



DOSSIÊ TÉCNICO

ADESIVOS

Luiz Rodrigues Pereira

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

CETEC

junho
2007

Sumário

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 3 |
| 2 CLASSIFICAÇÃO DOS ADESIVOS | 4 |
| 2.1 Temperatura de união | 4 |
| 2.2 Origem | 4 |
| 2.3 Métodos de união | 4 |
| 2.4 Durabilidade | 4 |
| 2.5 Tipo químico | 4 |
| 3 SELEÇÃO DE ADESIVOS..... | 6 |
| 3.1 Materiais a serem unidos..... | 6 |
| 3.2 Compatibilidade de aderentes e adesivos | 6 |
| 3.3 Esforços de uniões..... | 6 |
| 3.4 Condições de processamento..... | 7 |
| 3.5 Condições de serviço..... | 7 |
| 3.6 Custos..... | 8 |
| 3.7 Considerações especiais..... | 8 |
| 4 MATERIAIS ADESIVOS E PROPRIEDADES | 9 |
| 4.1 Componentes de um adesivo..... | 9 |
| 4.1.1 Diluente..... | 9 |
| 4.1.2 Catalisadores e endurecedores..... | 9 |
| 4.1.3 Aceleradores, inibidores e retardadores..... | 9 |
| 4.1.4 Modificadores | 9 |
| 4.2 Tipos de Adesivos | 10 |
| 4.2.1 Adesivos termoplásticos | 10 |
| 4.2.2 Adesivos termorrígidos | 10 |
| 4.2.3 Misturas borracha-resina | 11 |
| 4.2.4 Adesivos estruturais endurecidos..... | 11 |
| 4.3 Propriedades de tipos básicos de adesivos | 12 |
| 4.3.1 Acrílicos | 12 |
| 4.3.2 Diésteres do ácido acrílico | 12 |
| 4.3.3 Alil diglicol carbonato | 13 |
| 4.3.4 Borrachas butadieno-estireno..... | 13 |
| 4.3.5 Borracha butil e poliisobutileno | 13 |
| 4.3.6 Caseína | 13 |
| 4.3.7 Derivados da celulose | 14 |
| 4.3.8 Cianoacrilatos | 15 |
| 4.3.9 Adesivos epóxidos..... | 15 |
| 4.3.10 Epóxi-poliâmida | 16 |
| 4.3.11 Epóxi-poliuretano..... | 17 |
| 4.3.12 Adesivos “hot-melt” | 17 |
| 4.3.13 Adesivos fenólicos..... | 17 |
| 4.3.14 Adesivos poliuretanos..... | 18 |
| 4.3.15. Adesivos derivados da borracha | 19 |
| 4.3.16 Silicones | 19 |
| 4.3.17 Adesivos uréia formaldeído | 20 |
| 4.3.18 Adesivos base água | 20 |
| 4.3.19 Graxas | 20 |
| 4.3.20 Sais Inorgânicos | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 5. PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES | 21 |
| 5.1 Tratamento de superfícies | 21 |
| 5.1.1 Metais | 21 |
| 5.1.2 Plásticos | 22 |
| 6. TESTES FÍSICOS DE ADESIVOS | 22 |
| | |
| CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 23 |
| | |
| REFERÊNCIAS | 23 |

Título

Adesivos

Assunto

Fabricação de adesivos e selantes

Resumo

O processo de unir materiais diversos exige certo grau de conhecimento das propriedades desses materiais bem como dos produtos adesivos utilizados para a realização desse processo. Apresentam-se informações sobre materiais adesivos, tais como: tipos, matérias primas, características, aplicações e orientações gerais.

Palavras chave

Adesivo; cola; massa plástica; pasta; processamento; produção

Conteúdo**1 INTRODUÇÃO**

O termo adesivo é atribuído ao produto que tem a propriedade de juntar, ligar, colar, unir e aderir materiais de composições diversas. Vários mecanismos básicos explicam esses processos de junção. Em alguns casos estabelecem-se ligações químicas, em outros prevalecem as mecânicas, ou a combinação de ambas. O adesivo depende, sobretudo, da aspereza da superfície, ou da força adesiva que apresenta boa resistência ao deslizamento. A elevada força de junção depende, também, da força de coesão na película adesiva e das propriedades do material adesivo.

Por muito tempo, os adesivos mais importantes foram os de origem vegetal e animal os quais têm sido empregados para colarem materiais porosos como papéis. A limitação dos adesivos naturais, em função da baixa resistência a umidade e crescimento de microorganismos, foi responsável pela expansão, a partir de 1930, do desenvolvimento de novos adesivos baseados em resinas sintéticas e outros materiais. A excelente resistência a umidade, o não aparecimento de mofo e suportar uma série de condições severas de serviços são as grandes vantagens desses adesivos sobre os naturais.

Atualmente, a produção de colas, adesivos e selantes tem crescido muito. As empresas do segmento têm investido no desenvolvimento de novos produtos e aplicações, como “hot melts” e adesivos sem solventes aromáticos. O número de aplicações de adesivos é alto e varia para cada processo industrial, seja usando elevadas quantidades ou uso de pequenas quantidades. Papel, embalagens, calçados e madeira são os setores maiores consumidores de adesivos.

O emprego de adesivos em equipamentos industriais, edificações e construções, indústria automobilística, instrumentação, montagens eletroeletrônicas e óticas, tem aumentado significativamente.

Ultimamente, tem sido o advento de novas resinas sintéticas e outros componentes que tem possibilitado o desenvolvimento de adesivos mais eficientes, versáteis e duráveis para união de superfícies consideradas difíceis ou, quase impossíveis de se aderirem.

Assim, o desenvolvimento de processos de uniões adesivas tem sido um dos fatores para escolha de métodos econômicos e eficientes para a fabricação de componentes e vários produtos finais.

2 CLASSIFICAÇÃO DOS ADESIVOS

Não existe uma classificação simples para todos os produtos adesivos. A indústria geralmente emprega uma classificação baseada no uso final do adesivo, tais como adesivo metal-metal, adesivo de madeira, adesivo de papel e embalagens, adesivo de uso geral, dentre outros. Além do uso final, os adesivos podem ser classificados de acordo com a forma física, composição química, métodos de aplicação, processamento e conveniência para determinado serviço ou ambiente. Outras classificações adotadas pelos fabricantes são :

2.1 Temperatura de união

Baseia-se na temperatura requerida pelo adesivo para estabelecer uma união. A temperatura de endurecimento determina a classe do adesivo ou seja; a frio (abaixo de 20°C), temperatura ambiente (20–30°C), temperatura intermediária (31-100°C) e a quente acima de 100°C.

2.2 Origem

Os adesivos podem de uma maneira geral, ser classificados como sendo de origem natural (vegetal ou animal) e sintética.

2.3 Métodos de união

Este tipo de classificação divide os adesivos em categorias de acordo com o estado físico ou método de aplicação. Pertencem a esses grupos os adesivos sensíveis à pressão, fundíveis, de endurecimento químico, dentre outros.

2.4 Durabilidade

A classificação baseada na durabilidade é bastante importante principalmente no que diz respeito a resistência à umidade, água quente, calor seco e microorganismos.

2.5 Tipo químico

É impossível classificar os materiais adesivos baseando-se num simples parâmetro (ex. uso final, composição química), sem contradizer algum princípio de uma classificação particular à qual alguns adesivos podem pertencer. Entretanto, uma classificação muito empregada se baseia no tipo químico ou do maior componente do qual o adesivo é produzido. Aliado a isso, sistemas de tabelas têm sido adotados para descrição dos adesivos, em, termos de vários fatores de interesse do usuário, tais como: forma do material, propriedades, processamento, desempenho e vantagem econômica.

A TAB. 1, apresenta uma classificação baseada na origem e no tipo físico e químico do ingrediente principal na formulação do adesivo.

