



Ataque Químico ao Policarbonato

1. Introdução

Vidros blindados são compostos de chapas de vidro e de policarbonato laminadas por meio de filmes de polivinil-butiral e poliuretano. A configuração do vidro blindado de melhor eficiência técnica, levando-se em consideração o usuário do veículo a ser protegido, é aquela em que o policarbonato fica exposto na superfície interna do veículo. Dessa forma, elimina-se por completo o efeito conhecido como estilhaço (spall), além de se obter um produto com menor peso que outros similares para a mesma proteção balística. Vale lembrar que o diferencial de um vidro balístico de qualidade superior é exatamente a utilização dessa configuração.

Porém, a inigualável resistência química, à abrasão e a mecânica do vidro automobilístico comum induz os usuários a não tomar os cuidados necessários na aplicação e no manuseio de um vidro blindado. O policarbonato, apesar de ser revestido em sua face externa por uma camada protetora de excelente resistência (hard coating), claramente não possui as mesmas características do vidro comum. Neste informe técnico, descreveremos como o policarbonato pode ser atacado e quais são os cuidados necessários para obter uma longa vida do vidro blindado.

2. Características Químicas do Policarbonato

Mesmo que muito diferente se comparado ao vidro, o policarbonato é um termoplástico de boa resistência a compostos químicos em geral. Entretanto, alguns agentes químicos podem atacar severamente esse material.

Conforme item 3 deste informativo, deve-se evitar o contato do policarbonato com solventes e compostos químicos incompatíveis.

Observamos que o policarbonato submetido a tensões (característica inerente ao vidro blindado) e exposto em ambientes onde haja a presença de determinados compostos químicos fica sujeito a um tipo de ataque conhecido como "crazing" ou "stress cracking", que é uma particularidade de termoplásticos. Esse efeito na forma de pequenas fissuras prejudica a aparência do produto e, em casos mais extremos, pode levar a trincas macroscópicas na superfície.

Dessa forma, apesar de a camada protetora aumentar a resistência química do policarbonato, ela pode ficar sujeita a ataques de determinados compostos. Observamos ainda que nas bordas não existe tal proteção.

3. Resistência Química do Policarbonato

Transcrevemos a página 25 do Lexan® Sheet® Processing Guide, da General Electric, que trata da resistência química do policarbonato com e sem hard coating:

"A resistência química dos termoplásticos depende fundamentalmente de cinco fatores:

1. Nível de stress que está submetido em determinada aplicação.
2. Temperatura.
3. Tempo de exposição (N.T. ao ataque químico).
4. Concentração química.
5. Tipo do composto envolvido.

A resina do policarbonato Lexan® possui boa resistência química, à temperatura ambiente, para ácidos orgânicos e inorgânicos diluídos. Água, óleos vegetais, solução de sais neutros, hidrocarbonetos alifáticos e alcoóis também estão incluídos nessa categoria. Quando um termoplástico sofre um ataque químico, usualmente ele assume uma das três formas possíveis. No primeiro caso, o composto químico é absorvido pelo plástico, e uma plastificação e/ou cristalização ocorrerá. Os sinais visíveis desse tipo de ataque são o aparecimento de uma protuberância (dilatação) ou o esbranquiçamento da superfície. O policarbonato Lexan® é particularmente afetado dessa forma por solventes parciais, como aldeídos e ésteres com baixo peso molecular, cetonas, hidrocarbonetos aromáticos (N.T. são hidrocarbonetos com benzeno na estrutura) e hidrocarbonetos perclorídricos.

Outro tipo de ataque químico, e que varia de parcial a total destruição do policarbonato Lexan®, é o que ocorre quando ele entra em contato com produtos alcalinos (N.T. bases ou hidróxidos), sais alcalinos, aminas e ozônio em altas concentrações.

O terceiro tipo de ataque é muitas vezes o mais difícil de prognosticar, visto que as condições ambientais é que determinarão se o plástico será ou não afetado.

Combinações de certos ambientes com tensão ("stress") e/ou sollicitação no material causam "stress cracking" (rachaduras) ou "crazing" (fendas) no policarbonato.

"Crazing" podem ser induzidos, em níveis de tensão que vão de moderados a altos ("Stress"), por hidrocarbonetos de baixo peso molecular. Produtos como acetona e xileno podem causar "stress cracking" mesmo que a baixos níveis de tensão e devem por isso ser evitados.

Levando-se em conta a complexidade de compatibilidade química, todas as substâncias que entram em contacto com policarbonato devem ser testadas. Para produtos em chapa, o contato mais comum é com selantes, juntas e vários produtos de limpeza

Os testes de compatibilidade química, figura 3.1, são para os produtos normalmente produzidos pela GE Strutured Products, outros produtos também já foram testados. (N.T. o policarbonato utilizado para vidros blindados pertence à família dos normalmente produzidos pela GE Strutured Products, portanto a figura 3.1 é válida para este produto).."

