

EFEITO DO ADESIVO DE MICRO ESFERAS FENÓLICAS NA UNIÃO DO ALUMÍNIO UTILIZANDO FIBRA DE CARBONO

Estevão M. Costa, estevaomourac@gmail.com¹

Danilo Breda, d_breda@yahoo.com.br¹

Tiago Vieira da Cunha, t.cunha@ufsc.br¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, campus Joinville, R. Dr. João Colin, 2700 - Santo Antônio, Joinville - SC, CEP: 89218-035,

Resumo: No presente trabalho a resistência mecânica de uniões de alumínio utilizando fibra de carbono, resina epóxi e micro esferas fenólicas foram analisadas. Para tanto, foram produzidas peças em alumínio conforme a norma ASTM E8/E8M – 15a, porém, cortados no centro. Foram então produzidos corpos de prova para ensaios de tração a partir da união destas peças utilizando fibra de carbono com e sem massa de micro esferas fenólicas em epóxi. Os resultados foram comparados com resultados disponíveis na literatura para uniões obtidas no processo TIG em condições semelhantes às empregadas no presente trabalho. Foi observado que a resistência da união pode ser próxima ao do processo TIG, sem interferir na micro estrutura do alumínio.

Palavras-chave: União, Alumínio, Resina Epóxi, Micro Esferas Fenólicas, Resistência a Tração

1. INTRODUÇÃO

Com a preocupação da redução de peso nas indústrias veiculares, a demanda por inovação dos materiais tem aumentado e, com isso, materiais de ligas de alumínio, fibra de carbono e compósitos em geral têm sido usados com maior frequência. Ligas de alumínio possuem considerável resistência, boa formabilidade e proporcionam leveza ao conjunto montado. A fibra de carbono, por sua vez, apresenta elevados valores de resistência à tração, módulo de elasticidade elevado, baixa massa específica e são utilizadas predominantemente em aplicações críticas envolvendo redução de massa (LEBRÃO, 2016). Tais materiais foram aplicados na construção dos protótipos da equipe EFICEM, da UFSC- Joinville. Como as carenagens dos protótipos são confeccionadas em fibra de carbono e, por outro lado, o sistema de direção, apoio das rodas e suportes do cinto de segurança são de alumínio, a união entre fibra de carbono e alumínio é fundamental na fabricação.

A utilização de compósitos em engenharia, assim como qualquer nova tecnologia de material, teve que vencer as barreiras das tecnologias consolidadas, no caso, a mentalidade de projeto de componentes metálicos (ANGELICO, 2009). Portanto, previsões dos compósitos ou critérios de falha ainda não são totalmente dominados, o que torna os cálculos mecânicos um desafio.

O objetivo do presente trabalho é obter a informação quanto a resistência mecânica de um tipo de união entre alumínio e fibra de carbono a fim de comparar com outros tipos de uniões e servir base para projetos que possam fazer uso desta união. Além de verificar o uso de micro esferas como adesivo na indústria de embarcações de lazer e com poucos dados encontrados pelos autores na literatura.

2. UNIÃO ADESIVA ENTRE MICROESFERAS DE FENÓLICAS, FIBRA E RESINA

Micro esferas com resina consiste numa massa resistente à base de resina epóxi e micro esferas fenólicas. Este sistema pode ser utilizado em quaisquer aplicações em que se necessite um material nobre com as seguintes propriedades: baixa densidade, boa aderência, alto isolamento termo-acústico, facilidade de lixamento, facilidade de corte, excelente resistência ao impacto, boa resistência química, boa resistência térmica e baixo índice de contração (EPOXY FIBER, 2016).

Poucos trabalhos sobre o adesivo de micro esfera com resina são encontrados na literatura. Dentre estes poucos trabalhos, tem-se o de KIM e KHAMIS (2001) no qual foi realizada uma análise quanto a fratura e o impacto de amostras de micro esferas de fenólicas e resina epóxi. Este adesivo também é utilizado no método de construção naval Strip-Planking onde é feito o adesivo de micro esferas fenólicas com resina epóxi ou poliéster e utilizado na união entre espumas PVC, madeira e a fibra (NASSEH, 2007). Outra aplicação já citada é da equipe de competição Eficem. Por ter como objetivo construir protótipos que possuam eficiência energética a busca por uma carenagem mais leve faz com que o uso de materiais compósitos seja intensificado. A Figura (1) mostra o protótipo da equipe em uma competição em 2016.