TABELA 1
Classificação de adesivos quanto à origem, tipo químico e físico

| Origem | Tipo básico | Material adesivo | |
|------------------|--------------------|--|--|
| Natural | Animal | Albumina | cola animal, caseína, goma-laca, cera de abelha |
| | Vegetal | Resinas naturais | (goma arábica, colofonia, etc.); óleos e graxas (cera de carnaúba, óleo de linhaça); Proteínas (soja); carboidratos (amido, dextrinas) |
| | Mineral | Materiais inorgânicos | (silicatos, magnésia, fosfatos, enxofre); graxas minerais (parafina), resinas minerais (copal, âmbar); betumem |
| Sintético | Elastômeros | Borracha natural | (e derivados, borracha clorada, borracha ciclizada, borracha hidro clorada |
| | Termoplásticos | Borracha sintética e derivados | butil, poliisobutileno, misturas de polibutadieno (estireno e acrilonitrila), polisoprenos, policloroprenos, silicone, poliuretanos, polisulfetos, poliolefinas (cloreto vinil etileno, etileno propileno) |
| | | Derivados da celulose | (acetato, acetato-butirato, caprato, nitrato, metil celulose, etil hidroxil celulose, carboxi metil celulose) |
| | | Polímeros vinil e copolímeros | polivinil-acetato, álcool, acetal, cloreto, cloreto polivinilideno, éteres alquil polivinil) |
| | | Poliésteres (saturados) Poliacrílatos | (poliestireno, poliamidas (nylons e modificações), (metilacrilatos e polímeros acrilatos, ciano-acrilatos, acrilamida) |
| | | Poliéteres | (éter e polihidroxil, éteres polifenólicos) |
| | Termorrígidos | Amino plásticos | (uréia e formaldeídos melamina e modificações) |
| | | Epóxidos e modificações Resinas fenólicas e modificações | (epóxi poliamida, epóxi betume, epóxi polisulfeto, epóxi nylon) (fenol e resorcinol formaldeído, fenólico-nitrila, fenólico-neopreno, fenólico-epóxi) |
| | | Poliésteres insaturados Poliaromáticos | poliimida, polibenzimidazole, polibenzotiazole, polifenileno) |
| | | Furanos | (fenol furfural) |

Fonte: SHIELDS, 1984

3 SELEÇÃO DE ADESIVOS

A função básica do adesivo é unir materiais pelas superfícies de junção. Geralmente, a primeira consideração a ser feita na seleção de um adesivo é a escolha, entre os vários tipos de adesivos, aquele que eficientemente une os materiais de interesse.

Muitos fatores devem ser considerados na escolha de um adesivo para determinada aplicação e condições de serviço. Desde que não exista nenhum adesivo universal que desempenhe todos os requisitos de aderência para todos os materiais em muitas aplicações possíveis é, então, necessário, conhecer as propriedades de ligações desejadas, e decidir quais são as mais importantes ou não para cada aplicação.

Os materiais a serem unidos, a força da ligação e durabilidade, tipo de montagem e considerações de custos são geralmente os maiores fatores a serem avaliados. Além desses fatores o grau de aderência, tipo de esforço (tensão, compressão, cisalhamento, dentre outros), dimensões dos materiais e montagem, condições ambientais são outros fatores importantes. Alguns fatores a serem considerados antes da seleção de um adesivo:

3.1 Materiais a serem unidos

As propriedades mecânicas e físicas dos materiais aderentes e o grau de preparação das superfícies para a união são fatores importantes na seleção do adesivo. A espessura e a resistência são também importantes, particularmente onde as constantes elásticas do adesivo são relevantes à junção.

Materiais flexíveis, tais como a borracha ou o metal delgado, chapas plásticas, etc., os quais podem flexionar em serviço, não devem ser unidos com um adesivo rígido ou quebradiço; uma junção rígida pode quebrar e causar uma redução da força da união.

Diferenças na flexibilidade ou expansão térmica entre aderentes podem introduzir tensões internas na linha de cola. Tais tensões podem conduzir a falhas prematuras de uma união antes da imposição de algum esforço externo e perigo quando a temperatura de serviço for abaixo de zero. O objetivo é ter o mínimo de tensões entre os materiais aderentes e é desejável escolher um adesivo que seja semelhante aos materiais aderentes em relação às propriedades reológicas, expansão térmica e resistência química.

3.2 Compatibilidade de aderentes e adesivos

A escolha imprópria de um adesivo pode causar danos em uma montagem onde aderentes e adesivos são incompatíveis. Exemplos: corrosão de partes metálicas por adesivos ácidos, migração de plastificantes de um material plástico flexível para o adesivo com conseqüente perda de adesão na interface, e ação do solvente do adesivo e voláteis na aderência plástica.

O potencial de corrosão de um adesivo é frequentemente acentuado devido ao controle ineficiente do processo de mistura e condições de cura. Quando possível, é desejável submeter amostras dos materiais a serem unidos junto com suas especificações e propriedades aos fabricantes de adesivos para a escolha de um adesivo adequado.

3.3 Esforços de uniões

As propriedades das forças coesivas dos adesivos variam muito de materiais; de macios a duros. Adesivos com forças mais baixas ou mesmo pouco superiores do que as necessárias não devem ser considerados, a menos que sejam importantes para outra propriedade. Para aplicações onde o adesivo tem que satisfazer determinada força é necessário considerar os esforços aos quais a junção será submetida. De importância são a natureza e o grau do esforço e as condições sobre as quais são aplicadas.

O desempenho de um adesivo numa junção é dependente de muitos fatores sendo que os mais importantes são:

- sistema de junção;
- estado das superfícies a serem unidas;
- técnicas de união empregadas;
- espessura da linha de colagem;
- as resistências e espessuras das partes a serem unidas.

O sistema de junção determina o tipo e grau de esforço ao qual o adesivo será submetido. Ligações podem estar sob esforços por cisalhamento, compressão ou tensão, clivagem, ou uma combinação dos mesmos.

As condições sobre as quais o esforço será aplicado devem ser especificadas. União com carga pode estar sob condições vibratórias ou intermitentes e nem todos os adesivos funcionam igualmente para todas essas circunstâncias. Alguns adesivos formam uniões duras e frágeis as quais falham sob condições vibratórias, e outros tipos são incapazes de sustentar cargas contínuas embora possam resistir a esforços intermitentes.

3.4 Condições de processamento

As condições sobre as quais o adesivo é aplicado são critérios importantes para a seleção de um adesivo correto. Fatores típicos envolvidos em montagens incluem:

- forma do adesivo;
- método de preparação e uso;
- tempo de armazenagem;
- vida útil;
- método ou equipamento necessário para a união;
- as variáveis de processamento (tempo permitido entre a demão e aderência, tempo e temperatura de secagem, temperatura de aplicação e cura, pressão e tempo de aplicação requeridos, velocidade de desenvolvimento da força aderente a várias temperaturas);
- propriedades como: odor, inflamabilidade e toxicidade do adesivo, as quais exigem equipamentos extras e medidas de segurança.

O método escolhido para aplicação de um adesivo é determinado pelo tamanho e forma das partes envolvidas, o número de componentes a serem revestidos e as dimensões das partes, assim como das propriedades físicas do adesivo. A maioria dos tipos de adesivos disponíveis está na forma que varia de consistência de líquidos a pastas e sólidos que requerem diferentes métodos de aplicação (Ex. Spray, pincel ou rolo e espátula)

3.5 Condições de serviço

O adesivo selecionado para uma determinada montagem deve sustentar as partes componentes completamente unidas no tempo útil de serviço esperado e manter a força de união nas condições de serviços encontradas.

Os tipos de adesivos apresentam muitas diferenças em suas respostas a diferentes esforços. Os adesivos termoplásticos são impróprios para aplicações estruturais porque têm tendência de falharem sob carga, amolecem com aquecimento e não suportam tensões vibratórias por muito tempo. As resinas termorrígidas, ao contrário, são muitas vezes usadas como ingredientes básicos para adesivos estruturais.

Elas formam uniões rígidas fortes em altas temperaturas. Em geral, os adesivos termorrígidos são preferíveis para aplicações que demandam alta força de aderência e boa resistência à fadiga.

Um outro fator que deve ser considerado é a variação de temperatura na qual o adesivo será usado. Especificações de uma temperatura de serviço de uma união refere-se a temperatura real da linha de cola e não da temperatura ambiente. Temperaturas de união são geralmente mais baixas do que a ambiente especialmente quando breve ou intermitente exposição de calor é envolvida. Em elevadas temperaturas todos os adesivos perdem algumas de suas forças e alguns tipos amolecem ou decompõem tornando-se inúteis.

3.6 Custos

Propriedades mais adequadas devem ser mais importantes na seleção de um adesivo do que considerações de custos. Entretanto, onde a seleção indicar que vários adesivos são válidos a escolha baseada em custos, torna-se matéria de economia para um processo de união como um todo.