4. Resistência Química do Lexan® Margard MR5E®

O "coating" "mar" do Lexan® Margard® o provê de benefícios adicionais em termos de resistência química. Ele amplia o leque de resistência a agentes químicos que em condições normais atacam o polycarbonato Lexan®. A tabela 3.1 mostra os resultados obtidos em testes comparativos entre as chapas de polycarbonato Lexan®

comparativos entre as chapas de polycarbonato Lexan® "coated" e "uncoated".

Os testes também incluíram uma avaliação do impacto na resistência em cada aplicação de substâncias químicas e não se verificaram efeitos significativos na resistência do Lexan® Margard®

Os testes foram realizados em amostras de 3 mm com uma exposição ao agente de cinco minutos, à temperatura ambiente e sem tensão.

Figura 3.1: Sumário de Compatibilidade Química da Chapa de Lexan®

Classe química	Efeitos
Ácidos	Sem efeitos significantes à temperatura e às concentrações normalmente utilizadas.
Alcoóis	Geralmente compatíveis.
Álcalis (Bases Hidróxidos)	Aceitáveis a baixas concentrações e temperaturas. Altas concentrações e temperaturas resultam em gravação na chapa e o ataque pode ser comprovado pela decomposição (N.T. não usar sabão de coco, não deixar em contato com concreto e cal, soda cáustica etc.)
Hidrocarbonetos alifáticos	Geralmente compatíveis
Aminas	Evitar. Causam cristalização superficial e ataque químico
Hidrocarbonetos aromáticos	Evitar. São solventes parciais e severos causadores de stress cracking.
Detergentes e agentes de limpeza.	Detergentes suaves e neutros são geralmente compatíveis. Detergentes altamente alcalinos devem ser evitados (sabão de coco é alcalino).
Ésteres	Causam severa cristalização e são solventes parciais. Evitar.
Sucos de fruta e soft drinks	Compatíveis a baixos níveis de tensão. Em algumas concentrações não são recomendados.
Gasolina	Não recomendada a altas temperaturas e níveis de tensão
Óleos e graxas	Graxas e óleos puros de petróleo são geralmente compatíveis. Porém os aditivos usados em sua fabricação não o são (para comprovação deverá ser realizado teste).
Hidrocarbonetos halogenados	Evitar. Solventes e severos causadores de stress cracking.
Cetonas	Causam cristalização e stress cracking. Solventes. Evitá-las
Óleos e graxas de silicone	Geralmente compatíveis até 80°C. Alguns contêm hidrocarbonetos aromáticos e devem ser evitados.

Tabela 3.1 : Lexan® Margard® chemical resistance tests

Produto	Polycarbonato sem "coating"	Polycarbonato com "coating"
Tolueno	E/D	Ok
Acetona	D	Ok
Metiletilcetona	D	Ok
Diclorometano	E/D	Ok
Ácido sulfúrico (95 a 97%)	Ok	Ok
Ácido hidrocloreídrico (32%)	Ok	Ok
Amônia (25%)	Ok	Ok
Tíner (Sikkens 1-2-3)	E/D	Ok
Supergasolina (Esso)	E/D	Ok
Óleo diesel (Esso)	Ok	Ok
Combustível C	Ok	Ok
Spray de cabelo	Ok	Ok

Legenda: E = Esbranquiçamento. D = Dissolução da superfície (causadora do "stress cracking").

Nota do Tradutor:

1.Quanto aos resultados dos seguintes testes: óleo diesel (Esso), combustível C e spray de cabelo deve-se considerar que foram realizados nos Estados Unidos da América e, portanto, com componentes e aditivos daquele país, que muito provavelmente diferem dos daqui.

2.É de vital importância que ao se analisarem os resultados dos testes da GE que fazem parte deste informe técnico se leve em consideração que na aplicação de polycarbonato em vidros blindados ele está sob severa tensão, potencializando o ataque das substâncias químicas .

3.Outro cuidado que se deve tomar é com a espécie de vapor que se forma dentro do carro pela evaporação de componentes de colas e tintas, principalmente se o veículo logo depois de blindado ficar exposto ao sol.

5. Cuidados na Aplicação e no Manuseio do Vidro Balístico

A compatibilidade de adesivos, "primers" e produtos de limpeza com o policarbonato é uma preocupação constante tanto de seus fabricantes quanto da Gepco. Determinados produtos, apesar de ser similares entre si, podem ter em sua formulação compostos químicos não compatíveis com o policarbonato no estado de tensão e na temperatura de trabalho. Testes são constantemente realizados pelos fabricantes desses produtos, para verificar tal compatibilidade. Novos produtos devem ser obrigatoriamente testados antes da utilização.

