

INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS SUPERFICIAIS NA ADESÃO DE POLIPROPILENO UTILIZANDO ADESIVO A BASE DE POLIURETANO.

Fernando Beltrame Costa

Centro Universitário Padre Anchieta

Ms. Hipólito Alberto da Silva Gomes

Centro Universitário Padre Anchieta

hipolitoa@anchieta.br

Dr. Ailton Cavalli

Centro Universitário Padre Anchieta

ailton.cavalli@anchieta.br

RESUMO

Neste trabalho foram avaliadas as propriedades de adesão estrutural de um adesivo a base de poliuretano em substratos de polipropileno, termoplástico plástico quimicamente inerte e pouco compatível com adesivos. Foi possível concluir que a adesão aumenta com a limpeza e a preparação da superfície em até 451% comparada com superfícies não limpas e não preparadas. Utilizando diversos tipos de tratamento que utilizam a limpeza da superfície e a preparação com primer, foi possível constatar que esses procedimentos são mais adequados para a adesão de duas superfícies de polipropileno com o adesivo de poliuretano. Dessa forma, a compreensão das estruturas e propriedades do adesivo e da superfície é fundamental para a adequação dos procedimentos de adesão.

Palavras-chave: Adesão, polipropileno, poliuretano.

ABSTRACT

In this paper, the properties of a structural adherence of a sticker made of polyurethane with substrates of polypropylene, thermoplastic plastic chemically inert and little compatible with stickers have been measured. It was possible to conclude that the adherence after the preparation and cleaning of the surfaces has increased up to 451% compared with surfaces that have not been prepared and cleaned. Using many types of treatments that use the surface cleaning and the preparation with primer, it has been possible to find that these procedures are more adequate for the adherence of both surfaces of polypropylene with the polyurethane sticker. This way, the understanding of the structures and properties of the sticker and the surfaces is fundamental for the adequacy of adherence proceeding .

Keywords: Adherence. Polypropylene. Polyurethane.

INTRODUÇÃO

Com o advento de novas tecnologias e de materiais cada vez mais leves e com propriedades específicas, também surge a necessidade de unir esses materiais dissimilares. Os principais meios de adesão conhecidos atualmente são a união mecânica (parafusos, rebites), soldas e uniões químicas, como no caso dos adesivos.

A tecnologia de união por adesivos é relativamente emergente e proporciona a solução de muitos problemas relacionados às técnicas de fixação convencionais (Vilar, 2004). A união com adesivo reduz muito o peso final do produto, reduz vibração, serve como selante e também permite uniões de substratos diferentes, diferentemente dos outros tipos de fixação (Vilar, 2004).

A utilização dos adesivos sempre foi conhecida pela humanidade. Entretanto, foi no século XX que ocorreu seu crescimento devido ao fato da larga utilização desse tipo de material nas indústrias. Atualmente, o entendimento do fenômeno da adesão por engenheiros é fundamental para a concepção de projetos de engenharia, especialmente os referentes à substituição de processos de fixação triviais, tais como rebites, soldas e parafusos (Silva et al, 2007).

Os adesivos proporcionam inúmeras vantagens em relação aos outros tipos de ligantes e estão, portanto, ganhando espaço cada vez maior nas indústrias de um modo geral. Como exemplos dessas vantagens, podemos citar a distribuição homogênea das forças atuantes, a não formação de pilhas galvânicas e o fato de, além de unirem materiais dissimilares, agirem como agentes vedantes (Skeist, 1990).

Essa busca constante por materiais mais leves, recicláveis e com baixo custo, fez com que o polipropileno se tornasse um plástico muito utilizado em diversas aplicações. O polipropileno, (PP), é um termoplástico, pois pode ser moldado apenas com o aquecimento. Ele é um polímero derivado do propeno e algumas características específicas desse material são: resistência a produtos químicos e solventes, baixo custo, fácil moldagem, alta resistência à flexão e fadiga, boa estabilidade térmica e fácil coloração. Suas principais aplicações são: brinquedos, autopeças, copos plásticos, equipamentos náuticos, material hospitalar e fibras (Vilar, 2004). No entanto, devido à sua estrutura molecular, o PP é um plástico apolar, o que faz com que a união química através de adesivos seja crítica. Por isso, há a necessidade de modificar a sua superfície,

facilitando assim o processo de adesão. Os métodos mais utilizados são: a flambagem, a corona, o primer e o lixamento (Canevarolo, 2009).

