

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UMA JUNTA ADESIVA ANTES E APÓS TRATAMENTO SUPERFICIAL *

Michelle Souza Oliveira¹

Fabio Da Costa Garcia Filho²

Luana Cristyne Da Cruz Demosthenes³

Sergio Neves Monteiro⁴

Resumo

Juntas adesivas têm sido consideradas como potenciais substitutos a juntas mecânicas tradicionais, tais como parafusos, rebites e solda. As juntas adesivas apresentam diversas vantagens a respeito de propriedades, custos, designs e entre outros que estimulam a sua aplicação. Apesar das vantagens consideradas, alguns pontos a relacionados às características superficiais dos materiais a serem unidos tem papel de destaque, entre eles a rugosidade e limpeza da superfície. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de um simples tratamento superficial no comportamento mecânico das juntas produzidas. A investigação foi conduzida com base na norma ASTM 1002-05. Foi observado que o tratamento superficial resultou em um aumento de quase quatro vezes na carga suportada pela junta, em comparação àquela sem tratamento superficial. Por outro lado, o modo de falha observado para ambas às condições foi a mesma, uma mistura de falha coesiva e adesiva.

Palavras-chave: Juntas adesivas; Adesivo epóxi; Tratamento superficial.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF AN ADHESIVE JOINT BEFORE AND AFTER SURFACE TREATMENT

Abstract

Adhesive joints have been considered as potential substitutes for traditional mechanical joints, such as screws, rivets, and solder. Adhesive joints have several advantages such as properties, costs, designs and among others that stimulate their application. Despite the advantages considered, some points related to the surface characteristics of the materials to be joined play an important role, among them surface roughness and cleanliness. In this way, the objective of this work was to evaluate the influence of a simple surface treatment on the mechanical behavior of the joints produced. The investigation was conducted in accordance to ASTM 1002-05. It was observed that the surface treatment resulted in an increase of almost four times in the load achieved by the joint when compared to that without the surface treatment. On the other hand, the failure mode observed for both conditions was the same, a mixture of cohesive and adhesive failure.

Keywords: Adhesive Joint; Epóxi adhesive; Surface treatment.

¹ Engenheira Civil, Mestrando em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

² Engenheiro de Materiais, Mestrando em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

³ Engenheira Civil, Mestrando em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

⁴ Engenheiro Metalúrgico, Ph.D em Materials Science and Engineering, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a utilização de juntas adesivas tem obtido uma crescente participação como solução para montagem de componentes de diversos ramos da indústria, tais como o setor aeronáutico, automotivo, petrolífero offshore e entre outros [1-6]. Tradicionalmente, componentes metálicos são unidos por juntas mecânicas como parafusos, rebites e soldas, mas a utilização de uma junta adesiva para união de componentes metálicos apresenta diversas vantagens. Fatores como redução da concentração de tensão, a capacidade de unir as superfícies de materiais diferentes, resistência à fadiga superior, excelente razão resistência / peso, custo de processamento reduzido além de excelentes propriedades elétricas e térmicas são as razões para o uso desse tipo de junta.

Entre os adesivos utilizados com a finalidade de junção de peças metálicas, o epóxi é um dos mais amplamente empregados por apresentar características tais como boas propriedades mecânicas como resistência à tração e módulo de elasticidade, altas propriedades anticorrosivas, baixo encolhimento bem como a ausência de subprodutos durante a cura, boa resistência química, resistência ambiental, estabilidade dimensional e alta adesão [7-13]. Por outro lado, a natureza frágil deste polímero pode ser considerada um fator limitante uma vez que tal natureza vai impactar diretamente na resistência a propagação de trincas neste material [14-16]. Mais ainda aspectos superficiais são de suma importância para o desempenho dessas juntas adesivas, fatores como rugosidade e contaminação da superfície contaminação da superfície com graxas, óleos, poeira bem como camadas de óxido de metal vão ser determinantes para a eficiência dessas juntas adesivas [17-22]. Em termos de modo de falha de juntas adesiva é possível identificar dos casos limites, àquele em que a superfície falha, que é chamado de falha adesiva, e àquele em que o adesivo falha, chamado de falha coesiva. A Figura 1 apresenta esquematicamente esses dois modos de falha.