As uniões utilizando o adesivo de micro esfera fenólica no protótipo da equipe podem ser observadas na Figura (2).



Figura 1. Componentes dos carros da equipe EFICEM unidos com fibra de carbono, micro esferas fenólicas e resina epóxi. Fonte: O autor (2016).



Figura 2. Componentes dos carros da equipe EFICEM unidos com fibra de carbono, micro esferas fenólicas e resina epóxi. Fonte: O autor (2016).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram feitas oito amostras para o ensaio de tração. A dimensão das amostras foi baseada na Standard Specimens Sheet-Type, 12.5 mm da norma para amostras de metal ASTM (ASTM, 2015).

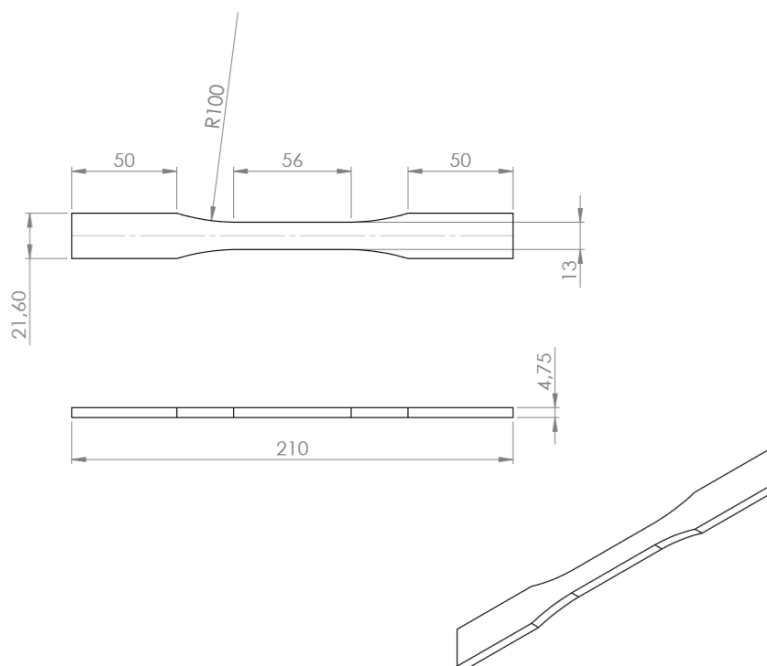


Figura 3. Desenho 2D do corpo de prova. Fonte: O autor (2016).

A liga de alumínio utilizada foi a AlMgSi 6351 cuja composição química está apresentada Tabela (1).

Tabela 1. Informações técnicas do Alumínio 6351. Fonte: ALUMICOPPER

Liga	Silício	Ferro	Cobre	Manganês	Magnésio	Zinco	Titânio	Outros (cada)
AlMgSi-6351	0,7-1,3	0,5	0,1	0,4-0,8	0,4-0,8	0,2	0,2	0,05

Foram utilizados pedaços de tecido de fibra de carbono, gramatura 200g/m², trama biaxial 0° / 90°. Em cada lado da união foram utilizados dois pedaços de fibra de carbono, sendo assim, 4 pedaços de tecido para cada amostra. Foram utilizados 15 mm de largura e 65 mm de comprimento para cada pedaço de tecido, totalizando aproximadamente 0,2 gramas de fibra de carbono por amostra.

3.1. Preparação da amostra

Os corpos de prova foram obtidos a partir de chapas com o corte pelo processo a laser e em seguida foram cortadas ortogonalmente na metade do seu comprimento. Para melhorar a aderência da fibra e resina na amostra, as faces foram lixadas num comprimento de 65 mm, parte onde a fibra, a resina e a massa entrariam em contato. Foram utilizadas lixas de gramatura 220 e 320, respectivamente Figura (4).