No presente trabalho, abordaremos a adesão do polipropileno, pois por se tratar de um plástico muito apolar a adesão química é muito crítico. Devido a esse motivo, alguns tratamentos superficiais são necessários para que haja uma modificação na superfície do composto e, conseqüentemente, a melhoria no processo de adesão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse trabalho, fizemos a caracterização mecânica dos adesivos por meio de ensaios mecânicos. Em tais ensaios de adesão foram utilizados os seguintes materiais:

1. 25 corpos de prova em PP contendo 30% de talco com dimensões de 1” x 2,5” x 1,5”;
2. Máquina de ensaio universal EMIC modelo DL-2000;
3. 01 Espátula de Madeira;
4. 01 Placa retangular de alumínio, com dimensões 150 x 300 mm;
5. Fusor 152, adesivo bi-componente a base de poliuretano, LORD Corporation;
6. Papel Toalha;
7. Solvente Metil etil cetona;
8. Cabine e equipamento para jateamento industrial;
9. Esferas de vidro angulares, com 0,8 mm de diâmetro;
10. Pincel de pintura de 1 polegada de largura, com cerdas de crina de cavalo;
11. Promotor de aderência para PP, Chemlok 459-X, LORD Corporation.

Os ensaios efetuados foram de resistência à tensão de cisalhamento, conforme a norma ASTM D-1002. Foram utilizados 25 corpos de prova, divididos em grupos de cinco corpos de prova, sendo que cada grupo recebeu um tratamento superficial diferente:

- o primeiro grupo não recebeu tratamento de superfície e foi denominado “controle”;

- o segundo grupo apenas teve sua superfície limpa com metil etil cetona e não recebeu tratamento algum. Utilizou-se, para a limpeza, papel toalha;
- o terceiro grupo foi atacado com esferas de vidro de 0,8 mm de diâmetro, utilizando-se uma pistola de ar comprimido e através de uma cabine para jateamento industrial, conforme ilustra a figura 1;



Figura 1: Máquina de jateamento industrial

- o quarto grupo recebeu primer preparador para PP Chemlok 459-X, que foi aplicado na superfície com auxílio de um pincel;
- o quinto grupo combinou-se jateamento e aplicação do preparador de superfície. Os corpos de prova foram jateados e, em seguida, foi aplicado o preparador de superfície Chemlok 459-X.

Os corpos de prova com superfícies previamente preparadas foram dispostos sobre a placa de alumínio, demarcada com a fita de uma polegada de espessura, que serviu de guia para definir a área de aplicação do adesivo.

O adesivo foi preparado conforme indicações do fabricante, na proporção 1 para 1 em volume (Parte A, a base de isocianato: Parte B, a base de poliol), e foi aplicado

sobre os corpos de prova, conforme ilustra a figura 2:

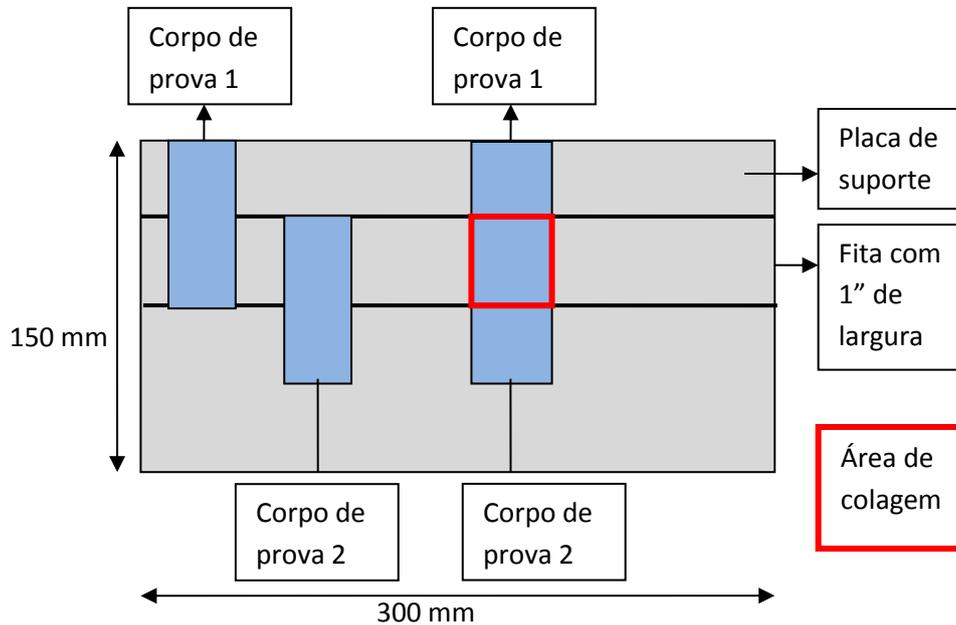


Figura 2: Confecção dos corpos de prova

Pressionaram-se as colagens e as mesmas foram mantidas sob pressão por aproximadamente 10 segundos.

