

ESTUDO DA ADIÇÃO DO PÓ DE ALUMÍNIO NAS PROPRIEDADES ADESIVAS DE COMPÓSITOS DE MATRIZ EPOXI

Anderson das Virgens Xavier¹, andersonxavier7@hotmail.com¹

Marina Elizabeth Dias Altidis², marinaaltidis@yahoo.com.br²

Ana Cristina Ribeiro Veloso¹, anacrisveloso@yahoo.com.br¹

Jonh Yago Erikson Santos¹, jonhyago@yahoo.com.br¹

Wilson Luciano de Souza¹, wilsonluciano@yahoo.com.br¹

Sandro Griza¹, Sandro.griza@gmail.com¹

Jaqueline Dias Altidis¹, jaquelinealtidis@yahoo.com.br¹

¹ Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão- Se - Brasil

² Instituto Federal de Pernambuco, Caruaru- PE- Brasil

Resumo: Nos últimos anos a utilização de adesivos para a união de materiais tem se tornado uma prática comum nos mais variados campos da engenharia. Neste contexto, aparecem os adesivos à base de resina epóxi, que estão sendo utilizadas em diversas aplicações industriais devido à sua resistência, versatilidade e excelente adesão a uma variedade de superfícies. As propriedades físicas e mecânicas dos adesivos podem ser melhoradas com fabricação de adesivos compósitos constituído de adesivos epóxis reforçado com pó de alumínio. No presente trabalho foram desenvolvidos adesivos compósitos de matriz epóxi reforçado com pó de alumínio em variadas proporções de volume (5, 10, 15 e 20%) e comparado com adesivo epóxi sem reforço metálico. Os resultados mostraram que ocorreu um aumento nas propriedades adesivas para os adesivos compósitos e um aumento de 94% para adesivo colado em superfície de aço tratado mecanicamente.

Palavras-chave: Adesivos, compósitos, resistência, cisalhamento.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o uso de adesivos vem se disseminando cada vez mais no ambiente industrial como uma alternativa à utilização de uniões por elementos mecânicos ou por soldagem por conta de suas características específicas de adesão, menor dano aos materiais unidos e baixo custo agregado. O desenvolvimento e uso dos adesivos foram impulsionados pelas necessidades de baixo peso e alto poder de união requerida pela indústria aeroespacial. As estruturas adesivas possibilitaram a construção de grandes aeronaves com redução de peso e aumento considerável de resistência [1]. Os adesivos compósitos reforçados com cargas metálicas vêm sendo cada vez mais utilizados na união de materiais devido à sua influência positiva nas propriedades mecânicas e térmicas. Com o aumento da quantidade de carga metálica, verifica-se uma melhora na precisão dimensional, na condutividade térmica e, em muitos casos, nas propriedades mecânicas. Outras características importantes das partículas, nas propriedades de um material compósito, são suas influências na cor, no índice de refração, e nas propriedades elétricas e magnéticas dos compósitos [2].

Seu uso aumentou em relação às juntas mecânicas, devido à existência de excelentes propriedades das juntas adesivas, como boas resistências à corrosão, alta relação carga / peso e além de seu processo de fabricação é relativamente mais fácil. Pesquisas foram realizadas para entender as propriedades mecânicas e estruturais dessas junções [3]. Vários estudos estão sendo realizados para se obter juntas coladas com boas propriedades. Demonstrou-se que as propriedades mecânicas das juntas adesivas dependem de um grande número de fatores, incluindo o tipo de adesivo e substrato utilizados, o método de limpeza do substrato, os métodos de realização da colagem, a preparação da superfície, a temperatura e tempo de cura, a rugosidade do substrato e os parâmetros geométricos da camada adesiva [4].