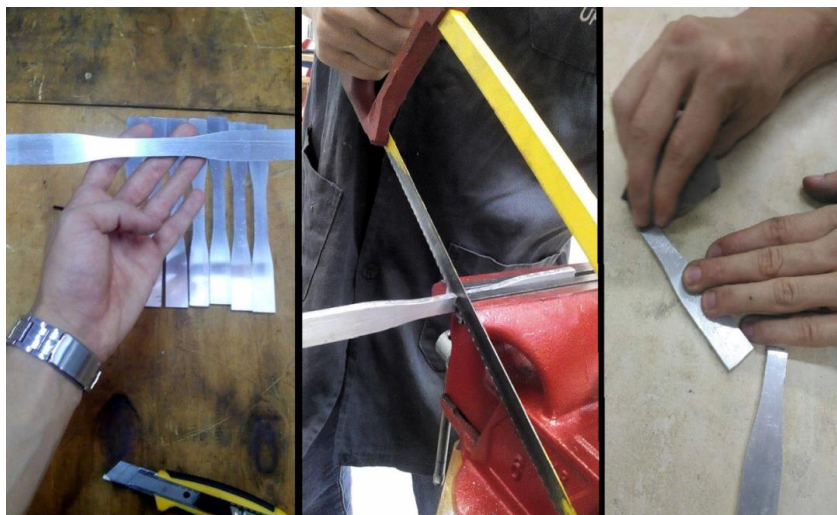


Figura 4: Corte transversal das amostras e, em seguida, lixamento das faces. Fonte: O autor (2016).

3.2. Laminação

Dois tipos de amostras foram ensaiados, quatro amostras para cada tipo de união. O primeiro tipo foi usado somente fibra de carbono laminada manualmente com resina epóxi.

No segundo tipo de união foi utilizado a massa de micro esfera fenólica (20% da massa) com resina epóxi (80% da massa) e fibra de carbono laminado manualmente também com resina epóxi. Neste segundo tipo foi passada primeiramente a massa ao redor da amostra ao longo dos 65 mm do corpo. Depois de deixar uma fina camada de massa com aproximadamente 0,5 mm em todos os lados da amostra a fibra foi colocada e laminada manualmente com a resina.

As uniões foram realizadas no Laboratório de Modelos da UFSC–Joinville em cima de uma lâmina de vidro, para conferir um melhor acabamento superficial.

Depois de laminado e curado foram cortada as rebarbas de massa e fibra de carbono nas laterais das amostras usando esmerilhadeira deixando os compósitos rente ao alumínio para ter aproximadamente a mesma área de seção transversal Figura (5).

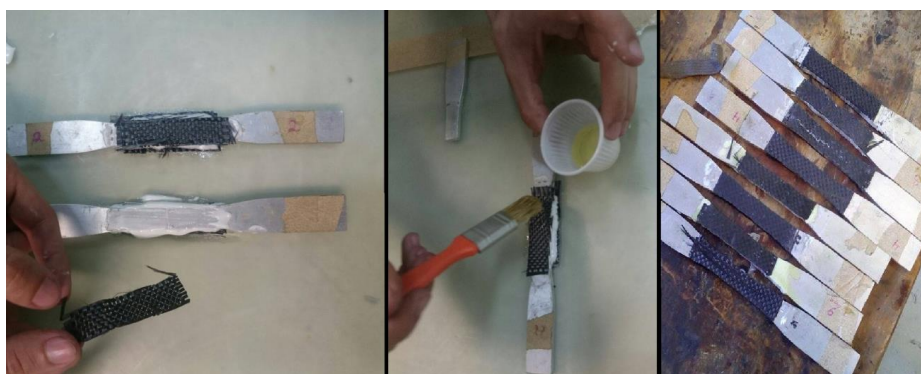


Figura 5. Laminação das amostras com fibra de carbono, resina e massa. Fonte: O autor (2016).

3.3. Teste de tração

Os ensaios de tração foram realizados numa máquina modelo SINTECH 10 D (Figura 6). A velocidade de ensaio foi no intervalo entre 5 mm/min a 8 mm/min. Durante os ensaios uma amostra falhou facilmente, por serem amostras feitas em um processo manual erros podem ocorrer, então foi desconsiderado no trabalho o valor desta amostra.