O uso de adesivos de custos mais baixos pode ser avaliado em relação a alguns fatores de processamento, tais como: eficiência de cobertura em relação a área de aderência ou de componentes; facilidade de aplicação e equipamento de processamento (moldes, fornos, prensagem, aplicadores); tempo de processamento (de montagem, de preparação de aderentes, de cura, etc.); custos do trabalho de montagem e inspeção das partes coladas; desperdícios comparados com outros métodos de colagem.

3.7 Considerações especiais

Além das condições acima citadas, outras circunstâncias podem influenciar na escolha de um adesivo e, em alguns casos, os seguintes fatores são importantes:

- Propriedades elétricas (constantes dielétricas e perdas, resistência isolante). Os adesivos podem ser formulados para serem condutores elétricos ou térmicos em combinação com um adequado material de recheio;
- Propriedades óticas como transparência, linhas de cola incolores são geralmente necessárias para sistemas óticos. Quando uma cor é importante, os adesivos podem ser misturados com corantes e pigmentos e alguns que possuem cores próprias não são usados em muitas montagens óticas;
- Riscos e precauções de segurança devem ser considerados em aplicações industriais como embalagem de alimentos. O adesivo não deve ser tóxico ou possuir sabores ou odores desagradáveis que possam passar para o produto. Ocorrência de odores durante a aplicação ou mistura e cura de certo adesivo pode limitar os seus uso em muitos processos em escala industrial. ventilação adequada deve ser providenciada para adesivos que contém e evoluem voláteis durante o processamento;
- Inflamabilidade é outro perigo que pode impedir o emprego de adesivo a base de solvente, em alguns processos de fabricação. A possibilidade de ignição do vapor do solvente por faísca elétrica impede o uso de adesivos inflamáveis. Cuidados com fogo deve sempre ser tomado quando adesivos voláteis inflamáveis são envolvidos;
- Formulações adesivas podem conter ingredientes que causam irritações na pele, olhos, mucosas nasais e dermatites (ex. Alguns Adesivos resina-epóxi).

4 MATERIAIS ADESIVOS E PROPRIEDADES

4.1 Componentes de um adesivo

Muitos dos adesivos antigos foram baseados num simples material e alguns não são mais usados. A maioria dos adesivos é composta de misturas de vários materiais complexos que podem ser orgânicos, inorgânicos, ou híbridos. Os componentes da mistura adesiva são geralmente determinados pela necessidade de satisfazer certas propriedades de fabricação do adesivo, ou propriedades necessárias na colagem final. O componente básico é a substância ligante que proporciona a força adesiva e coesiva na ligação, e é usualmente uma resina orgânica, mas pode ser uma borracha, um composto inorgânico ou um produto natural

4.1.1 Diluente

O diluente é empregado como um veículo solvente para outros componentes adesivos e também para controlar a viscosidade que torna a camada adesiva uniformemente fina. Ocasionalmente, resinas líquidas são adicionadas para controle de viscosidade.

4.1.2 Catalisadores e endurecedores

Catalisadores e endurecedores são agentes de cura para o sistema adesivo. Os endurecedores efetuam a cura pela combinação química com o ligante e são baseados numa variedades de materiais (monoméricos, poliméricos, ou compostos mistos). A relação do endurecedor para o ligante determina as propriedades físicas do adesivo. Assim, poliamidas combinam com resinas epóxi para produzir um adesivo curado.

Os catalisadores, que são invariáveis, são também empregados como agentes de cura de resinas termorrígidas para reduzir o tempo de cura e aumentar a ligação cruzada do polímero sintético. Ácidos, bases, sais, compostos de enxofre e peróxidos são comumente usados. Ao contrário dos endurecedores somente pequenas quantidades do catalisador são necessárias para efetuar a cura.

4.1.3 Aceleradores, inibidores e retardadores

Estas substâncias controlam a velocidade de cura. Um acelerador é uma substância que acelera a cura causada por um catalisador, o inibidor diminui a reação de cura e o retardador prolonga o armazenamento e/ou vida útil do adesivo.

4.1.4 Modificadores

Os modificadores são materiais quimicamente inertes que são adicionados ao adesivo para alterar suas propriedades de fabricação ou de uso. Tais materiais são as cargas de recheio, extensores, thiners, plastificantes, estabilizadores ou agentes umectantes.

Recheios são materiais não adesivos que melhoram as propriedades de trabalho, força, ou outras qualidades da colagem do adesivo, e os mais usados são; pó de madeira, sílica, óxido de titânio, alumina, pós metálicos, argila de porcelana, pó de ardósia, asbestos e fibra de vidro.

Extensores são substâncias com alguma propriedade adesiva e são adicionadas como diluentes para reduzir a concentração de outros componentes adesivos e diminuir os custos do adesivo. As substâncias mais empregadas são: lignina solúvel, polvilho e resinas sintéticas pulverizadas e parcialmente curadas.

Thinners são líquidos voláteis adicionados para modificar a consistência de outras propriedades. Plastificantes são incorporados na formulação para proporcionar flexibilidade ou distensibilidade na aderência do adesivo.

Estabilizadores são adicionados ao adesivo para aumentar a resistência em condições adversas, tais como, luz, calor, radiação, etc. Agentes umectantes promovem o contato entre adesivo e aderentes melhorando as qualidades de umidade e dispersão do adesivo.

4.2 Tipos de Adesivos

Em grande parte dos adesivos, as propriedades mecânicas dependem da natureza termorrígida ou termosplástica da ligação. A diferença mostra uma base de informações sobre os tipos de adesivos, baseada no maior componente químico.

4.2.1 Adesivos termoplásticos

Os adesivos termoplásticos são classificados na categoria geral de adesivos de resinas e borrachas termoplásticas. Como uma classe, adesivos termoplásticos são fundíveis, solúveis, amolecem com aquecimento e sujeitos deslizar sob tensões. Não variam quimicamente no estabelecimento de uma colagem. A natureza termoplástica desses materiais restringe suas aplicações como adesivos em montagens de baixa carga formada de metais, cerâmica, vidro, plástico e materiais porosos baseados em papéis, madeira, couro e tecidos e que não estão sujeitos a condições severas de serviços.

Adesivos de resinas termoplásticas são baseados em vários materiais sintéticos tais como, poliamida, polímeros vinil e acrílicos e derivados da celulose. Ou em produtos naturais como a resina, goma-arábica, óleos-resinas e graxas minerais. Os adesivos fundíveis são invariavelmente constituídos de polímeros vinil poliestireno, e copolímeros, poliestireno, policarbonatos, poliamidas e outros polímeros. Aditivos, como plastificantes, recheios, e materiais de reforço geralmente compõem com a resina para conferirem propriedades particulares do adesivo. Com exceção de pastas, os adesivos termoplásticos se apresentam na forma líquida podendo ser soluções, dispersões, ou emulsões do polímero e outro componente modificante em meio volátil. Formas sólidas são também disponíveis como bastões utilizados em máquinas.

Adesivos de borracha termoplástica são os adesivos industriais mais versáteis correntemente utilizados. São desse tipo as borrachas natural e reciclada e elastômeros sintéticos tais como policloropreno, butil, estireno-butadieno e acrilonitria-butadieno. A maioria dos elastômeros é disponível em solvente e forma látex ou como dispersões aquosas e outros tipos são suportados com agentes de vulcanização.

Os adesivos de borracha termoplástica são geralmente modificados com recheios, plastificantes e outros ingredientes.

O calor ou ativação com solvente é empregado para converter adesivos em forma de películas para estado fluido antes da ligação. Ativação por solvente é aplicável somente em situações onde um aderente é poroso e capaz de permitir a liberação do solvente por absorção e difusão, e ativação com calor é empregada onde aderentes são impermeáveis e capazes de resistirem as temperaturas envolvidas.

4.2.2 Adesivos termorrígidos

Adesivos termorrígidos formam uniões que são essencialmente infundíveis e insolúveis através da ação de calor, catalisador ou combinações destes.

Ao contrário dos termoplásticos, as resinas termorrígidas exibem boa resistência ao deslizamento e fornecem as bases para muitos adesivos estruturais para aplicações pesadas e exposição em condições ambientais severas tais como calor, frio, radiação, umidade e atmosfera química.

Nestes tipos de adesivos, incluem materiais de origem natural como colas animais, proteínas de soja e vegetais, caseína e vários adesivos base-água e produtos sintéticos baseados em epóxi, fenólicos, poliésteres, poliaromáticos e outros polímeros termorrígidos.