As colagens ficaram em repouso durante 48 horas à temperatura ambiente, para a cura total do adesivo. Após este tempo, efetuou-se a tração em máquina de ensaio universal marca Emic, modelo DL-2000 (ilustrada na figura 3), com célula de carga de 2000 kgf e utilizando velocidade de 20 mm/min.



Figura 3: Máquina de ensaio universal de tração.

A média dos valores de adesão obtidos foi conseguida através da média aritmética dos valores experimentais. Para realização dos ensaios de adesão, foi utilizado o adesivo estrutural bicomponente base poliuretano Fusor 152. Esse adesivo é composto por um componente A base poliisocianato aromático e um componente B base polioliol. A proporção de mistura é 1 parte do componente A para 1 parte do componente B. Segue abaixo uma tabela com as propriedades físico-químicas do adesivo:

Tabela 1: propriedades físicas do adesivo poliuretano

Propriedade	Valor	Referência da norma
Densidade	1,41 g/cm ³	ASTM D792
Elongação	72%	ASTM D882
Tensão à ruptura	3000 psi	ASTM D882
Módulo Young	22,200 psi	ASTM D882
Dureza	87	ASTM D2240, Método A
Temperatura de transição vítrea	-50°C	ASTM D3418
Resistência ao cisalhamento em metal pintado (e-coat)	1730 psi	1 in x 1 in x 0.030 in sobreposição.

TIPOS DE FALHA

A finalidade de uma colagem eficiente é a transmissão de carga entre os dois componentes ligados, mantendo a sua integridade estrutural em condições adversas. É fundamental a correta avaliação da distribuição do perfil de tensões e conseqüentemente dos tipos de falha obtidos nas juntas coladas.

Kim e colaboradores (1989) explicam que são três os tipos de falhas de adesão elementares: falha do adesivo, falha coesiva e falha do substrato.

- 1) falha do adesivo: quando ocorre o descolamento ou o desprendimento do adesivo do substrato. O desprendimento pode ser apenas de um dos lados ou de ambos os lados da colagem. Conclui-se que as falhas adesivas ocorrem devido à má preparação da superfície. Por outro lado, assume-se que uma junta deve ser projetada de modo que a falha nunca ocorra deste modo, ou seja, por falha do adesivo;
- 2) falha coesiva: é a ruptura do adesivo e ocorre quando o substrato e/ou a ligação entre o adesivo e o substrato é mais forte do que a resistência interna do próprio adesivo. Não há descolamento, o adesivo se rompe ao meio e há presença de adesivo em ambos os lados da colagem;
- 3) falha do substrato: o que se espera de um processo de colagem. A adesão é mais forte do que a força de coesão interna de ambos ou um dos substratos envolvidos; após solicitação mecânica, a linha de colagem permanece intacta e o substrato se rompe.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tabelas abaixo mostram os resultados obtidos.

Tabela 1: Adesão sem tratamento superficial (“Controle”)

Corpo de Prova 01	60 kgf/pol ²
Corpo de Prova 02	58 kgf/pol ²
Corpo de Prova 03	60 kgf/pol ²
Corpo de Prova 04	59 kgf/pol ²
Corpo de Prova 05	61 kgf/pol ²

Média	60 kgf/pol² – Falha do Adesivo
--------------	--

Tabela 2: Limpeza com Metil Etil Cetona

Corpo de Prova 01	80 kgf/pol ²
Corpo de Prova 02	80 kgf/pol ²
Corpo de Prova 03	80 kgf/pol ²
Corpo de Prova 04	78 kgf/pol ²
Corpo de Prova 05	82 kgf/pol ²
Média	80 kgf/pol² – Falha do Adesivo

Tabela 3: Jateamento com esferas de vidro

Corpo de Prova 01	100 kgf/pol ²
Corpo de Prova 02	120 kgf/pol ²
Corpo de Prova 03	128 kgf/pol ²
Corpo de Prova 04	114 kgf/pol ²
Corpo de Prova 05	122 kgf/pol ²
Média	117 kgf/pol² – Falha do Adesivo

