

Adesivos Estruturais Epóxi 3M x Fixadores Mecânicos

Sumário

Muitos impulsionadores econômicos e de desempenho estão fazendo com que os clientes considerem e usem adesivos estruturais para substituir os métodos tradicionais de junção – incluindo redução de peso, economia de energia, reduções de custos laborais, melhorias estéticas e o aumento do uso de materiais compósitos ou outros materiais que não sejam favoráveis para métodos de fixação tradicionais. Este artigo visa ajudar na transição bem-sucedida de fixação mecânica para fixação por adesivos.

Introdução

Métodos tradicionais de junção de peças incluem solda, rebiteagem, o uso de porcas e parafusos e outros fixadores mecânicos. Engenheiros se sentem confortáveis com estes métodos e agora são desafiados a mudar, devido a novos fatores que tornam as limitações destes métodos menos aceitáveis. Um fator chave em muitas indústrias, especialmente na manufatura de máquinas auto energizadas e equipamentos que dependam da energia de motores de combustão interna ou bateria, é a necessidade de se reduzir peso para diminuir o uso de combustível, o consumo de energia e as emissões. Isto pode ser atingido pela substituição de peças relativamente pesadas, feitas de aço, por alumínio, compósitos, ou plásticos; reduzindo o número de fixadores mecânicos, ou usando chapas de metal mais finas. Estas mudanças desafiam os métodos de junção tradicionais, pois materiais plásticos e compósitos dissimilares simplesmente não podem ser soldados; enquanto que chapas de metal mais finas estão mais propensas a distorção e rompimentos nos pontos de concentração de tensão onde fixadores mecânicos (rebites, parafusos) sejam colocados. Distorções e rompimentos das chapas metálicas, devido à excesso de carga ou mesmo devido a fadiga do conjunto, podem levar a menor confiabilidade, longevidade da peça e/ou folgas entre os fixadores e a chapa. Metais também podem ser danificados nos processos de montagem tradicionais, por exemplo, soldar uma chapa metálica fina pode causar distorção por calor ou furos por queima. Uma junta adesiva colada resulta em uma superfície lisa, o que requer mínima preparação da superfície antes do acabamento final. Finalmente, adesivos podem ser pré-aplicados em áreas que sejam inacessíveis a fixação mecânica durante a montagem final e podem permitir designs inovadores - reduzindo peso, custos e trabalho.

Adesivos evoluíram ao ponto de serem alternativas adequadas para estes métodos de junção tradicionais, para muitas aplicações, incluindo a manufatura de painéis metálicos como portas e elevadores, equipamentos agrícolas, ônibus, caminhões, fixação de painéis em trens e outros. Para se fazer uma mudança bem-sucedida para adesivos, engenheiros precisam considerar alguns fatores, conforme mostrado abaixo.

Seleção do Adesivo

Uma grande variedade de químicas de adesivos estruturais está disponível no mercado. Estes vão de adesivos cianoacrilatos “instantâneos” até filmes epóxi mono-componentes (curados por calor). Mesmo que todos os adesivos tenham seus usos, não são todos adequados para substituição de solda/fixadores mecânicos, onde a resistência mecânica seja necessária em um ambiente de tensão dinâmica (isto é, resistência a impactos e vibração contínuos). Para estas aplicações críticas, o número de químicas de adesivos adequados é limitado.

Há três principais químicas que suportam resistência estrutural na colagem de grandes áreas (aqui,

resistência estrutural é definida como resistência ao cisalhamento maior que 1000 psi, medida de acordo com normas de cisalhamento em junta de sobreposição padrão). *Uretanos bi-componentes* são formulados para curar após mistura e geralmente curam razoavelmente rápido à temperatura ambiente, mesmo em linhas de colagem espessas (diferentemente de seladores de uretano mono-componentes, que curam com a umidade atmosférica, curando lentamente).

Uretanos bi- componentes podem apresentar a alta resistência requerida nessas aplicações e sua flexibilidade lhes permite ter boa resistência à impactos e resistência a descascamentos (peel) quando fortemente aderidos a substratos.

Entretanto, seu módulo geralmente baixo leva a resistência relativamente baixa à exposição ao calor. Além disto, uretanos podem requerer aplicação de primer em superfícies metálicas para manter sua adesão ao metal em condições ambientais severas, como exposição a longo prazo a água/umidade.