Adesivos base-água de origem animal ou vegetal foram os mais antigos adesivos usados e são ainda importantes para móveis, madeira compensada, papéis, e materiais de embalagens e aplicações semelhantes onde baixa força de colagem e durabilidade limitada, em condições ao ar livre, são aceitas.

Os adesivos termorrígidos são encontrados na forma de líquidos, pastas e sólidos. Os tipos líquidos são geralmente de um ou dois componentes e alguns contêm um solvente volátil que não é reativo e atua como um dispersante ou para facilitar a manipulação e processamento do sistema. O agente de cura para este tipo de adesivo líquido pode ser um pó que necessita ser fundido antes da mistura dos componentes.

Muitos tipos de adesivos líquidos de dois componentes, tais como resinas epóxi, curam pela ação catalítica com ou sem aquecimento. Outros adesivos termorrígidos de duas partes resina-borracha podem ser vulcanizados a baixa temperatura mas, de outra maneira, a cura com calor é necessária. Adesivos na forma de películas sempre requerem calor e pressão para se ter máxima propriedade mecânica e as temperaturas de cura variam de 150-250 °C com pressão de aderência acima de 1MPa. Frequentemente são necessários processamentos adicionais pós-cura para adesivos estruturais onde ótima aderência é desejada.

4.2.3 Misturas borracha-resina

Existem vários adesivos nos quais borracha e resina, ambas natural e sintética, são misturadas para se obter combinações de propriedades de ambos os tipos de material. Adesivos deste tipo podem ser empregados para ligações estruturais ou objetivos gerais de acordo com o tipo de resina e borracha usadas e suas relações na formulação. Estes adesivos apresentam uma variedade de aplicações que incluem: uniões têxteis, uniões de tecidos sintéticos a madeira e metal, fixação de revestimento de paredes e azulejos, chapa metálica e filmes plásticos, colocação de soalho e várias aplicações domésticas e industriais.

4.2.4 Adesivos estruturais endurecidos

O desenvolvimento tecnológico no campo das resinas epóxi e acrílicas, ultimamente tem levado a introdução de formulações de adesivos endurecidos visando prevenir falhas catastróficas de uniões estruturais. Isto é, onde a falha da união é diretamente causada pela propagação de uma quebra quando a ligação está sujeita a tensões mecânicas. Esses materiais são compostos de uma fase resinosa vítrea que é incorporada a uma fase elastomérica dispersa que é fisicamente separada mas quimicamente unida a resina matriz.

A característica essencial dos adesivos endurecidos é que a resina matriz funciona como um elemento suporte de carga enquanto a fase flexível dispersada absorve a energia da fratura também responsável pela propagação da quebra; o elastômero deforma e racha durante a dissipação da energia. Como resultado, o perigo de falha catastrófica da película adesiva é reduzida, e melhora sua resistência à clivagem, impacto e descascamento e efeito fadiga do adesivo e tensões ambientais.

4.3 Propriedades de tipos básicos de adesivos

Os adesivos baseados no mesmo material podem variar consideravelmente em suas propriedades quando materiais modificadores são adicionados em suas formulações. As propriedades são dependentes, não somente da composição do adesivo, mas também das

condições pelas quais são preparados e usados. A seguir são descritas algumas propriedades de alguns tipos adesivos. Os valores discutidos são considerados como representativos do provável comportamento de um tipo básico de adesivo usado sob certas condições. Entretanto, informações mais detalhadas do comportamento de adesivos comerciais específicos devem ser obtidas com os fabricantes dos mesmos.

4.3.1 Acrílicos

As resinas termoplásticas baseadas nos acrilatos e derivados (amidas e ésteres), formam uma grande variedade de adesivos tipo acrílicos que incluem, emulsões ou soluções monômero acrílico, composições cianoacrilatos baseadas no diéster ácido acrílico ou polietileno glicol dimetilacrilato e seus homólogos, e composições acrílico elastômero-modificado (acrílicos endurecidos).

Os adesivos acrílicos são encontrados como soluções, emulsões e misturas 1:1 polímero-monômero (um ou dois componentes) com catalisador (líquido ou pó). Tempo de armazenagem a 20°C, acima de 1 ano; o endurecimento dos tipos solvente-emulsão endurecem por evaporação e absorção de solvente. Misturas de polímeros endurecem através da polimerização por calor, radiação ultravioleta e/ou catalisador químico.

As condições de processamento das composições solventes ou emulsões são usualmente secadas com calor; artefatos sensíveis a pressão são secados em túnel em torno de 100°C durante o processo de fabricação. Esses adesivos têm a resistência ao desgaste e umidade variando de fraca (tipo solvente) e excelente para os de misturas de polímeros. Não são afetados por álcalis, ácidos não oxidantes, óleos combustíveis mas atacados por álcoois, solventes fortes e hidrocarbonetos aromáticos e clorinados.

As aplicações desse tipo de adesivo são baseadas em montagens estruturais leves de plásticos acrílicos em si próprio, madeira, vidro, metais, borracha, couro e tecidos; uniões incolores de plásticos laminados decorativos; aplicações ao ar livre tais como placas plásticas; trabalhos em folha de alumínio, quebra-vento, instrumentos de painéis, lentes e componentes óticos nas indústrias marítima, aeronáutica e automobilística.

4.3.2 Diésteres do ácido acrílico

Tipo poliéster-resina acrílica, forma física: um componente, líquido ou pasta polimerizável. Tempo de armazenagem, a 20°C, acima de 1 ano. Cura anaeróbica ou seja, materiais que polimerizam na ausência de oxigênio (ar). A cura é automática, sem contração ou evaporação, quando colocado entre superfícies juntadas de sólidos rígidos. A durabilidade varia conforme a formulação. A resistência a agentes químicos tais como cetonas, glicóis hidrocarbonetos, hidrocarbonetos clorinados e água pode ser baixa ou alta.

Esse tipo de adesivo tem as seguintes aplicações: alumínio, aço, cobre, (zinco, cádmio, ouro, necessita de preparação com ativador metálico em solvente, ou lavagem com cromato), vidro, plásticos termorrígidos.

Os termoplásticos (tipos vinis, estirenos, celulósicos) podem ser atacados pelo adesivo não curado e o uso nesses materiais deve ser avaliado. O adesivo é fácil de ser aplicado e particularmente conveniente em pequenos trabalhos de montagens. Excesso do adesivo não curado nas junções devido à natureza anaeróbica do material, pode ser removido com solvente (tricloroetileno).

4.3.3 Alil diglicol carbonato

Tipo poliéster insaturado termorrígido. Líquido de baixa viscosidade e baixa volatilidade. Tempo de armazenagem da solução catalisada, acima de 3 meses a 0°C. Polimeriza com calor e cura após adição de catalisador. Possui boa resistência praticamente a todos os

solventes incluindo cetonas, hidrocarbonetos aromáticos, petróleo e outros produtos químicos como ácidos oxidantes. Resistente ao calor, frio e variação rápida de temperatura e condições atmosféricas.

Esse tipo de adesivo é aplicado em argamassa para vidro, vidraças, lentes, etc. onde se necessita de claridade, janelas de instrumentos de observação, espelhos plásticos, projeção de slides, lentes oftálmicas, equipamentos de raios-X e câmaras de teste biológicos. Possui excelente resistência ao impacto e abrasão. As propriedades óticas são mantidas mesmo sob condições difíceis de serviço sem ocorrer quebras internas ou superficial.

4.3.4 Borrachas butadieno-estireno

Tipo elastômeros termoplásticos sintéticos são líquidos viscosos baseados nos copolímeros estireno-butadieno em solventes geralmente hidrocarbonetos ou látex e em dispersão.

Usualmente são compostos com plastificantes. Tempo de armazenagem, a 20°C, é 3 meses a 1 ano em recipientes selados para não correr perdas de solventes. O processo de secagem consiste na liberação do solvente do adesivo adicionado nas superfícies aderentes.

A durabilidade desse tipo adesivo depende da relação entre butadieno-estireno na formulação, resistência a óleos solventes e fraca oxidação. A resistência ao calor varia com a formulação e temperatura de serviço (5-70°C). A resistência ao calor e propriedades de envelhecimento são superiores aos tipos de borracha natural e reciclada.

Esses adesivos na forma líquida têm as seguintes aplicações: plástico vinil em metal, cortiça, papel, borracha, fábricas de tapeçaria. O tipo látex é empregado em chapas metálicas, películas plásticas, papel e materiais fibrosos.