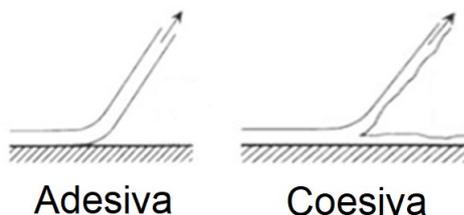


Figura 1 – Possíveis modos de falha em juntas adesivas.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi investigar a influência de um simples tratamento de superfície através de limpeza e aumento da rugosidade, no comportamento adesivo desta junta. O mesmo adesivo epóxi foi empregado em duas condições diferentes. Na primeira condição foi realizada a limpeza da superfície com álcool bem como jateamento de areia, enquanto que para segunda condição nenhum tipo de preparação foi feita.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Essa investigação foi baseada na norma ASTM/ D1002 – 05, que regulamente o método de teste para medida da resistência ao cisalhamento aparente de amostras de metal unidas por adesão (Metal-adesivo-metal) [23]. Duas abordagens de tratamento de superfície para as placas metálicas foram propostas neste trabalho e a Tabela 1 apresenta as características dessas condições.

Tabela 1 – Características das condições investigadas.

| Condição | Jateamento de areia | Limpeza com álcool 95° |
|----------|---------------------|------------------------|
| #01 | Sim | Sim |
| #02 | Não | Não |

A Figura 2 ilustra a preparação dos corpos de prova, foi utilizado um adesivo epóxi encontrado comercialmente em uma razão 50/50 com o endurecedor. A Fig.2 (a) mostra aplicação do adesivo na placa metálica, enquanto que a Fig.2 (b) mostra a montagem da junta adesiva. É importante destacar que a camada aplicada deverá ser espessa o suficiente de modo a promover a união dos componentes metálicos, mas ao mesmo tempo ser fina a fim de evitar que a espessura passe a influenciar negativamente as propriedades das juntas. Foi observado que a probabilidade de falha prematura em junções adesivas aumenta com o aumento da espessura da camada adesiva aplicada, devido à geração de vazios e microtrincas que comprometem a eficiência da junta adesiva [24-27]. Desta forma a configuração da junta foi preparada conforme ilustrado na Fig.2 (c).



Figura 2 – Preparação da junta adesiva nos componentes metálicos, (a) aplicação do adesivo, (b) montagem do componente e (c) ilustração esquemática da configuração da junta.

A cura do adesivo foi realizada a temperatura ambiente por 24h conforme indicado pelo fabricante do adesivo. Após o período de cura, as placas foram cortadas para obtenção dos corpos de prova, conforme apresentado na Figura 3. É importante destacar que o corte foi realizado em uma guilhotina para evitar que o calor gerado no corte das amostras pudesse de alguma forma influenciar a eficiência do adesivo.