Acrílicos bi-componentes podem ser formulados para ter alta adesão a metais sem primer (e algumas vezes sem ser necessário remoção dos óleos inerentes ao processamento de metais). Acrílicos têm uma melhor resistência a alta temperatura do que uretanos, mas tendem a ser mais quebradiços, levando a baixas resistências a baixas temperaturas e menor força de descascamento (peel) Alguns acrílicos tentam superar estas limitações com formulações otimizadas, como a inclusão de cargas elastoméricas ou de resina epóxi. Como resultado, acrílicos de alto desempenho e acrílicos híbridos podem endereçar as necessidades de muitas aplicações onde as temperaturas não sejam extremas, e onde sua cura rápida e habilidade de alta adesão a plásticos sejam um diferencial.

Para uma melhor resistência a vibrações e intempéries, os adesivos *epóxi* são a química a se escolher. Entretanto, de um adesivo epóxi para outro, pode haver uma grande variação em sua resistência a impactos e a vibração, desafios ambientais e ainda ter alta alta resistência estrutural. Muitas pessoas estão familiarizadas apenas a primeira geração de adesivos epóxi, que tendem a ser rígidos e podem ter baixa resistência ambiental. Estes epóxis, formulados nos anos 50, são similares a epóxis de uso doméstico, vendidos em lojas de ferragens. Entretanto, a tecnologia de epóxi superou suas limitações com melhorias através dos anos.

Nos anos 70, foram formulados adesivos epóxi com flexibilidade significativamente maior. Estes adesivos otimizaram a resistência a descascamento, a impactos, exposição térmica e fadiga, em relação à primeira geração. Epóxis flexíveis são agora usados em colagens de estruturas tipo colmeia para aeronaves e pisos de trens, onde é necessário ter vida útil longa e confiável, mesmo sob vibrações repetidas e ciclagem térmica.

Nos anos 80 os epóxis reforçados entraram em cena. Diferentemente dos epóxis flexíveis, que dependem de um módulo baixo para dar resistência a impacto e fadiga, os epóxis reforçados são formulados com uma matriz de módulo mais alta, na qual são acrescentadas pequenas partículas de borracha (tamanho micron). Estas partículas absorvem energia sob tensão e podem impedir que micro rachaduras se propaguem, deste modo, apresentando alta resistência final a impactos e fadiga. Epóxis reforçados são agora usados para aplicações mais críticas, como colagem de armamentos, manufatura de equipamentos esportivos (estruturas de compósito para bicicletas e fixação da base à haste do taco de golfe), etc.

Epóxis reforçados mantem suas propriedades de resistência ambiental inerentes aos epóxi e são geralmente a melhor escolha para substituição de montagens críticas de solda e fixadores mecânicos.

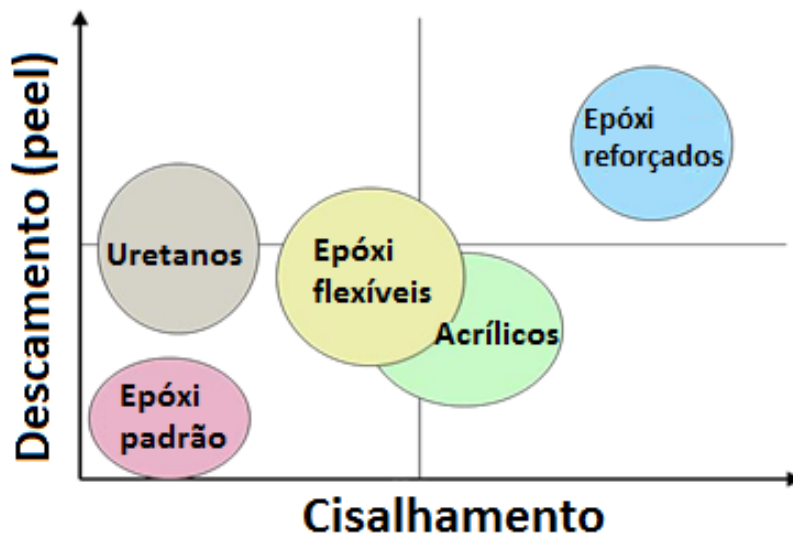


Figura 1. Relação dentre descascamento (peel) e cisalhamento para adesivos estruturais bi- componentes

Projetando para juntas coladas por Adesivo

Configuração da Junta

Adesivos estruturais são mais fortes em cisalhamento e tensão (especialmente compressão) e mais fracos em descascamento e clivagem (onde toda a força da colagem está concentrada na borda da linha de colagem). Assim sendo, é recomendado projetar juntas em que forças de cisalhamento e tensão predominem, em vez de as projetar onde forças descascamento e clivagem sejam predominantes. A ilustração abaixo mostra alguns exemplos de novos desenhos de juntas para máxima resistência adesiva. Clientes criteriosos, como fabricantes de automóveis e de grandes equipamentos, podem usar técnicas de modelagem computacional para avaliar a tensão em vários desenhos de juntas e assim otimizar o desenho final.