Tabela 4: Aplicação de primer

Corpo de Prova 01	230 kgf/pol ²
Corpo de Prova 02	228 kgf/pol ²
Corpo de Prova 03	230 kgf/pol ²
Corpo de Prova 04	240 kgf/pol ²
Corpo de Prova 05	222 kgf/pol ²
Média	230 kgf/pol² – Falha do Adesivo

Tabela 5: Jateamento e primer

Corpo de Prova 01	320 kgf/pol ²
Corpo de Prova 02	322 kgf/pol ²
Corpo de Prova 03	330 kgf/pol ²
Corpo de Prova 04	332 kgf/pol ²
Corpo de Prova 05	351 kgf/pol ²
Média	331 kgf/pol² – Falha do Substrato

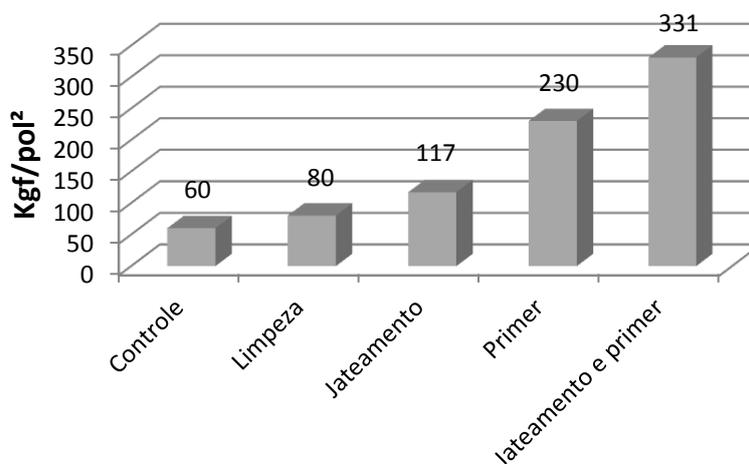


Figura 1: Forças de cisalhamento versus tratamentos superficiais.

As uniões para as quais não foram efetuados tratamentos superficiais, denominadas “controle” desenvolveram 59 Kgf/pol² com falha do adesivo. Os níveis de carga obtidos com este grupo foram os menores. De acordo com Silva *et al* (2007), superfícies a serem coladas que não recebem nenhum tratamento de superfície contêm contaminantes físicos e eventualmente químicos que atrapalham o contato molecular entre o adesivo e o substrato e, conseqüentemente, a adesão.

Moita Neto (2006) explica que a limpeza da superfície é crítica para o molhamento da substância adesiva no substrato porque partículas soltas, contaminantes, umidade, fuligem e poeira atuam como película antiaderente e não permitem um bom espalhamento e, conseqüentemente, um bom contato. A utilização de solventes de limpeza removem os contaminantes da superfície e então permitem contato efetivo da substância adesiva com o substrato.

Adams e Drinkwater (1999) definem como falha do adesivo o descolamento completo do adesivo da área de colagem. Quando as superfícies foram limpas com metil etil cetona as uniões desenvolveram 80 Kgf/pol², o que significa incremento de 33% nos níveis de adesão. As falhas permaneceram sendo do adesivo.

O jateamento com esferas de vidro aumentou os níveis de adesão em 95% em relação ao controle, porém, ainda com falha do adesivo.

Os resultados condizem com estudos de Harris e Beevers (1999), que demonstram que a rugosidade de superfícies aumenta a tensão superficial e cria ganchos mecânicos para a ancoragem da substância adesiva, criando travamento mecânico. Harris e Beevers

(1999) ainda explicam que os ganchos mecânicos, criados a partir da formação de picos e vales, aumentam a área de colagem e, portanto, favorecem a adesão.

A aplicação de primer preparador de superfícies de origem olefinica aumentou em 283% os níveis de adesão, ainda em relação ao controle. Entretanto, as falhas obtidas ainda foram do adesivo.

Moita Neto (2006), afirma que materiais com baixa energia superficial, como o PP, precisam de modificação da superfície por preparadores químicos antes de serem molhados. Silva *et all* (2007) explicam que a baixa receptividade de PP a substâncias adesivas deve-se ao fato de desenvolver baixa energia superficial, apresentar baixa tensão superficial, baixa polaridade e pouca disponibilidade de moléculas para a realização de ligações química. O preparador de superfície aumentou a polaridade e a tensão superficial do plástico. A combinação do jateamento e da aplicação do primer proporcionou falhas de substrato, com aumento superior a 451% nos níveis de adesão.

Pocius (1997) explica que o fenômeno da adesão não ocorre apenas por interações químicas, mas sim por interações físico-químicas. A combinação da adesão física proporcionada pelo jateamento e da adesão química proporcionada pelo primer geraram a quebra do polipropileno.