As propriedades de adesão e aderência são influenciadas pela rugosidade do substrato. A rugosidade do substrato desempenha um papel importante na melhoria da eficiência do contato entre adesivo e aderente. As irregularidades das superfícies têm uma influência considerável no fenômeno de adesão. No entanto, ao mesmo tempo

em que melhorar a rugosidade do substrato pode criar uma melhor interação e ancoragem mecânica na junta, uma alta rugosidade sem controle adequado pode induzir perda de contato entre adesivo e superfície, especialmente para adesivos de alta viscosidade, e também provocar acumulação de sujeira nos vales de superfície [5]. Estudos recentes mostram que o jateamento foi empregado com sucesso para promover a ligação metal-polímero [6]. Hoje em dia, há um interesse crescente em melhorar a força, o peso e a resistência das estruturas, combinando metais tradicionais com materiais compósitos [7].

Considerando a importância da otimização das propriedades dos adesivos, este trabalho pretende avaliar a influência do tratamento mecânico de jateamento dos aderentes e a adição de alumínio em adesivos à base de epóxi no que se refere às suas propriedades mecânicas. Para tal, foram utilizados testes de cisalhamento para juntas de sobreposição simples, os chamados testes Single-lap Joints (SLJ), de forma a determinar a resistência das juntas.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Materiais utilizados e preparação dos adesivos

A resina escolhida para a elaboração dos adesivos foi a Epoxiglass P-30-A. Essa resina epoxi termoendurecível tem como propriedades físicas, aparência cinza, viscosidade 25°C em torno de 90.000 a 120.000 mPas e densidade 25°C em torno de 1,3 a 1,5 g/cm³. O endurecedor utilizado foi o Epoxiglass P-30-B, que tem como propriedades físicas, aparência bege, viscosidade 25°C em torno de 75.000 a 100.000 MPa.s e densidade 25°C em torno de 1,05 a 1,15 g/cm³. A preparação do adesivo utilizou a proporção 1: 1 resina/endurecedor sugerida pelo próprio fabricante com o pó metálico de alumínio nas proporções de 5, 10, 15, e 20% em volume.

Preparação dos corpos de provas

Os corpos de prova utilizados como substrato, para o ensaio de cisalhamento das juntas coladas, foram fabricados em aço carbono SAE 1020 com as dimensões normatizadas pela ASTM D1002-99 para testes Single Lap Joints. A Figura 1 ilustra a configuração de uma junta single-lap com as dimensões dos substratos padronizadas pela norma ASTM D 1002-01. Em seguida, foi feita a limpeza das superfícies dos corpos de prova metálicos utilizando-se a acetona como solvente, que proporciona a limpeza e secagem rápida do substrato, permitindo a colocação do adesivo sobre sua superfície quase imediatamente.

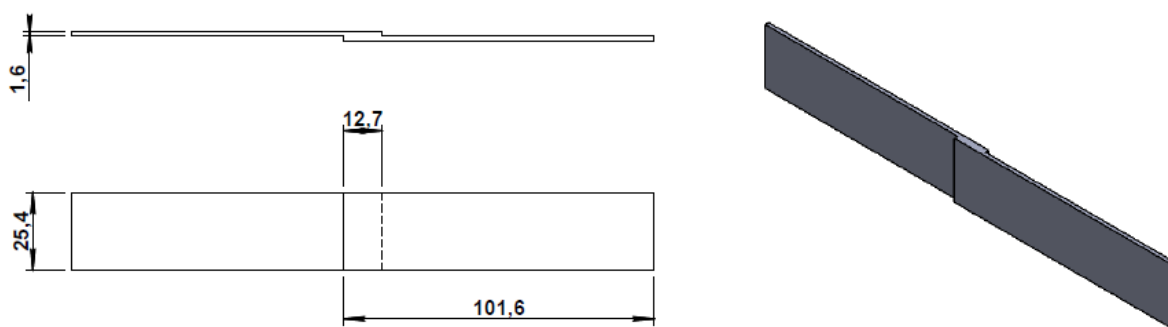


Figura 1- Junta single-lap com dimensões padronizadas pela ASTM D 1002-01.