4.3.5 Borracha butil e poliisobutileno

Tipo elastômeros termoplásticos: poliisobutileno é um homopolímero e borracha butil é um co-polímero de isobutileno e isopreno. Apresenta na forma de líquido viscoso ou mastigue baseado no elastômero em solvente (usualmente hidrocarbonetos tais como nafta, ciclohexano ou hidrocarbonetos hidroclorinados) com aditivos. Conteúdo sólido varia de 5% (pulverizado) a 70% (espátula). Tempo de armazenagem, a 20°C, 1 ano em recipientes lacrados onde a perda de solvente deve ser evitada. A secagem é pela evaporação do solvente ou vulcanização (somente a borracha vinil) pela adição de agentes de cura (enxofre e compostos poli-nitrosos). Têm boa resistência a óleos minerais, ácidos, produtos químicos (não hidrocarbonetos), ozônio, água. Têm baixa permeabilidade a gases, vapores e umidade.

Este tipo de adesivo tem aplicações em papel, e artigos de papelaria, tecidos e borracha butílica e a outros elastômeros (não borracha de silicone), fabricação de pneus de automóveis. Colar metal em borracha butílica e mastigue para selagem.

4.3.6 Caseína

Tipos constituídos de pó branco que é misturado com água. O tempo de armazenagem a 20°C é de 1 ano. O processo de secagem é através de reação química com perda de água por evaporação ou absorção dos aderentes.

Esses adesivos não são convenientes para serem usados ao ar livre embora sejam mais

resistentes a variações de temperatura e umidade do que outros de base-água. Têm boa resistência ao calor seco, acima de 70°C mas, sob condições úmidas esses adesivos perdem sua força e são sujeitos a biodeterioração (fenóis clorados inibem isso).

Os adesivos de caseína podem ser combinados com materiais, como látex e amidos dialdeídos para melhorar a durabilidade. A resistência a solventes orgânicos é geralmente boa. Tais adesivos têm aplicações em trabalhos de madeira; móveis e carpintaria; fabricação de madeira compensada.

Formulações de caseína-latex de borracha natural ou sintética tem boa potência. A resistência a condições ambientais, umidade e biodeterioração é comparável aos adesivos de caseína não modificados. Adesivo de caseína látex é usado para colagem de madeira em metal de painéis. Laminados plásticos a madeira e metal.

4.3.7 Derivados da celulose

A celulose pode ser quimicamente modificada para produzir materiais termoplásticos os quais são derivados parcialmente sintéticos para formulações de adesivos. O **nitrito de celulose, acetato de celulose e etil celulose** são os derivados mais usados e cada um desses materiais tem propriedades básicas que favorecem aplicações particulares, como o adesivo.

As principais formas, propriedades e aplicações dos mesmos são as seguintes: soluções ou sólidos, a ação de secagem geralmente depende da liberação do solvente por evaporação ou solidificação por resfriamento de um sólido fundido.

Três derivados da **celulose solúveis na água** são empregados como ingredientes adesivos ou materiais aglutinantes:

- O **hidroxi etil celulose** é um aglutinante e agente de retenção de água para secar molde de cerâmica, pigmentos luminescentes, e usado para promover forte luz verde em carbetos de tungstênio;
- O **metil celulose** é um material aglutinante para indústria de papel e papelão; é também empregado como pigmento aglutinante em tintas base água;
- O **carboxi metil celulose** é usado como aglutinante em várias formulações de cerâmica vítrea e machos de fundição.

O **acetato de celulose, acetato-butirato de celulose, hidroxi-etil celulose e caprato de celulose** produzem adesivos do tipo (holt-melt) ou soluções em ésteres, cetonas ou hidrocarbonetos (clorinados). Suas propriedades principais são:

- resistências ao calor;
- a biodeterioração, a água;
- e não são resistentes a solventes orgânicos.

O **metil celulose** e **sódio carboxi metil celulose** formam soluções ou emulsões aquosas adesivas e o **nitrito de celulose** forma soluções em ésteres, cetonas ou misturas de álcool cetona.

Todos esses tipos de adesivos têm aplicações em materiais porosos incluindo couro, papel, têxteis, madeira, argamassa para vidro e espelhos, etc.

4.3.8 Cianoacrilatos

Tipo: polímeros sintéticos (alquil 2-cianoacrilatos). O monômero básico é usualmente metil ou etil mais butil acrilatos e está sendo empregado em muitas formulações. Plastificantes e polímeros modificadores de viscosidade estão normalmente presentes na composição.

Apresenta-se na forma de um componente líquido de baixa viscosidade. Tempo de armazenagem acima de 12 meses em recipientes lacrados e sob refrigeração entre 1 a 5°C.

A polimerização ocorre em baixa temperatura, sem adição de catalisador, a qual é promovida pela presença de umidade ou base fraca (materiais hidróxilos tais como álcoois) na superfície do substrato. Tem boa resistência a solventes orgânicos como álcoois, cetonas, hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos. Soluções alcalinas diluídas enfraquece a aderência e ácidos diluídos têm menor efeito. Resiste a umidade mas imersão constante na água ou vapor enfraquece gradualmente a aderência. Tal adesivo tem aplicação em estruturas leves que necessita rapidez de montagem como componentes instrumentais, unidades eletrônicas e óticas, madeira, vidro e cerâmica, borracha, couro e muitos plásticos. É um adesivo de custo relativamente alto com a vantagem de não necessitar de equipamento de aquecimento e pressão, adesão instantânea na pele e tecidos é o maior perigo.

4.3.9 Adesivos epóxicos

Produtos sintéticos termorrígidos derivados da reação de uma resina poliepóxida e um agente de cura ácido ou básico (endurecedor). Podem ser de um ou dois componentes. De um componente inclui a resina líquida livre de solvente, resina com solvente, resina em pasta, pós fundíveis e pasta, películas suportadas e não suportadas.

Os adesivos de dois componentes geralmente compreendem a resina e o agente de cura que são misturados antes do uso. A resina pode ser líquida, massa e o endurecedor ser líquido ou pó. Podem conter plastificantes, diluentes reativos, pigmentos e modificadores resinosos. Tempo de armazenagem, a 20°C de 3 meses a 1 ano e a refrigeração aumenta este tempo. As condições de processamento são determinadas pelo agente de cura empregado.

Em função da variedade de formulações disponíveis deve-se ter muita atenção nas instruções do fabricante desses adesivos, com relação a mistura dos componentes bem como dos métodos de aplicação. Em geral, sistema de dois componentes, as partes são misturadas, aplicadas em curto tempo (minutos ou horas) e curadas em baixas temperaturas (até 24 horas) ou temperaturas altas para reduzir o tempo de cura.

As propriedades da resina após curada dependem do grau de cura e do tipo do agente de cura usado. O uso de catalisadores ou endurecedores reativos para efetuar a cura resulta em desprendimento de calor da reação (exotérmica). Alguns agentes de cura comumente usados com resinas epóxi são:

Aminas alifáticas;

- trietileno-tertramina (TETA);
- tetraetileno-pentamina (TEPA);
- dietileno-triamina (DETA);
- Dimetilaminometil fenol (DMP30).

As **aminas alifáticas** formam com as resinas epóxi adesivos de cura a frio mas, podem ser aquecidos para reduzir o tempo de cura. A proporção de 10 partes do catalisador para 100 partes da resina é uso comum. Aminas aromáticas; m-fenileno diamino (MPDA), Diaminodifenilmetano (DDM) e metileno dianilina (MDA).

As resinas aromáticas formam sistemas adesivos as quais podem ser resinas líquidas ou sólidas, de um ou dois componentes que podem ser sólidos ou pastas. Todos esses sistemas necessitam de calor para cura e não são curados a baixa temperatura. O agente de cura pode ter um efeito acentuado na força de cisalhamento.

As **aminas aromáticas** produzem adesivos mais resistentes do que endurecedores de aminas alifáticas.

As poliamidas como versamidas (derivadas da amina como a **DETA** e ácidos dicarboxílicos) são agentes de cura lenta a baixa temperatura e são aquecidas para reduzir a viscosidade e facilitar a mistura com resina epóxi. As poliamidas e **aminas alifáticas** são eficientes agentes de flexibilização e produzem adesivos epóxidos curados com boas propriedades mecânicas, físicas e químicas. A resistência ao calor é geralmente limitada a 80°C. Sistemas curados com aminas aromáticas têm melhor estabilidade ao calor e suportam temperaturas de 120 a 175°C.