Conforme afirmam Adams e Drinkwater (1999), as falhas de substrato são o que se espera de uma colagem, pois a adesão é mais forte do que a força de coesão interna do substrato.

CONCLUSÃO

A limpeza dos corpos de prova aumentou a força de adesão em 33% em relação ao controle. O jateamento proporcionou aumento de 46% em relação à limpeza e 95% quando comparado ao controle. A aplicação de primer aumentou os níveis de adesão em 96% em relação ao jateamento em 187% em relação à limpeza e 283% em relação ao controle.

Quando se combinou jateamento e primer obteve-se quebra de substrato, com força média de 331 kgf/pol². Esse valor é relativo à força de coesão interna do composto de polipropileno. Vale lembrar que o composto é reforçado com 30% de talco.

Assim, concluímos que à medida em que se aumenta a tensão superficial do polipropileno aumenta-se também seu contato molecular com o adesivo e conseqüentemente há incrementos nos níveis de adesão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R.D.; DRINKWATER, B.W. Non-destructive testing of adhesively-bonded joints. Joint Material Products Technologies. 14 (5-6), 385-398.1999.

ARRARROWSMITH, D.J.; MOTH, D.A.; MADDISON, A. Ac anodizing aluminum in phosphoric-acid. Magazine of Chemistry. Trans. Inst.Met.Finish. 65, 38 - 44. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS (ABIQUIM).
Disponível em:

[http://www.abiquim.org.br/releases/Braskem_novaresina.pdf#search= "polipropileno.](http://www.abiquim.org.br/releases/Braskem_novaresina.pdf#search=polipropileno)

Acesso em: 15/08/2010.

BAKER, A.A.; CHESTER, R.J. Minimum surface treatments for adhesively bonded repairs, Int. J. Adhesion and adhesives, v.12, n. 2 p.73-78, 1992.

BALDAM A, Journal of Materials Science, 2004.

CANEVAROLO, S.V. Ciência de Polímeros. São Paulo: Publicarte, 2009.

COGNARD, P. Handbook of adhesives and sealants. Volume 2. Versailles: Ed. Elsevier, 2006.

DE MOURA, MFSF, Journal of Adhesion, Science and Technology, 2006.

EDWARDS, K.L. A brief insite into the selection and use of engineering adhesives for preliminary joint design. Mat.Design., n.19, p.121-123, 1998.

FELTRE, SETSUO, Química Geral, 1969.

GALEMBECK F. Surface contamination: Genesis, detection, and control. Ed. K.L. Mittal. 57 - 71. Plenum Press, New York, 1979.

- HARRIS, A.F.; BEEVERS, A. The effects of grit-blasting on surface properties for adhesion. *Joint Adhesives*. 19 (6), 444 - 452.1999.
- WIEBECK, H; HARADA, J. *Plásticos de engenharia – Tecnologia e aplicações*. São Paulo: Artliber, 2005.
- KIM, J.; KIM, K.S.; KIM, Y.H.. Mechanical effects in peel adhesion test. *Joint Adhesives Science Technologies*. 3(3), 175-187.1989.
- KINLOCH, A.J.; LITTLE, M.S.G., WATTS, J.F., The role of interphase on the environmental failure of adhesive joints. *Acta mater.*, v. 48, p.4543-4553, 2000.
- MOITA NETO, J.M. *Molhamento e Ângulo de Contato*. São Paulo: Publindustria, 2006.
- PETRIE, E.W. *Handbook of adhesives and sealants*, 1. Ed. New York , N.Y., McGraw-Hill, 2000.
- POCIUS, A. V. *Adhesion and adhesives technology: An introduction*. Hanser Publisher, New York, 1997.
- QUINI, J.G. *Adesivos estruturais uretânicos aplicados a combinações de compósitos, plásticos e metais*. 2011. 141f. Tese de mestrado em para obtneção de doutorado em tecnologia nuclear – USP, São Paulo.
- RODRIGUES, J.A. *Introdução a Ligações Químicas*. São Paulo: Edital, 2008.
- SILVA, L; MAGALHÃES, A; MOURA, M *Juntas Adesivas Estruturais*. Porto, Publindustria, 2007.
- SHIELDS, J. *Adhesives handbook*. 2. Ed. London, U.K., Butterworth & co, 1976.
- SKEIST, I. *Handbook of adhesives*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
- VILAR, W. *Química e Tecnologia dos Poliuretanos*. São Paulo: Abril, 2004.