em relação ao plano de cisalhamento do mecanismo de formação do cavaco.

As imagens (c) e (d) da Figura 6 representam os cavacos da região afetada termicamente, por se tratar de uma região de transição, seria com certeza diferente dos cavacos analisados anteriormente e realmente foi o que ocorreu com relação ao tipo de cavaco, e se apresentou um comportamento perto de um material frágil, ou seja, fragmentado a forma de cavaco mais curto. Com relação as fases apresentadas ou sua morfologia também se mostrou diferenciado, pode se observar um entrelaçamento das fases α nas fases martensíticas, este tipo de morfologia não foi encontrado em nenhum outro material para que pudesse efetivamente comparar, situação atípico da morfologias dos materiais. Pode ser observado também na zona de fluxo entre a ferramenta e a parte lisa dos cavacos em que a fratura dos cavacos ocorreu em região com maior concentração das fases α , sendo ela mais dura e menos resistente a deformação cisalhante.

CONCLUSÃO

O presente trabalho pode contribuir para o melhor entendimento dos processos de soldagem por fricção radial, pois com os devidos procedimentos adotados pode se chegar a uma soldagem próxima do ideal, com zona termicamente quase inexistente e completa difusão entre as duas peças. Por meio das análises micrográficas das peças soldadas e dos cavacos gerados pode observar que

tanto a morfologia e as fases ficaram diferentes. O processo por fricção autógeno se mostrou com poucas variações na homogeneidade das fases e da geometria do cavaco.

No processo GTAW foi possível executar o processo de soldagem e a análise metalográfica, apesar da dificuldade de se conseguir um eletrodo próximo à liga, porém como todo processo de soldagem por fusão apresentou uma zona termicamente afetada e seguiu a mesma tendência no estudo do cavaco.

Para continuar o processo da validação do sistema de soldagem GTAW e FRW para trabalhos futuros, estão em andamento avaliação das medidas de microdureza nas fases da peça e dos cavacos, análises de composições químicas das fases, pois isto teve relação direta com a dureza e a morfologia dos cavacos.

REFERÊNCIAS

Aluminium Bronze Alloys Corrosion Resistance Guide, **Copper Development Association**, Publication N° 80, JUL, p. 30, 1981.

Welding, Brazing and Soldering, **ASM Handbook**, v. 6, 2873 p., 1990.

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da Usinagem dos Metais**, Editora artliber, são paulo, 2000.

HASAN, F.; JAHANAFROOZ, A.; LORIMER, G. W.; RIDLEY N. **Metallurgical Transactions A.**, v. 13a, p. 1337- August 1982.

COOK, M.; FENTIMAN, W. P.; DAVIS, E. **J. Inst. M 80 Metals**, vol. 80; pp. 419-429, 1952.

PHELAN, D.; DIPPENAAR, R. Widmanstatten ferrite plate formation in low-carbon steels, **Metallurgical and Materials Transactions A - Physical Metallurgy and Materials Science**, 35 (12);3701-3706, 2004.