Preparação da Superfície dos Substratos

Os substratos confeccionados foram separados em dois grupos. O primeiro grupo não recebeu nenhum tipo de tratamento superficial e suas características originais foram mantidas. O segundo grupo foi submetido ao tratamento superficial de jateamento abrasivo a seco utilizando granalha de aço (G 40). A Figura 2 mostra a superfície dos substratos sem tratamento superficial (aspecto liso) e com tratamento superficial por jateamento (aspecto rugoso).

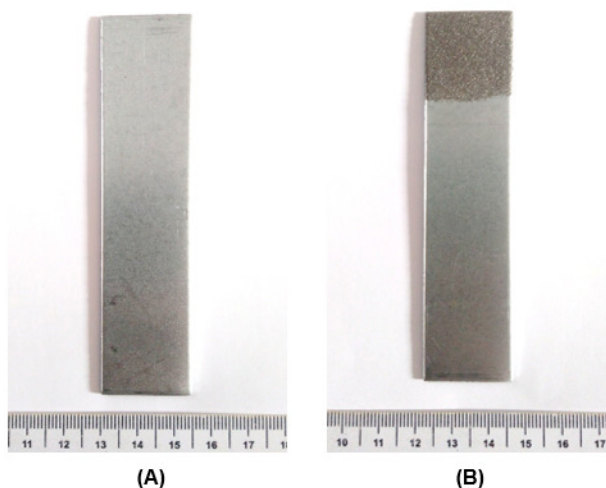


Figura 2 - Superfície do substrato sem tratamento superficial (A) e superfície do substrato com jateamento abrasivo (B).

A limpeza da superfície de todos os substratos metálicos foi feita com uma estopa de algodão umedecida com acetona, com o intuito de remover possíveis impurezas (óxidos, gordura, etc.) que se encontravam junto à superfície da peça e aumentar a capacidade de adesão.

Preparação dos adesivos compósitos

A mistura dos adesivos sem reforço de particulado (resina + endurecedor) foi executada seguindo as recomendações do fabricante, através do boletim técnico do produto.

Os adesivos compósitos elaborados foram todos de matriz polimérica, reforçados com pó metálico. O pó de alumínio 99% de pureza passado na peneira da ABNT granulometria de 75 μm foram utilizados como matriz e reforço respectivamente para a elaboração dos adesivos compósitos. As proporções de reforço utilizado na matriz polimérica foram de 5, 10, 15 e 20% do volume de alumínio que foi misturado na resina epóxi a figura 3 mostra a compósito adesivo com 20% de pó de alumínio.



Figura 3 - Mistura do compósito de matriz epóxi com 20% de Al em volume.

Logo depois o adesivo foi aplicado na placa metálica e colocado no dispositivo de colagem para o controle da espessura colada na figura 4(a) podemos observar o adesivo sendo aplicado na superfície metálica e área colada de 322,58 mm^2 de acordo com a norma ASTM D 1002-01e na figura 4 (b) podemos ver as placas coladas no dispositivo de colagem.

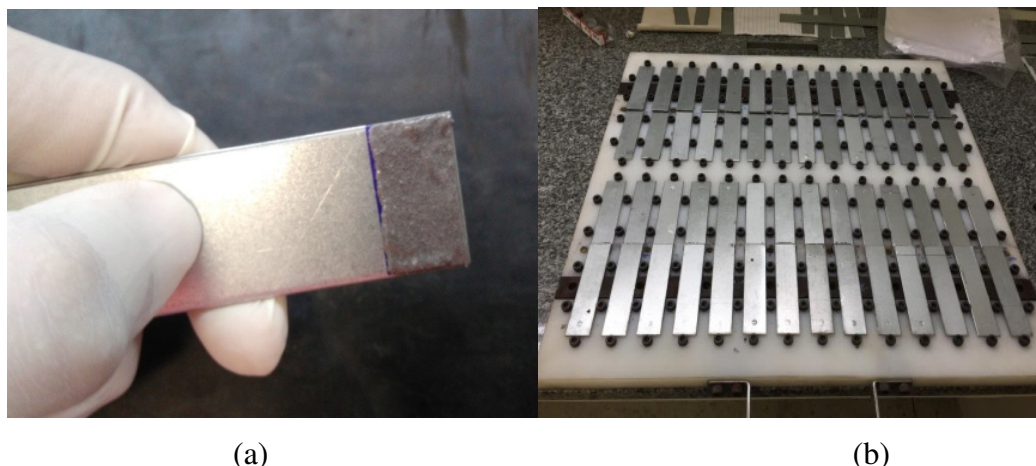


Figura 4—(a) Aplicação do adesivo na superfície do corpo de prova e (b) corpos de prova no dispositivo de colagem.