Figura 2. Alguns exemplos de novos desenhos de juntas para máxima resistência adesiva, favorecendo esforços de tensão e cisalhamento.

Preparação de Superfície

As peças a serem coladas precisam estar limpas. Se houver uma camada de material fracamente aderido à superfície (seja oxidação/ferrugem, óleo ou sujeira) o adesivo geralmente não será capaz de alcançar na totalidade a superfície do metal e o resultado pode ser uma falha na fixação.

Assim sendo, contaminantes precisam ser removidos antes da colagem – geralmente utilizando solventes para limpeza e abrasão para remover oxidação. Uma exceção pode ser o uso de certos adesivos estruturais, como alguns adesivos acrílicos, que conseguem absorver e aderir através de alguns óleos. Ao usar estes adesivos, um experimento comparando a performance do adesivo no substrato com limpeza e sem limpeza, pode indicar que as etapas normais de preparação de superfície podem ser reduzidas ou eliminadas.

Considerações de Processamento

Métodos de produção também precisam ser levados em consideração para escolha final de um adesivo estrutural. Há três principais parâmetros do adesivo que precisam ser considerados: tempo em aberto (o tempo entre a mistura do adesivo e junção dos substratos), resistência a manuseio (o tempo necessário para o adesivo endurecer suficientemente permitindo processamento posterior) e tempo de cura final (momento o qual o adesivo tenha alcançado a cura total e alcançado suas propriedades finais). Estes tempos podem variar pela química e formulação específica do adesivo; assim como pela temperatura ambiente ou aplicada. O processo de aplicação de adesivos estruturais é bastante rápido em comparação a solda, mas o adesivo estrutural em si vai precisar de um período de fixação enquanto ganhe resistência suficiente para permitir que a junta suporte tensões posteriores durante o processamento da peça. Isto pode ser tão rápido quanto 15 minutos à temperatura ambiente, como levar várias horas. Este tempo pode ser reduzido pela aplicação de calor (cura por indução ou lâmpadas aquecidas, cobertores ou sopradores térmicos para peças grandes; ou fornos para peças menores). Este tempo também pode ser controlado pela química do adesivo, fornecendo um tempo de manuseio específico. Além disto, uma vez que um adesivo de bi-componente é misturado, o mesmo começa a curar ou “endurecer”. Há uma quantidade de tempo limitada entre a mistura, e o momento em que as partes precisam ser unidas. Se o adesivo estiver misturado por tempo demais, antes de se juntar as superfícies, ele não vai “molhar” a superfície, devido ao endurecimento excessivo – isto é, o adesivo não será capaz de fazer contato íntimo com toda a superfície e isso irá reduzir consistentemente a resistência final da colagem.

Finalmente, adesivos bi-componentes curam por reação química; não por secagem (como em adesivos de contato) ou por resfriamento (como em cola quente). Reações químicas ocorrem mais rápido em temperaturas mais altas do que em temperaturas mais baixas. Assim sendo, a temperatura da fábrica e dos substratos a serem colados, deve ser considerada ao se projetar o processo de produção. Se as temperaturas variarem significativamente (por exemplo, variação de inverno para verão) o processo de produção ou o adesivo usado poderão necessitar serem alterados.

Teste de adesão e Modos de falha

Projeto e produção deverão ser validados por análise estatística, através de métodos de teste destrutivos que sejam projetados para replicar as forças primárias das juntas reais. Tais métodos de teste não são caros e podem ser realizados considerando várias condições ambientais. Estes métodos podem incluir cisalhamento

de sobreposição, impacto, descascamento e muitos outros métodos específicos.

Em projetos, o teste mais comum é o de cisalhamento de sobreposição dos substratos, considerando preparação de superfície e métodos de colagem que estão sendo avaliados. A ASTMTM D1002 disponibiliza um método de teste que geralmente pode ser facilmente personalizado para validar o projeto proposto. (Devido à alta resistência da colagem por adesivos estruturais em substratos de metal, ensaios de tração podem ser mais difíceis e caros de se realizar, assim são frequentemente substituídos por testes de cisalhamento).

O teste de cisalhamento por sobreposição é provavelmente o modo mais comum de se avaliar a adesão de vários adesivos a uma variedade de substratos. É também possível usar o mesmo teste para avaliar a resistência de fixadores mecânicos e soldas. Números comparativos podem ser obtidos usando-se métodos de teste padrão, demonstrando a força de epóxis reforçados em comparação à epóxis rígidos e fixação mecânica ou soldagem (consulte a fig. 4).