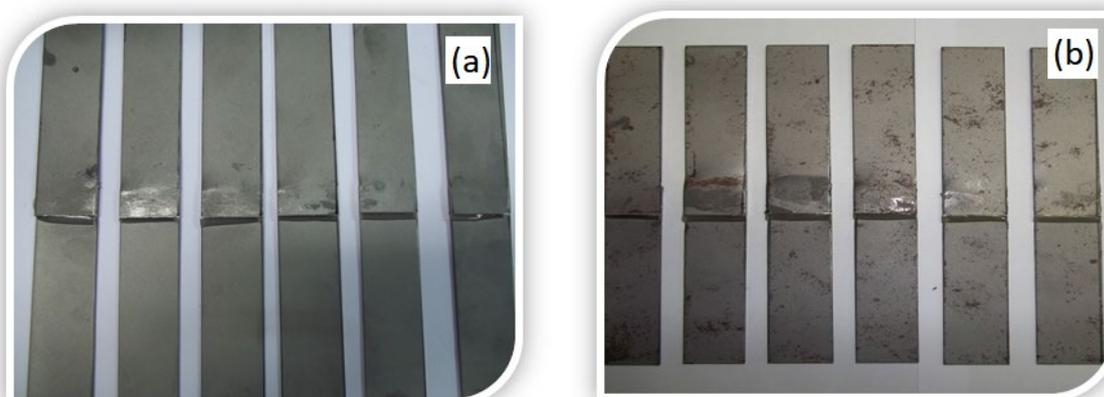


Figura 3 – Amostras preparadas após a cura (a) condição#01 e (b) condição#02.

É possível notar que a limpeza e jateamento reduziram significativamente os sinais de corrosão e impurezas, como apresentado na Fig.3 (a). Por outro lado, nas superfícies que não passaram por uma etapa de prévia de preparação é possível observar regiões com grande oxidação presente, Fig.3 (b).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 ilustra os resultados obtidos no ensaio das juntas produzidas. É possível notar que as amostras que foram produzidas com as placas que tiveram sua superfície previamente preparadas, condição#01 (Fig.3 (a)), exibiram uma resistência mecânica maior do que a condição sem tratamento, condição#02 (Fig.3 (b)). Mais ainda, foi observado que os maiores valores obtidos para cada uma das condições diferem em quase quatro vezes. Isso indica uma eficiência muito maior para a condição com tratamento de superfície.

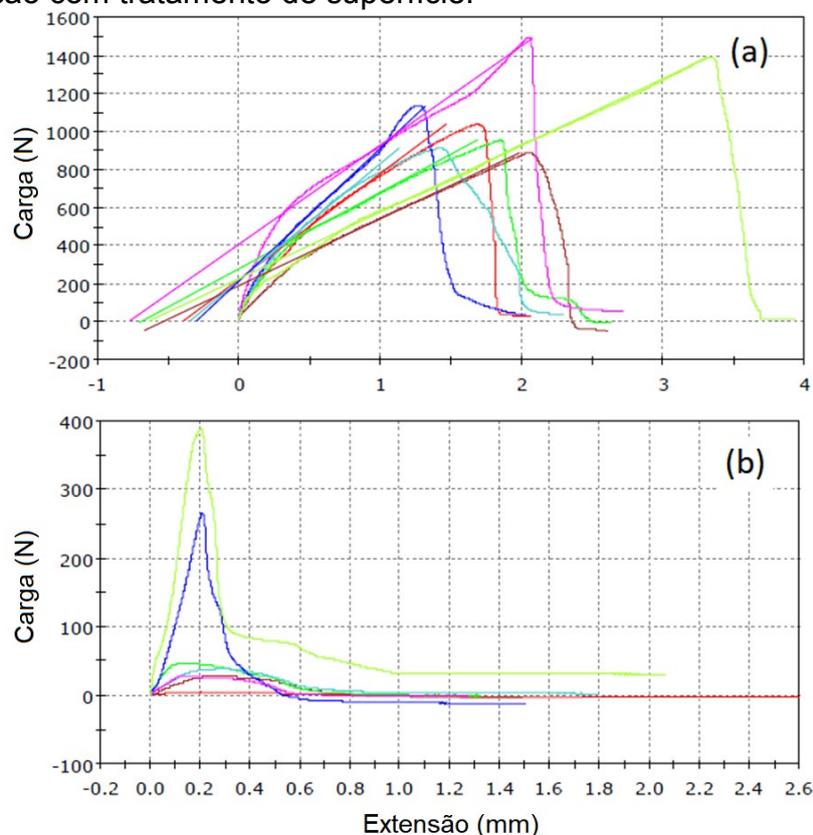


Figura 4 - Resistência à tração da amostra (a) com tratamento de superfície e (b) sem tratamento.