As placas metálicas ficaram durante 24 horas para a cura e depois submetidas ao ensaio de submetidas ao ensaio de cisalhamento simples do tipo Single Lap Joints.

Ensaio de Cisalhamento

A avaliação da resistência das juntas coladas foi feita através do ensaio mecânico de cisalhamento simples do tipo Single Lap Joints foram realizados cinco corpo de prova para cada adesivo testado. Para os ensaios foi utilizada a máquina Servohidráulica MTS BionixLandmark 370.02, de carga máxima de 15KN. A resistência mecânica foi expressa em MPa, tendo sido calculado pela divisão do valor da carga na ruptura pela área de colagem.

Resultado e Discussão

O tipo de falha apresentado pelo adesivo reforçado com pó de alumínio aplicado em substratos sem tratamento superficial mostrado na Figura 5 (a) apresentou uma falha típica adesiva, ou seja, a falha ocasionou entre a placa metálica e o adesivo para placas metálicas tratadas mecanicamente a falha aconteceu coesiva como mostrado na Figura 5 (b) a falha ocorreu no adesivo e não entre o adesivo e substratos. Os resultados dos ensaios mostram que houve uma boa interação entre o adesivo e o substrato com tratamento superficial, visto que todos os corpos de provas apresentaram falha do tipo coesiva. Fato esse, que proporcionou uma melhora nos valores de resistência ao cisalhamento das juntas adesivas quando as placas metálicas são sujeitas ao tratamento mecânico.



Figura 5- Superfície das juntas fraturadas (a) fratura utilizando placa metálica sem tratamento mecânico fratura adesiva e (b) fratura utilizando placa metálica com tratamento mecânico fratura coesiva.

Os resultados dos ensaios com adesivos compósitos reforçados com pó de alumínio em variadas proporções de volume aplicados em substratos com tratamento superficial são apresentados na Tabela 1 e os resultados dos ensaios com adesivos compósitos reforçados com pó de alumínio sem tratamento superficial de jateamento são apresentados na Tabela 2

Tabela 1. Resultados de resistência ao cisalhamento para placas coladas submetidas ao tratamento mecânico de jateamento.

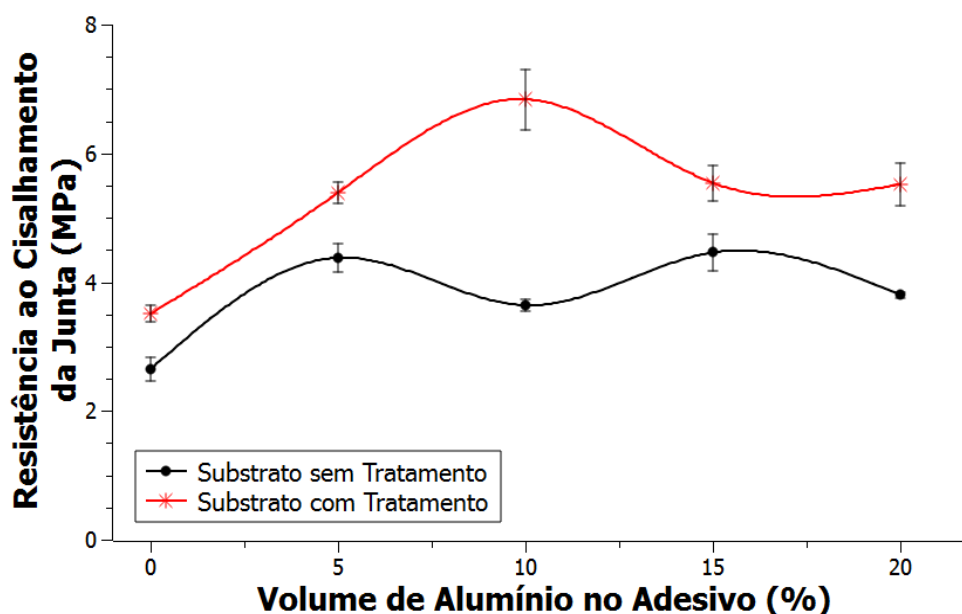
Reforço de Al (%)	Resistência ao Cisalhamento (MPa)	Desvio	Tipo de Falha Predominante
5	5,39	0,16	Coesiva
10	6,84	0,47	Coesiva
15	5,54	0,28	Coesiva
20	5,52	0,33	Coesiva