Em geral, os adesivos desse tipo mantém uniões com excelente aderência e durabilidade sob muitas condições ambientais. A força da união varia pouco quando em contato com óleos, graxas, hidrocarbonetos combustíveis, álcalis, solventes aromáticos, ácidos, álcoois e água fria ou quente. Têm pouca resistência a ésteres e cetonas.

Os adesivos epóxidos são versáteis para muitos materiais baseados em metais, vidro e cerâmica, madeira, concreto e plásticos termorrígidos (poliésteres, fenólicos). Aplicações industriais típicas são: Aeronáutica, automobilística, construção, eletro-eletrônica, marcenaria e usos gerais.

As **resinas epóxidas** podem ser misturadas com uma variedade de materiais para se ter propriedades desejadas. Tais aditivos incluem; plastificantes para abaixar a temperatura de cura, surfactantes para reduzir a viscosidade, cargas para variar a condutividade elétrica ou térmica e silanos reativos ou titanatos para aumentar adesão a substratos inorgânicos.

4.3.10 Epóxi-poliâmidas

Adesivos sintéticos termorrígidos obtidos da reação de resina epóxi com uma resina poliâmidas (tipo polímero de cadeia ramificada contendo grupos alifáticos reativos). Esses adesivos são constituídos de resinas epóxi líquidas e resinas poliâmidas que variam em consistência de líquidos viscosos a semi-sólidos.

O tempo de armazenagem a 20°C é de 6 meses ou mais se refrigerado. O processo de secagem é por polimerização (reação exotérmica). A cura é feita em baixas ou elevadas temperaturas e cuja velocidade dependerá da mistura adesiva. A cura é geralmente estabelecida em amostras testes para determinação da dureza e resistência a solventes. Tais adesivos têm boa resistência a solventes aromáticos e alifáticos, combustíveis, lubrificantes e óleos, água, salmoura, álcalis fracos e ácidos fortes.

As propriedades mecânicas pouco variam no intervalo de temperatura de -70°C a + 200°C. Entretanto, são sensíveis a variações de temperatura do que os adesivos tipo epóxi não modificados. São aplicados como adesivos estruturais unindo metais a similares ou não, vidro e cerâmicas, couro, madeira, metal em plástico, borracha, reparos de alvenaria, construção e na indústria em geral. Não são convenientes para plásticos polítenos e fluorpolímeros.

4.3.11 Epóxi-poliuretano

Tipo resina epóxi misturada com polímero uretano (carbamato). Existe na forma de pasta de um componente com catalisador latente (diciandiamida) e recheio de alumínio. O tempo de armazenagem a 20°C excede a 1 ano. Secagem por polimerização e cura em 1 hora a 182°C. É um adesivo estrutural para metais tais como aço inoxidável, alumínio, cobre, titânio onde alta força tensil é necessária principalmente para aplicações em baixa temperatura.

4.3.12 Adesivos “hot-melt”

Esses materiais são agentes de união que são aplicados como material fundido que ao atingir um estado sólido provocam aderência por resfriamento. São materiais termoplásticos (100% sólidos) que fundem em temperaturas variando de 65-180°C. Os seguintes polímeros, resinas e graxas têm sido usados em formulações “hot-melt” : asfalto e betume de alcatrão de hulha, resinas fenólicas, terpeno, graxas (mineral e vegetal), butil metacrilato, etil celulose, poliamidas, copolímero etileno-vinil acetato, polietileno, acetato polivinil e derivados, poliestireno, resinas fenóxi, derivados, poliisobutileno, poliésteres , poliisopreno, dentre outros.

Os adesivos “hot-melt” usualmente contêm três materiais básicos: um polímero de alto peso molecular para proporcionar viscosidade ao material fundido e força coesiva ao sólido; um elastômero sintético para aumentar elasticidade e aderência e uma resina (sintética ou natural) para adicionar fluidez e promover ação umectante. A formulação é dependente dos aderentes envolvidos e também das condições necessárias de aplicações, tempo, temperatura e pressão.

Os diversos tipos de adesivos “hot-melt” quimicamente se dividem em dois principais grupos: o primeiro refere aos polímeros vinil e suas formulações (ex. Etileno e seus copolímeros, polipropilenos amorfos e borrachas termoplásticas). Um adesivo “hot-melt” típico pode ser acetato etileno vinil e aditivos como, polímeros termoplásticos, graxas estabilizadoras e cargas. O segundo grupo é constituído de poliamidas, poliésteres e poliuretanas.

Esses adesivos são disponíveis em várias formas tais como fita, película, pelota, cilíndrica, cúbicas e blocos. Muitos materiais são aplicados como solução ou emulsão para ser secada e ativada com calor. São empregados em montagens rápidas de materiais usados em encadernação, papel e embalagem, calçados em geral e indústrias plásticas, etc. Uniões de cerâmica, cortiça e metal, papel a chapa metálica; baixa temperatura adesiva.

4.3.13 Adesivos fenólicos

Os adesivos fenólicos são obtidos a partir da mistura da resina fenólica termorrígida com outros componentes tais como resina epóxi, formaldeído, neopreno, nitrila, poliamida (termoplástica), vinil butiral (termoplástico) e vinil formal (termoplástico). A maioria desses tipos de adesivos está na forma líquida e alguns como pós ou películas. São resistentes a água quente, óleos, biodeterioração, ácidos fracos, hidrocarbonetos solventes e outros materiais.

O adesivo fenólico-epóxi é empregado em uniões estrutural de metais em altas temperaturas (incluindo cobre e ligas, titânio, ferro galvanizado e magnésio); vidro em cerâmica e composto fenólicos. O tipo fenólico-formaldeído é usado em madeira, móveis , madeira compensada, junção de metal em madeira para uso externo, vidro em metal para bulbo de lâmpada elétrica. Os outros tipos são muito empregados como adesivos estruturais para metais, borrachas plásticos, vidro e cerâmica e outros materiais industriais.

4.3.14 Adesivos poliuretanos

O termo poliuretano refere-se a uma série de diferentes tipos de adesivos em que o grupo uretano está presente anteriormente ou é formado após aplicação e durante a cura. Eles podem ser termorrígidos ou termoplásticos e são produtos da reação de isocianatos polifuncionais e álcoois poli-hidróxidos (polióis) ou certos poliésteres. Os isocianatos mais comum usados são: tolueno diisocianato (TDI) e 4,4' difenil metano diisocianato (MDI). Os adesivos de poliuretano são convenientemente divididos em três classes: tipos baseados em solventes, dispersões aquosas e produtos de reação.

Adesivos solventes -são adesivos uretanos base-solvente disponíveis em sistemas de uma ou duas partes. Basicamente de natureza termoplástica, são misturados muitas vezes com poliisocianatos em pequenas quantidades para introduzir certo grau de propriedades termorrígidas.

As formulações são feitas a partir da reação dos diisocianatos (TDI ou MDI) com poliéster dióis e misturado com cetonas ou suas misturas com ésteres ou hidrocarbonetos. O processo de endurecimento para o adesivo de uma parte é a evaporação do solvente e baixa temperatura de cura. Para o tipo de duas partes o endurecimento ocorre pela adição de catalisador para polimerização.

As principais aplicações do adesivo de uma parte é na indústria de calçados par uniões de revestimento interno de botas de PVC. E, com substratos tais como PVC, poliuretano, couro, estofados e adornos na indústria automobilística. Os sistemas de duas partes são empregados em tecidos, espumas de uretano, laminações com têxteis, laminações para embalagens e uniões de película de poliéster em isolação elétrica.

Adesivos dispersões aquosas - são adesivos uretanos base-água de um componente preparados pela reação de um prepolímero isocianato terminado com uma diamina carboxilada ou sulfonada solvente miscível com água (acetona). O poliuretano resultante é disperso em água e o solvente orgânico destilado.

O processo de endurecimento ocorre pela perda de água a temperatura ambiente. Esses adesivos exemplificam o uso de adesivos em solventes orgânicos onde problemas de alto custo, toxicidade e inflamabilidade podem aparecer. Tais adesivos são aplicados em lavagem e laminações de têxteis resistentes a limpeza a seco, filmes plásticos para laminações, colagem de sola na fabricação de calçados, e como aditivos para outros sistemas adesivos.