Figura 6. Máquina utilizada para realização dos ensaios. Fonte: O autor (2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No gráfico da Figura (7) são apresentadas as tensões de ruptura e a média das amostras. Foi observado que as amostras contendo massa de micro esferas tiveram um desempenho em tração superior em comparação às sem microesferas.

Outro fator que pode ser observado é a aderência entre o compósito e o alumínio são superiores quando usadas microesferas (Figura (9)), enquanto que para os corpos de prova unidos sem micro esferas houve o descolamento da fibra em todos os corpos de prova sem romper a fibra obtendo valores inferiores de tração (Figura (8)). As amostras com micro esferas falharam a fibra, intuitivamente por a fibra possuir alta resistência à tração pode se afirmar que as amostras que romperam a fibra obtiveram maiores valores de tensão de ruptura. Esta observação pode ser verificada nos valores da Tabela (2).

Tabela 2. Resultados do Ensaio, Fonte: O Autor (2017)

Amostra	Análise da amostra após o ensaio	Tensão de Ruptura [MPa]
Sem Massa de Micro Esferas		
1	Descolou os dois lados	53,43
2	Descolou os dois lados	57,73
3	Descolou os dois lados	51,68
4	Desconsiderada por falha da amostra	-
Com Massa de Micro Esferas		
1	Rompeu a fibra nos dois lados	86,51
2	Rompeu a Fibra em um lado e descolou outro	61,39
3	Rompeu a Fibra em um lado e descolou outro	74,74
4	Descolou os dois lados	58,52

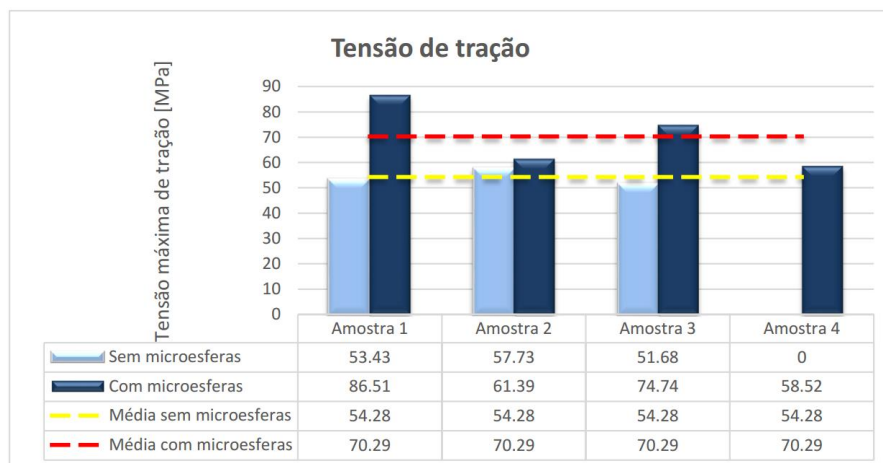


Figura 7. Tensões observadas nos corpos de prova no ensaio de tração. Fonte: O autor (2016).



Figura 8. União de fibra de carbono sem micro esferas fenólicas. Amostras 1, 2 e 3 da esquerda para direita. Fonte: O autor (2016).

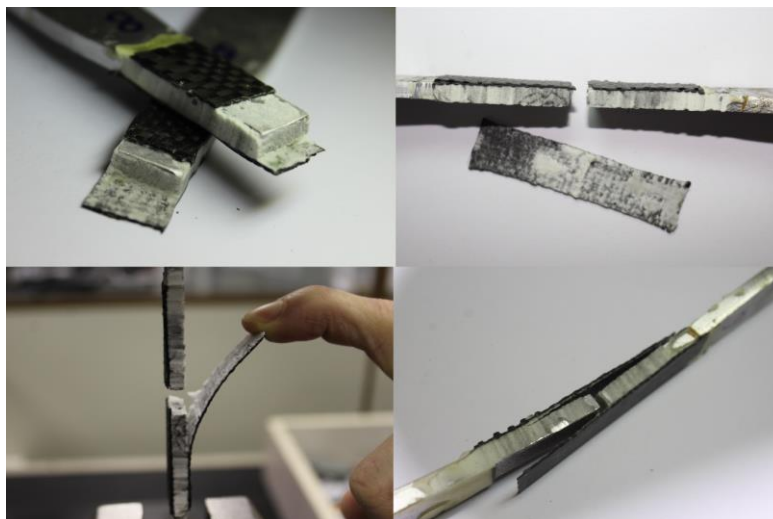


Figura 9. União com micro esferas fenólicas: Amostras 1 lado esquerdo superior, 2 lado direito superior, 3 lado esquerdo inferior e 4 lado direito inferior. Fonte: O autor (2016).