Tabela 2. Resultados de resistência ao cisalhamento para placas coladas submetidas sem tratamento mecânico.

Reforço de Al (%)	Resistência ao Cisalhamento (MPa)	Desvio	Tipo de Falha Predominante
5	4,38	0,22	Adesiva
10	3,64	0,09	Adesiva
15	4,46	0,28	Adesiva
20	3,80	0,04	Adesiva

Podemos observar através dos resultados das Tabelas 1 e 2 que os valores de resistência ao cisalhamento melhora com o tratamento mecânico de jateamento proporcionando uma melhor aderência entre o adesivo e o substrato metálico acarretando falha predominantemente coesiva que de acordo com a literatura e o melhor tipo de falha adesiva.

Foram coladas juntas adesivas utilizando adesivo epóxi puro em superfície tratada mecanicamente (jateada) e superfície sem tratamento e para os adesivos compósitos de 5,10,15 e 20% de reforço com tratamento e sem tratamento superficial e depois as juntas coladas foram submetidas ao ensaio de cisalhamento simples Single Lap Joints. Os resultados dos ensaios se encontram na Figura 6.

**Figura - Resistência ao cisalhamento médio dos adesivos elaborados.**

No gráfico da Figura 6 é possível observar que o adesivo compósito de matriz epóxi com 10% do volume de pó de alumínio aplicado sobre o substrato com tratamento superficial de jateamento abrasivo apresentou o melhor resultado de resistência ao cisalhamento comparado com os demais adesivos apresentados no gráfico, demonstrando um ponto ótimo na proporção de alumínio e efeito positivo do acréscimo de pó metálico no adesivo em suas propriedades mecânicas.

De maneira geral os resultados mostram que a incorporação do pó de alumínio ajudou a aumentar a resistência do adesivo, de 2,65 para 4,46 MPa em substratos sem tratamento superficial e de 3,51 para 6,8 MPa em substratos com tratamento superficial, um aumento bastante significativo, de aproximadamente 68% e 94% respectivamente. De acordo

com a literatura compósitos de matriz polimérica reforçado com metal pode aumentar a resistência ao desgaste e consequentemente aumenta a adesão entre o compósito e o substrato, ocorrendo um aumento na força de cisalhamento [8].

CONCLUSÃO

Neste trabalho foram desenvolvidos e estudados os adesivos, epóxi sem reforço de particulado e os compósitos de matriz epoxídica reforçados com pó de alumínio em variadas proporções de volume, ambos aplicados em substratos de aço, com e sem tratamento superficial. Suas propriedades adesivas foram especificamente investigadas e os resultados foram satisfatórios.

No que diz respeito à incorporação do pó de alumínio no adesivo epóxi, observou-se um efeito positivo nas propriedades adesivas. Visto que, todos os adesivos compósitos apresentaram valores de resistência ao cisalhamento médio maiores que o valor apresentado pelo adesivo epóxi sem reforço de particulado.