Adesivos de reação -Esses tipos de adesivos incluem formulações de uma ou duas partes na forma de líquidos de alta viscosidade. Eles podem ser solvente livre ou ter baixo conteúdo de solvente. O sistema de uma parte resulta da reação de um poliéter póliol (óxido de etileno polimerizado ou óxido de propileno) com um poliisocianato para dar polímeros isocianatos terminados que curam em contato com umidade. Sistemas de duas partes são derivados de polióis de baixo peso molecular e isocianatos, ou de polímeros isocianatos terminados com polióis ou poliaminas. Os polióis usuais são ésteres com pesos moleculares variando de 500-3000. Os adesivos de uma parte cura pela reação com umidade ambiente ou umidade presente no substrato. De duas partes a cura é feita a baixa temperatura, cuja velocidade pode ser acelerada com catalisador.

As principais aplicações do adesivo de uma parte são: em laminações de películas plásticas (poliamidas, poliésteres, celofane, poliolefinas) em embalagens flexíveis. De duas partes são empregados em filtros resistentes a combustíveis e óleos e compósitos metais em plásticos na indústria automotiva. Montagens de estruturas metálicas para condições criogênicas de serviços.

4.3.15. Adesivos derivados da borracha

Formulações adesivas baseadas em borrachas natural ou sintética quimicamente tratadas são disponíveis na forma solvente e incluem as seguintes:

Borracha clorinada - Empregada principalmente para colagem de borracha natural ou sintética em metais e borracha em borracha. Funciona como um preparo para superfícies metálicas antes da união de borracha vulcanizada ou não vulcanizada com adesivos baseados em nitrila ou neopreno. A borracha clorinada é usada também como aditivo para adesivos de nitrila ou neopreno para melhorar adesão a metais. Tem boa resistência a água, óleos, combustíveis e biodeterioração.

Borracha ciclisada - Borracha resinosa relativamente dura com melhor força coesiva, durabilidade e resistência química maior do que borracha não tratada. A ciclição é produzida pelo tratamento de borracha natural com ácidos fortes (ácido sulfúrico). Usada para uniões de borracha em metal ou em si próprio. Boa resistência a água, envelhecimento e biodeterioração e fraca resistência a óleos e combustíveis. A resistência ao calo é inferior a borracha clorinada.

Borracha hidroclorinada - Material resinoso derivado do tratamento de borracha com ácido clorídrico e usado principalmente para fabricação de filme de embalagem (borracha transparente e impermeável). Tem limitadas aplicações adesivas mas, tem sido usada para uniões de borracha em metal onde processamentos de vulcanização de borrachas são necessários.

4.3.16 Silicones

Silicones são polímeros semi-inorgânicos (poliorganosiloxanos) que podem ser fluidos, elastoméricos ou resinosos conforme o tipo do grupo orgânico no átomo de silício e a extensão das ligações ramificadas da cadeia do polímero.

O uso de silicones como adesivos não tem sido extenso mas certas resinas de silicone e polímeros elastômeros têm sido desenvolvidas com propriedades adesivas para algumas aplicações. Silicones podem também ser usados para melhorar a estabilidade ao calor de outros materiais adesivos como resinas epóxi e fenólicas.

Resinas de silicone - Apresenta como solução aromática solvente com um conteúdo sólido em torno de 60% ou mais de acordo com o uso. Para emprego em fitas adesivas sensíveis a pressão, o solvente é removido pela secagem dos aderentes por 15-30 min. a 70-100°C. São aplicadas na fabricação de fitas adesivas sensíveis a pressão; materiais incluindo borrachas de silicone, filme de poliéster, fibra de tecidos sintéticos. Fitas são usadas como isolante de bobinas elétricas. Adesivo selante para isolação óxido de alumínio (elemento aquecido) exposto.

A força adesiva varia com o material de apoio para fitas sensíveis a pressão. A força coesiva da resina curada é aumentada pela incorporação de cargas como cinzas, quartzo, óxido de zinco e carbonato de cálcio.

Borrachas de silicone - Disponíveis como pastas brancas livres de solvente formando produtos de uma ou duas partes os quais curam para obter silicones elastômeros flexíveis (silastômeros). Esses materiais são essencialmente adesivos/selantes. Apresentam alta resistência a umidade, água quente, oxidação, ozônio, produtos químicos incluindo ácidos diluídos e álcalis. Estáveis ao calor no intervalo de -75°C a 250°C e boa flexibilidade em baixas temperaturas.

São aplicadas principalmente como selantes, junção e reparos de material de calefação, montagens isolantes e à prova d'água, elétricas e mecânicas (doméstica e industrial). Selantes para junções de costuras e soldas na indústria automobilística, uniões entre metais, vidro, cerâmicas, lã e plásticos que necessitam de flexibilidade, encapsulantes em equipamentos elétricos e eletrônicos. Formam capa têxtil natural e sintética resistente ao calor.

Epóxi silicone - Silicones que podem ser misturados com resinas epóxi para combinar a estabilidade térmica dos silicones com a força mecânica dos epóxis. Esses materiais podem ser úteis para certas montagens estruturais embora as propriedades mecânicas sejam inferiores aos adesivos baseados em fenólicos modificados ou epóxi.

4.3.17 Adesivos uréia formaldeído

Adesivo tipo resina termorrígida consistindo de duas partes uma resina e um agente endurecedor (líquido ou pó). Também disponível como pó seco na forma spray, com um endurecedor incorporado que é ativado pela mistura com água. O endurecimento é alcançado pela polimerização por condensação com eliminação de água.

Esses adesivos são indesejáveis em condições extremas de serviço como alta umidade, água quente e temperaturas acima de 60°C. Resistem a água fria e biodeterioração e podem ser compostos com aditivos para melhorar a durabilidade. Agentes endurecedores são muito importantes componentes. O uso de extensores de amido reduz a resistência a água, aumenta a viscosidade da resina para superar a absorção adesiva em materiais porosos (madeira). São aplicados em madeira e materiais correlatos com conteúdo de umidade de 7-15% para fabricação de peças de madeira leves e finas, montagens de móveis de madeira compensada e marcenaria em geral.

4.3.18 Adesivos base água

Todos os adesivos em algum estágio de suas aplicações devem ser fluidos capazes de umedecer o substrato antes da formação da união. Muitos adesivos são fluidos quando aplicados e são representados pelos base água, base solvente, prépolímeros flúidos e "hot-melts".

Para adesivos base água ou solvente, montagens de partes podem ser feitas com remoção do líquido veículo desde que um dos substratos seja poroso; para substratos não porosos (metais) a remoção do veículo é necessária antes da união das partes. A formação da ligação depende da reativação da película adesiva secada sob calor e pressão.

Adesivos base água são obtidos de materiais que podem ser dissolvidos ou dispersos em água somente. Alguns materiais empregados para produção de adesivos base água são os seguintes: caseína, destina e amido, cola animal, gomas, lignina, álcool polivinil, carboximetil celulose de sódio e silicato de sódio.

4.3.19 Graxas

Graxas são materiais termoplásticos de origem natural ou sintética que são usualmente aplicadas como adesivos "hot-melt" acima de 54°C; o endurecimento ocorre do resfriamento do material fundido. Vários tipos disponíveis são derivados de fontes minerais, vegetais, petróleo ou baseados em polímeros sintéticos de altos pesos moleculares, e podem ser compostas com elastômeros para melhorar sua flexibilidade. Têm boa resistência a água e biodeterioração e fraca em relação a solventes orgânicos e calor.

Os adesivos desse tipo são usados para uniões temporárias com materiais não porosos como vidro e metais, e para embalagens de papel, celofane, e laminas e películas de metais e plásticos.

4.3.20 Sais Inorgânicos

Adesivos baseados em compostos tais como silicato de sódio, oxicloreto de magnésio, óxido de chumbo (litage), enxofre, e vários fosfatos metálicos são grupos típicos de adesivos inorgânicos. Esses materiais formam uniões fortemente resistentes para aplicações especiais.

O advento dos adesivos de origem sintética tem diminuído o uso de muitos dos velhos adesivos inorgânicos. O silicato de sódio é o comercialmente mais importante e suas características são as seguintes: material encontrado como solução aquosa viscosa incolor

cujas composição é normalmente expressa em termos da relação de dióxido de silício e óxido de sódio ($\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$) e usualmente varia de 2 a 3,5 com viscosidade conveniente para muitas formulações comerciais. Muito resistente a altas temperaturas, acima de 11000°C , e é naturalmente resistente a mofo e ataque de bactérias.