Na Tabela (3) observamos dados obtidos por Kumar e Sundarajan (2009) para ensaio de tração em corpos de prova de liga de alumínio 5456 unido pelo processo TIG pulsado. Comparando estes resultados de tensão de ruptura com os obtidos neste trabalho observa-se que com o processo TIG a resistência foi significativamente maior. A quantidade de camadas de fibra de carbono utilizadas na concepção dos corpos de prova poderia ser maior possibilitando uma união de mais resistência.

Outro fator que poderia melhorar os valores de resistência de união das amostras deste trabalho seria diminuir a área da seção transversal. No trabalho de Kumar e Sundarrajan esta área é de 26,85mm² (KUMAR e SUNDARRAJAN; 2009); enquanto deste trabalho foi de 61,75mm² (2,3 vezes maior), ou seja, para uma mesma força de união em duas amostras com áreas diferentes a tensão de ruptura será superior na amostra de área menor.

Outro importante ponto é a orientação das fibras. Na confecção das amostras foi utilizada fibra com trama 0° / 90° de orientação, conforme pode ser observadas na Figura (10), porém é conhecido de que a principal tensão suportada pela fibra de carbono neste teste de tração é a tensão na direção 0°, dessa forma as fibras orientadas com 90° não desempenham um papel tão importante para a resistência. Então utilizando uma trama unidimensional direção 0° a resistência da fibra seria mais eficiente.

Tabela 3. Informações técnicas do Alumínio 6351. Fonte: (KUMAR, A. 2009).

Identificação da Amostra	Tensão de Ruptura [Mpa]	
	Tentativa 1	Tentativa 2
Amostra 1	265	260
Amostra 2	275	260
Amostra 3	245	250
Amostra 4	260	255
Amostra 5	280	286
Amostra 6	260	265
Amostra 7	250	258
Amostra 8	275	270

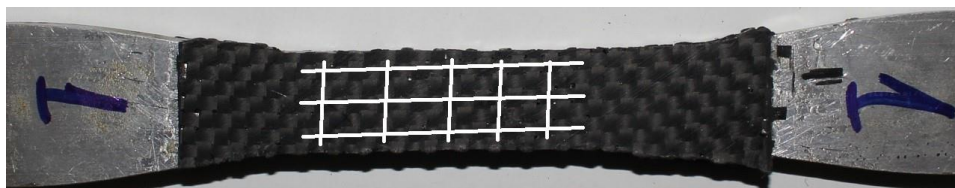


Figura 10. Detalhe da orientação das fibras, as linhas brancas estão sobre a malha nas duas direções principais de orientação 0 e 90 graus. Fonte: O autor (2016).

A amostra 4, com micro esferas, obteve um valor abaixo de resistência e não falhou a fibra do mesmo modo que a amostras com microesferas. Pode-se atribuir esta inferioridade, a falha do processo manual na confecção dos corpos de prova. Destaca-se ainda o fato de que o processo manual agrega diversas fontes de variação. Também é conhecido que a relação resina fibra no processo manual é maior o que deixa a amostra mais frágil do que processos de laminação a vácuo. Para isso é necessário ter o máximo de cuidado e controle das variáveis na confecção da união a fim de que essas sejam uniformes e apresentem as mesmas características de aderência ao corpo de prova.

No método de construção naval Strip-Planking, citado anteriormente, a união acontece entre espuma PVC, madeira e fibra. Já no caso da equipe de competição Eficem a união acontece entre o alumínio e a carenagem de fibra. Neste trabalho a união foi feita na pior condição, ou seja, duas partes de alumínio unidas com compósitos. Entende-se que a afinidade molecular da união de uma peça de compósito com outra de metal é maior do que a afinidade molecular da união testada neste trabalho.