O que o teste padrão de cisalhamento não demonstra, entretanto, é a resistência a impactos de vários designs diferentes. Outros métodos de teste podem ser planejados para verificar resistência ao impacto/fadiga; alguns são bastante sofisticados e demorados (p. ex., ASTM D3166); mas frequentemente um teste simples pode dar uma comparação impressionante. Por exemplo, uma simples máquina de teste de pêndulo pode mostrar a habilidade de absorver impacto de diferentes métodos de colagem (consulte a fig. 5).

Um outro método comum, usado para substratos flexíveis, é um teste de descascamento (peel). Há vários tipos de teste de descascamento, incluindo: ASTM D3167 Descascamento por Rolo e ASTM D1876- Método de descascamento T.

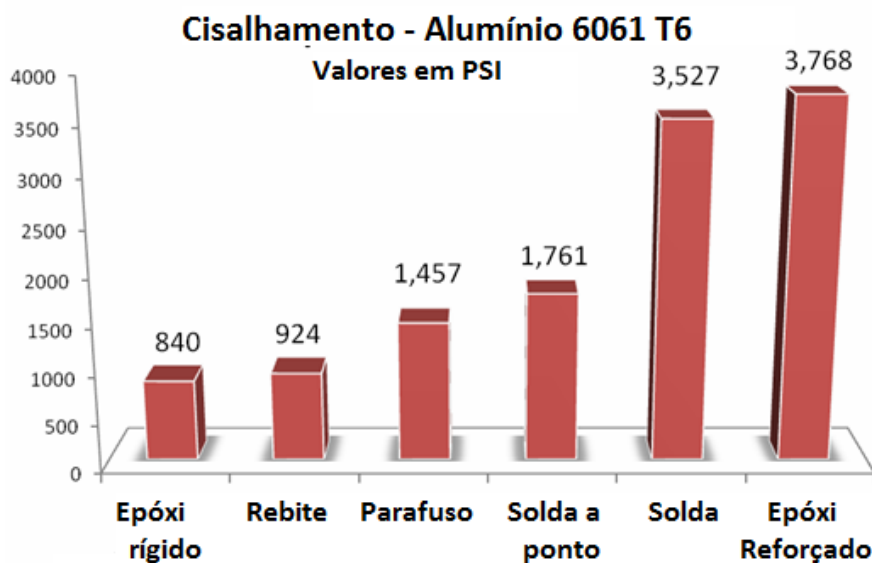


Figura 4. Adesivos epóxi reforçados podem atingir ou exceder a resistência ao cisalhamento dos métodos de junção tradicionais.



Figura 5. Resistência ao impacto de adesivo epóxi reforçado em comparação a solda a ponto, em alumínio T6061, (Teste de impacto de pêndulo - peso de 1,5 kg em um braço móvel de 50 cm)

<http://www.youtube.com/watch?v=CPR28olqf5Y>

Quando substratos são colados com adesivos, o adesivo pode ser aplicado para cobrir toda a área disponível. Isto elimina qualquer concentração de forças (como vai ocorrer quando rebites ou parafusos sejam usados ao longo de uma junta). A distribuição da tensão ao longo da junta pode reduzir a distorção do metal sob tensão, assim como melhorar a resistência total do conjunto montado. Se uma junta irá sofrer tensão constantemente, a distribuição da tensão ao longo da linha de colagem poderá melhorar a resistência a fadiga e proporcionar maior longevidade à peça. Este efeito pode ser demonstrado usando-se uma máquina de teste de tensão para comparar peças coladas com adesivo e peças fixadas mecanicamente (consulte a fig. 6). Outra vantagem demonstrada indiretamente aqui é que chapas de aço mais finas podem ser coladas sem distorção do metal (diferente do que ocorre com a concentração de tensão com rebites, parafusos e soldas a ponto). O adesivo vai permitir que a tensão seja distribuída igualmente através de uma área maior do metal mais fino. Assim sendo, metais mais finos podem ser usados para reduzir peso, mantendo altos níveis de força e resistência à fadiga.