A Figura 5 apresenta o aspecto macroscópico de ambas às condições estudadas. Apesar de uma grande diferença no comportamento mecânico exibido para as duas condições não foram observadas diferenças no modo de falha. Em vez de termos as condições limites de falha adesiva ou coesiva, o que se observou foi uma mistura desses dois modos de falha, isto é, regiões onde a falha coesiva pode ser verificada e regiões em que o mecanismo de falha adesiva é observado.

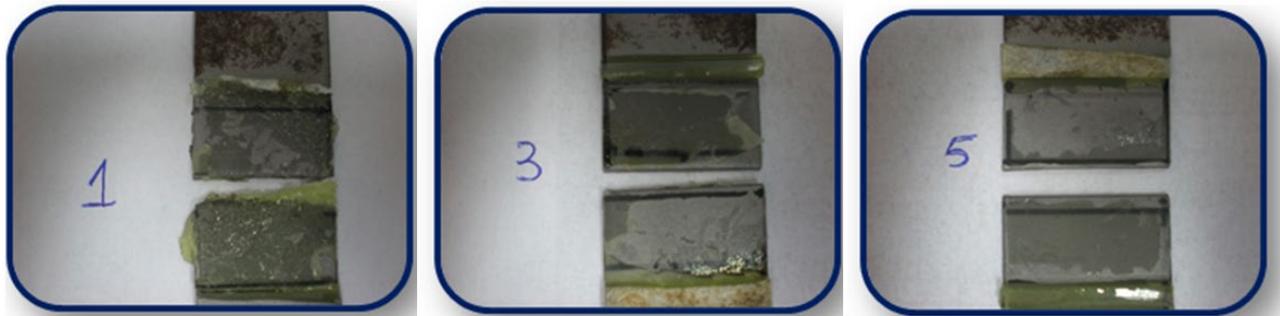


Figura 5 – Aspecto macroscópico da falha

4 CONCLUSÃO

- A simples preparação da superfície, consistindo de limpeza e jateamento de areia, teve um grande impacto na resistência mecânica da junta adesiva, com uma carga máxima quase quatro vezes maior para o material com preparação de superfície sobre o sem preparação.
- Sobre o modo de falha, o que foi observado foi uma mistura de falha adesiva e coesiva para ambas as condições.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio das agências brasileiras: CNPq, FAPERJ e CAPES para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 Adams RD, Comyn J, Wake WC. Structural adhesive joints in engineering. Springer Science & Business Media; 1997.
- 2 Jarry E, Sheno RA. Performance of butt strap joints for marine applications, International journal of adhesion and adhesives 2006; 26(3): 162–76.
- 3 Cowling MJ. A review of adhesive bonding for offshore structures. Health and Safety Executive 1997.
- 4 Li L, Morris JE, Reliability and failure mechanism of isotropically conductive adhesive joints, in Electronic components and technology conference, 1995.
- 5 Rusannen O, Lenkkeri J. Thermal stress induced failures in adhesive flip chip joints. International journal of microcircuits and electronic packaging 1999; 22(4): 363–9.
- 6 Dudek R, Berek H, Fritsch T, Michel B. Reliability investigations on conductive adhesive joints with emphasis on the mechanics of the conduction mechanism. IEEE Transactions on components and packaging technologies 2000; 23(3): 462–9.
- 7 Petrick RA. Design and ageing of adhesives for structural adhesive bonding – a review. Proc Inst Mech Eng Part L J Mater Des Appl 2014; 229: 349–79. DOI:10.1177/1464420714522981.
- 8 Wei J, Tam L, Lau D. Atomistic study of interfacial creep behavior in epoxy-silica bilayer system. Compos B Eng 2018; 132: 229–36.
- 9 Marques EAS, Da Silva LFM, Flaviani M. Testing and simulation of mixed adhesive joints for aerospace applications. Compos B Eng 2015; 74: 123–30. DOI:10.1016/j.compositesb.2015.01.005.
- 10 Vietri U, Guadagno L, Raimondo M, Vertuccio L, Lafdi K. Nanofilled epoxy adhesive for structural aeronautic materials. Compos B Eng 2014; 61: 73–83. DOI: 10.1016/j.compositesb.2014.01.032.