Finalmente, nesses ensaios foi possível verificar parâmetros de resistência da fibra de carbono assim como de aderência da matriz epóxi com e sem micro esferas fenólicas ao alumínio.

5. CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho pode-se concluir que:

- Com os testes realizados pode-se ter uma ideia da magnitude da resistência mecânica da união entre duas partes de alumínio utilizando fibra de carbono criando um dado útil para projetos de peças híbridas;
- Os valores obtidos nos testes são inferiores a união do processo TIG, porém em casos específicos de união entre compósitos e metal esta união é promissora na aplicação como, por exemplo, na aplicação da Equipe Eficem;
- Foi provado que a massa de micro esferas fenólicas aumentou a aderência da fibra de carbono no alumínio, aumentando a resistência da união, dado até então desconhecido pelos autores;

- A massa de micro esferas é bastante utilizada na construção naval, então este trabalho provou a eficácia do uso desta massa em aplicações adesivas.

6. AGRADECIMENTOS

À empresa Whirlpool S.A. pela realização dos testes de tração. Ao Laboratório de Modelos da UFSC- Joinville por fornecer o espaço de trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- ALUMICOPPER Disponível em: <http://www.alumicopper.com.br/produtos_aluminio_6351.html>; Acesso em: 06 jun.2016
- ANGELICO, R. A. Dissertação apresentada na escola de Engenharia de São Carlos, na USP. Avaliação de modelos de falhas progressivas para estruturas em material compósito. P.105, São Carlos, mar. 2009. 10. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18148/tde-05072010-132751/publico/AngelicoRA.pdf>> Acesso em: 06 jun. 2016
- ASTM, Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials, 2015.
- EPOXY FIBER, Disponível em: <<http://www.epoxyfiber.com.br/site/produtos/resina-epoxy-nautica>>; Acesso em: 06 jun. 2016
- KIM H. S.; KHAMIS M. A. Fracture and Impact Behaviours of Hollow Micro-Sphere/Epoxy Resin Composites. Department of Mechanical Engineering, The University of Newcastle, Callaghan, NSW 2308, Australia Revised 10 April 2001, Accepted 4 June 2001, Available online 30 August 2001.
- KUMAR, A.; SUNDARRAJAN, S. Optimization of pulsed TIG welding process parameters on mechanical properties of AA 5456 Aluminum alloy weldments. Warangal: Elsevier, 2009.
- LEBRÃO, Guilherme Wolf. FIBRA DE CARBONO. Revista Plástico Sul, São Paulo, out. 2008. Disponível em: <<http://maua.br/files/artigos/artigo-fibra-de-carbono-prof.-guilherme.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2016.
- NASSEH, J. Barcos- Métodos Avançados de Construção em Composites. Jorge Nasseh, Rio de Janeiro, 2007
- Y.C. Chen* and K. Nakata. Friction Stir Lap Joining Aluminum and Magnesium Alloys Joining and Welding Research Institute, Osaka University, 11-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567-0047, Japan Received 26 September 2007; revised 16 October 2007; accepted 18 October 2007 Available online 26 November 2007.

EFEITO DO ADESIVO DE MICRO ESFERAS FENÓLICAS NA UNIÃO DO ALUMÍNIO UTILIZANDO FIBRA DE CARBONO

Estevão M. Costa, estevaomourac@gmail.com¹
Danilo Breda, d_breda@yahoo.com.br¹
Tiago Vieira da Cunha, t.cunha@ufsc.br¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, campus Joinville, R. Dr. João Colin, 2700 - Santo Antônio, Joinville - SC, CEP: 89218-035,

Abstrat: In this paper the mechanical strength of aluminum bonded using carbon fiber, epoxy resin and phenolic microspheres were analyzed. For this analyzed, aluminum specimen were produced according to ASTM E8 / E8M - 15a, but cut in the center. These specimens were joined using carbon fiber with and without mass of epoxy phenolic microspheres for tensile test. The results were compared with the available results in the literature for TIG process unions under similar conditions of the present work. It was observed that the bond strength may be close to the TIG process, without interfering the micro structure of the aluminum.

Palavras-chave: Union, Aluminum, Epoxy Resin, Phenolic Microspheres, Strength

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos no seu trabalho.