O principal uso de silicato solúvel é para colagem de papéis na fabricação de caixas de papelão ondulado. Outras aplicações desse tipo de adesivo são: uniões de madeira, fabricação de madeira compensada, folhas metálicas em vários substratos (cobre em paredes, compensado em aço, lâmina de alumínio em papel, alumínio em asbestos para portas de fornos, metais em vidros), vidro em vidro, porcelana, couro têxteis, montagens de fibra de vidro e uma série de aplicações.

5. PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES

Além da escolha de um adesivo para colagem de materiais desejados e sob condições de serviço especificadas, é importante, também, a preparação das superfícies aderentes antes da adição do adesivo de forma que a união dos materiais seja eficiente. Os materiais aderentes podem ser metais, plásticos, borrachas, produtos fibrosos, materiais inorgânicos e madeira.

Para o tratamento de superfícies desses materiais devem ser observadas precauções de segurança quando soluções químicas e solventes são empregados no processo. Possibilidades de perigo incluem: queimaduras de pele e olhos e onde ácidos são empregados luvas e óculos de segurança devem ser usados. Inalação de fumos ácidos deve ser evitada.

Em preparações de soluções ácidas aquosas, sempre adicionar ácido a água vagarosamente para evitar riscos de explosão e nunca ao contrário. Partes secas podem ser limpas com solventes orgânicos inflamáveis, mas ao ar livre ou em armários com exaustores (capelas químicas).

5.1 Tratamento de superfícies

A força de uma junção depende não somente da força coesiva do adesivo ou aderentes, mas também do grau de adesão da superfície unida. Para ótima adesão, as superfícies devem estar limpas ou convertidas em condições convenientes antes da união e isto é o principal objetivo de todos os tratamentos de superfície.

5.1.1 Metais

A preparação de superfícies é mais significativa para a integridade e durabilidade de junções metálicas onde são submetidas a altas tensões e simultaneamente condições severas de serviço. Os seguintes processos são usados para tratamento de superfícies metálicas para uniões adesivas:

Desengraxamento - Superfícies metálicas são invariavelmente sujas com óleos e graxas e um pré-tratamento de desengraxamento é necessário, seja com vapor ou por solvente orgânico como tricloroetileno ou percloroetileno. Removedores alcalinos e/ou soluções detergente são geralmente usadas, após tratamentos com solventes, para remover pós e sais inorgânicos. A limpeza alcalina pode deixar a superfície incompatível com muitos adesivos. Por isso, seguido dessa limpeza deve-se fazer um tratamento químico ou mecânico da superfície a qual deve ser secada com ar quente antes da união adesiva.

Métodos mecânicos - Meios mecânicos de abrasão são empregados onde a superfície do metal está imprópriamente oxidada. Os métodos dependem da ação abrasiva de escovas de arame, areia e lixa, ou técnica de jatos de ar para remover camadas indesejáveis da superfície.

Métodos químicos - Os tratamentos químicos e eletroquímicos são preferíveis em relação aos mecânicos onde processamentos econômicos e facilidade de controle da superfície e qualidade de junção são importantes. Adicionalmente, os tratamentos químicos podem também produzir uma resistência química na camada superficial a qual melhora a força de união.

Esses tratamentos envolvem imersões em reagentes (que variam de ácidos diluídos a concentrados ou soluções alcalinas) em baixas ou elevadas temperaturas. Após a película de óxidos ser removida pela decapagem, o metal é usualmente tratado sob condições controladas com soluções leves como as de dicromato ácidas, para produzir camada fina de óxido de espessura e estrutura controlada.

5.1.2 Plásticos

Os materiais plásticos são descritos como termorrígidos ou termoplásticos conforme o seu comportamento quando exposto ao calor, ação solvente ou sob tensões.

Os pré-tratamentos são obrigatórios para muitos plásticos os quais são os materiais mais difíceis de união. Para remoção de várias impurezas das superfícies plásticas podem ser usados vários materiais (ação solvente, abrasão, tratamento do plástico com calor suave). Os tratamentos químico e físico para esses materiais são convenientes para promover a adesão convertendo o substrato a uma superfície de alta energia. A modificação de superfície pode ser feita por diversas maneiras tais como: abrasão para remover materiais aderentes indesejáveis, reagentes que modificam quimicamente o substrato e exposição a chama oxidante.

6. TESTES FÍSICOS DE ADESIVOS

Para a avaliação da força adesiva de uma junção são utilizados vários métodos de testes não-destrutivos e efeitos de condições adversas de serviços na força de união adesiva. Em adição a determinação da força de junção, esses métodos proporcionam um meio para checar a eficiência dos processos para se fazer a união.

Uma junção forte é invariavelmente dependente dos fatores técnicos da união tais como aplicação do adesivo, pré-tratamento dos aderentes e condições de cura dos adesivos.

As condições de aderência também determinam a reprodutibilidade de resultados de testes e informações completas do número de variáveis necessário neste trabalho de avaliação adesiva.

Existem vários métodos de testes padrões publicados pela *American Society For Testing Materials – ASTM* relativos a tensões e condições de serviço de uniões adesivas de diversos materiais, tais como cisalhamento em materiais rígidos como metais, madeira e similares, plásticos reforçados, madeira compensada; Impacto em metais e madeira; clivagem em metais e madeira; descascamento em plásticos borracha, couro, compósitos,

lâminas metálicas; flexão em laminados de metais, madeira, plásticos. Existem, também, normas de testes para determinação de efeitos de várias condições ambientais adversas como temperatura, água, durabilidade, produtos químicos, biológicos e radiação e testes não-destrutivos para som, ultrassom, constante dielétrica, prova de cargas e outros.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT já publicou 29 normas técnicas sobre adesivos principalmente para calçados. A Associação Brasileira da Indústria Química – ABIQUIM criou uma Comissão Setorial de Colas, Adesivos e Selantes para, como um dos objetivos, processar uma revisão das normas técnicas de adesivos, no âmbito do CB-10 – Comitê Brasileiro de Química, da ABNT.

Conclusões e recomendações

Segundo a ABIQUIM, “a produção de colas, adesivos e selantes cresceu 4% em 2006. As empresas do segmento têm investido no desenvolvimento de novos produtos e aplicações, como hot melts e adesivos sem solventes aromáticos. Continuar a disseminar essas novas tecnologias no mercado consumidor é um dos desafios da Comissão Setorial de Colas, Adesivos e Selantes da Abiquim”.

Em relação aos produtos adesivos e matérias-primas comercializados no Brasil, a Editora Química e Derivados Ltda. publica anualmente o Guia Geral de Produtos Químicos cuja edição, de 2007, constam nomes e endereços dos fabricantes de resinas (epóxi, poliuretano, silicone, acrílico, etc.), fabricantes de adesivos, formuladores e distribuidores de matérias-primas (agentes de cura, cargas, solventes, pigmentos, etc.) bem como nomes dessas matérias de acordo com a nomenclatura usual no mercado ou, em alguns casos, por nomes técnicos genéricos regidos pelas normas científicas.

A Agência Nacional de vigilância Sanitária – ANVISA por meio da Resolução ANVISA nº 345 determina que, até 31 de dezembro de 2007, as associações representantes do setor fabricante de colas e adesivos devem apresentar pesquisas objetivando a adição de desnaturante, substância de odor repugnante e sem efeitos toxicológicos aos produtos.

Assim, por precauções de segurança e melhor aproveitamento técnico do uso de adesivos, recomenda-se ao consumidor ou empreendedor que pretende utilizar ou desenvolver atividades que demandam, principalmente, maiores quantidades de produtos adesivos, que tais atividades sejam acompanhadas por consultores técnicos devidamente habilitados.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. Disponível em: <www.abiquim.org.br>. Acesso em: 18 jun. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em: <www.abnt.com.br>. Acesso em: 18 jun. 2007.

ENCICLOPÉDIA BARSA. Encyclopaedia Britannica, v.1. 1969.

GUIA GERAL DE PRODUTOS QUÍMICOS. Química Derivados. 2007.

SHIELDS, John. **Adesivos handbook**. 3rd ed. Butterworth & Co. 1984.

Nome do técnico responsável

Luiz Rodrigues Pereira – Engenheiro Químico

Nome da Instituição do SBRT responsável

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC

Data de finalização

18 jun. 2007