- 11 Liu S, Chevali VS, Xu Z, Hui D, Wang H. A review of extending performance of epoxy resins using carbon nanomaterials. *Compos B Eng* 2018; 136: 197–214.
- 12 Bulut M. Mechanical characterization of Basalt/epoxy composite laminates containing graphene nanopellets. *Compos B Eng* 2017; 122: 71–8.
- 13 Guadagno L, De Vivo B, Di Bartolomeo A, Lamberti P, Sorrentino A, Tucci V, et al. Effect of functionalization on the thermo-mechanical and electrical behavior of multi-wall carbon nanotube/epoxy composites. *Carbon N Y* 2011; 49: 1919–30. DOI:10.1016/j.carbon.2011.01.017.
- 14 Moulds RJ, Baldwin TR. Toughened adhesives for structural applications. *Int J Adhesion Adhes* 1983 ;3: 203–7. DOI:10.1016/0143-7496(83)90095-7.
- 15 Ghosh PK, Nukala SK. Particulate *Compos Adhes* 2008; 61: 307–17.
- 16 Ozel A, Yazici B, Akpınar S, Aydin MD, Temiz Ş. A study on the strength of adhesively bonded joints with different adherends. *Compos B Eng* 2014; 62: 167–74. DOI:10.1016/j.compositesb.2014.03.001.
- 17 Azari S, Papini M, Spelt JK. Effect of adhesive thickness on fatigue and fracture of toughened epoxy joints - Part I: experiments. *Eng Fract Mech* 2011; 78: 153–62. DOI:10.1016/j.engfracmech.2010.06.025.
- 18 Couvrat P. *The modern structural bonding: theory and practice*. Paris: Tec & Doc-Lavoisier; 1992.
- 19 Wake WC. *Adhesion and adhesives: science and technology* A.J. Kinloch, Chapman and Hall, London, 1987. *Polym J* 1988 (20). DOI:10.1002/pi.4980200326.
- 20 Wu GM, Shyng YT, Kung SF, Wu CF. Oxygen plasma processing and improved interfacial adhesion in PBO fiber reinforced epoxy composites. *Vacuum* 2009; 83: 271–4. DOI:10.1016/j.vacuum.2009.01.080.
- 21 Blackman BRK, Kinloch AJ, Watts JF. The plasma treatment of thermoplastic fibre composites for adhesive bonding. *Composites* 1994; 25: 332–41. DOI:10.1016/S0010-4361(94)80003-0.
- 22 Cooper V, Ivankovic A, Karac A, McAuliffe D, Murphy N. Effects of bond gap thickness on the fracture of nano-toughened epoxy adhesive joints. *Polym (United Kingdom)* 2012; 53: 5540–53. DOI: 10.1016/j.polymer.2012.09.049.
- 23 ASTM D1002 – 05, Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading (Metal-to-Metal), 2005.
- 24 Arenas JM, Narbon JJ, Alia C. Optimum adhesive thickness in structural adhesives joints using statistical techniques based on Weibull distribution. *Int. J. Adhes. Adhes.* 2010; 30: 160–5.
- 25 Grant LDR, Adams RD, da Silva LFM. Experimental and numerical analysis of single-lap joints for the automotive industry. *Int. J. Adhes. Adhes* 2009; 29: 405–13.
- 26 Da Silva LFM, Critchlow GW, Figueiredo MAV. Parametric study of adhesively bonded single lap joints by the taguchi method. *J Adhes Sci Technol* 2008; 22: 1477–94.
- 27 Banea MD, Da Silva LFM, Campilho RDSG. The effect of adhesive thickness on the mechanical behavior of a structural polyurethane adhesive. *J Adhes. Adhes.* 2015; 91: 331–46. DOI:10.1080/00218464.2014.903802.