O tratamento superficial de jateamento teve uma influência positiva e bastante significativa no comportamento das juntas coladas. O sucesso deste tratamento se deve a eliminação da camada de óxido e a rugosidade introduzida pela granalha de aço sobre a superfície colada, que reforça o fenômeno de ancoramento mecânico entre o adesivo e o substrato.

De maneira geral, os resultados mostraram que o adesivo compósito com 10% de reforço de Al, unido aos substratos de aço com tratamento superficial, foi o que melhor apresentou valor de resistência ao cisalhamento médio, melhorando o desempenho da junta em aproximadamente 94%, comparando com o adesivo epóxi sem reforço de particulado. Evidenciando um fenômeno de incremento no desempenho provavelmente propiciado pelo ancoramento mecânico.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado por CNPq e a UFS.

REFERENCIAS

- [1] QUINI, J. G. Adesivos Estruturais Uretânicos aplicados a combinações de compósitos, plásticos e metais. Tese de Doutorado em Tecnologia Nuclear- Materiais., Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, Brasil, 2011.
- [2] WYPYCH, G. Handbook of Fillers. ChemTec Publishing, Second edition ed. 2000.
- [3] Tobias Kleffel, D. D. (2017). Investigating the suitability of roughness parameters to assess the bond strength of polymer-metal hybrid structures with mechanical adhesion. *Composites Part B*, 20-25.
- [4] BUDHE, S.; BANEJA M. D.; BARROS, S. de; SILVA, L. F. M. da. **An updated review of adhesively bonded joints in composite materials**. International Journal of Adhesion and Adhesives, Vol. 72, pp. 30-42, 2017.
- [5] ALTIDIS, J. D. Propriedades Adesivas de Compósitos de Matriz Epóxi Reforçados com Pós Metálicos. Tese de Doutorado - UFPB/CT, 76 p. 2013.
- [6] WANG, B.; HU, X.; LU, P. Improvement of adhesive bonding of grit-blasted steel substrates by using diluted resin as a primer. International Journal of Adhesion and Adhesives, Vol. 73, pp. 92-99, 2017.
- [7] Arenas JM, A. C. (2013). Considerations for the industrial application of structural adhesive joints in the aluminium-composite material bonding. . *Composites Part-B*, 44:417-3.
- [8] BAHADUR, S.; GONG, D. The Action of Fillers in the Modification of the Tribological Behavior of Polymers. *Wear*, p. 41-59, 1992.

RESPONSABILIDADE AUTURAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

STUDY OF ADDITION OF ALUMINIUM POWDER IN THE ADHESIVE PROPERTIES OF EPOXY MATRIX COMPOSITE

Anderson das Virgens Xavier¹, andersonxavier7@hotmail.com¹

Marina Elizabeth Dias Altidis², marinaaltidis@yahoo.com.br²

Ana Cristina Ribeiro Veloso¹, anacrisveloso@yahoo.com.br¹

Jonh Yago Erikson Santos¹, jonhyago@yahoo.com.br¹

Wilson Luciano de Souza¹, wilsonluciano@yahoo.com.br¹

Sandro Griza¹, Sandro.griza@gmail.com¹

Jaqueline Dias Altidis¹, jaquelinealtidis@yahoo.com.br¹

¹ Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão- Se - Brasil

² Instituto Federal de Pernambuco, Caruaru- PE- Brasil

Abstract. *t: In recent years the use of adhesives for the Union of Materials has become a common practice in the most varied fields of engineering. In this context, epoxy resin-based adhesives appear, which are being used in various industrial applications due to its resilience, versatility and excellent adhesion to a variety of surfaces. The physical and mechanical properties of adhesives can be improved with the manufacture of composite adhesives consisting of epoxy adhesives reinforced with aluminium powder. In the present work, composite adhesives of epoxy matrix reinforced with aluminium powder were developed in various volume proportions (5, 10, 15 and 20%) and compared with epoxy adhesive without metallic reinforcement. The results showed that there was an increase in adhesive properties for composite adhesives and an increase of 94% for adhesive glued on surface of steel treated mechanically.*

Key words: Adhesives, composites, resistance, shear.