Figura 6. Teste de cisalhamento: falha do alumínio T6061 (0,16 cm de espessura) com rebites e parafusos

Soldar ao longo de uma junta inteira vai produzir uma junta forte; entretanto, a solda em si pode ter efeitos indesejáveis (incluindo custos altos com mão de obra e energia, além de distorção/enfraquecimento do metal devido ao calor da solda). Soldagem e fixadores mecânicos podem também requerer mais acabamento para alcançar requisitos estéticos para a peça acabada. Testes indicam que adesivos estruturais podem entregar a mesma resistência mecânica de uma solda completa por toda a área de fixação, com o benefício de não distorcer e enfraquecer o metal devido ao calor. No teste exibido na figura 4 acima, o corpo de prova soldado falhou na borda da solda, presumivelmente devido ao enfraquecimento do alumínio devido ao calor naquela área. Em comparação a uma peça não soldada de alumínio, testes indicaram que o metal tinha sido enfraquecido mais de 40% na resistência a tensão.

Uma comparação posterior da “resistência específica” das juntas, mostra que adesivos tem vantagem, não apenas em resistência, mas também na redução de peso.

	Epóxi Rígido	Rebite	Parafuso	Solda a Ponto	Solda	Epóxi Reforçado
Resistência da Junta	840	920	1457	1700	3500	3768
Peso Relativo (aproximado)	1,03	1,05	2,02	1,00	1,06	1,03
Resistência Específica (resistência/peso relativo)	816	880	721	1761	3327	3658

Resumo

Conforme discutido nesse artigo, diversos motivos estão levando empresas que, no passado, dependeram de métodos padrões de junção como solda, rebites e parafusos, a considerarem o uso de adesivos estruturais reforçados. Tais adesivos podem oferecer vantagens significativas em termos de custo geral e redução de peso, assim como a habilidade de juntar substratos dissimilares e a habilidade de criar juntas com boa distribuição de tensão (concomitantemente boa resistência a tensão e fadiga). Adesivos reforçados podem também melhorar a estética e eliminar custos de acabamento, tais como processos de abrasão de marcas de solda a ponto. Escolher o adesivo correto é de grande importância e engenheiros devem trabalhar próximos ao fornecedor de adesivo para selecionar o produto correto. Além disto, redesenhar juntas e fazer ajustes no processo de produção podem afetar significativamente o sucesso do projeto final. Como pode ser demonstrado empiricamente, quando usados adequadamente, adesivos estruturais podem exceder o desempenho de métodos de junção tradicionais como solda, rebites e parafusos.

Informações Técnicas: As informações técnicas, recomendações e outras declarações contidas neste documento são baseadas em testes ou experiência que a 3M acredita serem confiáveis, mas a precisão ou integralidade de tais informações não é garantida.

Uso do Produto: Muitos fatores além do controle da 3M e exclusivamente dentro do conhecimento e controle do usuário podem afetar o uso e desempenho de um produto da 3M em uma aplicação específica. Dada a variedade de fatores que possam afetar o uso e desempenho de um produto da 3M, o usuário é inteiramente responsável pela avaliação do produto da 3M e por determinar se esteja adequado para um fim em particular e apropriado para a aplicação do usuário.

Garantia, Cuidados Limitados e Renúncia: A 3M não oferece garantias, expressas ou implícitas. Inclusive, mas não limitadas a qualquer condição implícita de comercialização ou adequação a um fim determinado. O usuário é responsável por determinar se o produto 3M é adequado a um fim específico e ao seu método de aplicação. Observe que muitos fatores podem afetar o uso e o desempenho dos produtos da 3M (Divisão de Adesivos) para uma aplicação particular. Entre os muitos fatores que podem afetar o desempenho de um produto 3M devem ser considerados: os materiais a serem colados pelo produto, o preparo das superfícies destes materiais, o produto selecionado para o uso, as condições em que o produto é usado e o tempo e as condições ambientais em que o produto deve desempenhar sua função. Tendo em vista a grande variedade de fatores que podem afetar o uso e o desempenho de um produto 3M, alguns dos quais são de conhecimento e controle exclusivo do usuário, é essencial que o usuário avalie o produto 3M para determinar sua adequação a um uso determinado e ao método de aplicação. Se o produto 3M não estiver em conformidade com esta garantia, então a única e exclusiva reparação é, a critério da 3M, substituição do produto 3M ou reembolso do preço de compra.

Limitação de Responsabilidade: Em nenhum caso a 3M poderá ser responsabilizada por quaisquer danos diretos, indiretos, especiais, incidentais ou consequentes, independentemente da teoria legal aduzida, inclusive, negligência, garantia ou responsabilidade estrita.



IATD - Fitas e Adesivos Industriais
3M do Brasil Ltda.
Via Anhanguera km110,
Sumaré SP CEP 13001-970

Informações:
Linha Aberta
Fone 0800-0132333