6. Cuidados na Colagem

6.1 Ao escolher os produtos que irão participar da colagem do vidro, verifique preliminarmente a compatibilidade de todos os componentes e de todos os produtos (cola, primer, ativadores etc.) que serão utilizados no processo de colagem.

6.2 Nunca raspar o "coating" para aumentar a adesão.

6.3 Lembrar que nas bordas o policarbonato não é protegido por "coating".

6.4 Seguir as orientações do fabricante do policarbonato quanto aos adesivos que podem ser utilizados

(abaixo transcrevemos as páginas 29 e 30 do Lexan® Sheet® Processing Guide).

"O uso de adesivos para colar materiais diferentes é agora universal. Nos últimos vinte anos tecnologias em polímeros foram desenvolvidas para criar adesivos com grande escala de propriedades e possibilidades de aplicação. A tecnologia de adesão se tornou um ramo da indústria de plásticos. Ela oferece técnicas e métodos eficientes e econômicos de unir componentes de plástico entre si e com outros materiais. Contudo é uma tecnologia que freqüentemente causa uma série de problemas. Enquanto alguns adesivos e selantes formam uma união flexível, outros o fazem de maneira rígida. Alguns são capazes de preencher vãos, enquanto outros têm um contato mais superficial. Alguns podem resistir a temperaturas altas, outros não. A seleção de tipos de adesivo é vasta, como o são as áreas de aplicação. É de vital importância selecionar o adesivo corretamente, assegurando sua compatibilidade com os materiais que estão sendo usados e com o ambiente de trabalho.

A importância da compatibilidade química foi mostrada na tabela 3.1 e a seleção do adesivo e de seus testes é um processo contínuo da GE Structured Products.

Um banco de dados completo de adesivos apropriados está disponível, entretanto em todos os casos é fortemente recomendado que os adesivos sejam verificados quanto à compatibilidade antes de ser usados.

A tabela 3.5 apresenta uma avaliação de alguns critérios inicialmente usados para selecionar o adesivo e a tabela 3.6 traz uma lista de adesivos compatíveis indicando tipos genéricos, nomes comerciais e áreas de aplicações."

Tabela 3.5: Perfis e Propriedades do Grupo de Adesivos

Produto	Comportamento ao impacto	Comportamento à umidade	Número de Componente	Temperatura - limite (C°)	Preenchimento de buracos
Epoxy	Ruim	Muito bom	1 ou 2	200+	+
Poliuretano	Muito bom	Bom	1 ou 2	140	+
Hot Melt	Bom	Bom	1	60	+/-
Silicone	Excelente	Muito bom	1 ou 2	260	+

Tabela 3.6: Carta de Seleção de Adesivos para Produtos de Chapa Policarbonato Lexan®

Tipo de adesivo	Nome do produto	Colar Lexan® a	½ Parte system	Fabricante	Comentários
Epoxy	Scotch Weld DP 110	Metais, plásticos, borrachas	2 partes	3M Company	Epoxy flexível de cura rápida
Epoxy	Scotch Weld DP 190	Plásticos	2 partes	3M Company	Epoxy de alta flexibilidade
Poliuretano	Bison PUP	Metais, plásticos, madeira	2 partes	Perfects	
Poliuretano	Plic Grip 6000	Metais, plásticos, madeira	2 partes	Good Year	Flexibilidade muito breve. Vida do pote 10 min
Hot Melt	Jet Melt 3738 Jet Melt 3764	Plástico e madeira	1 parte	3M Company	Boa resistência ao calor, resistente a óleo e água
Hot Melt	Macromelt XS 6335	Plástico, vidro, metal e cerâmica	1 parte	Henkel	Limpa
Silicone	* Silpruf SCS 2000 *	Lexan® sem 'coating', Lexan® Exell® D, Lexan® Margard® MR5E FMR, materiais de construção	1 parte	GE Silicones	Excelente adesão, resistente a UV e água, flexível
Silicones	SEA 210	Plástico, vidro, metal e madeira	2 partes	GE Silicones	Cura rápida
Tapes	Schotchtape VHB Range	Plástico, vidro, meta		3M Company	Dupla face, sensível a pressão
Tapes	Fas Tape	Plástico, metal.		Fasson	Dupla face
Tapes	PS-18			Velcro	Tape de velcro
Tapes	SR 321 SW 321			Multitoil	PE espuma 2lados
Tapes	5669			Sellotape	PE espuma 2lados

7. Pintura do Policarbonato

Deve-se evitar ao máximo pintar a superfície do policarbonato, principalmente porque a tinta não adere bem ao "coating". Entretanto, caso esse procedimento seja imperativo, devem-se seguir as recomendações da GE. Transcrevemos as páginas 26 e 27 do Lexan® Sheet® Processing Guide da General Electric, que trata do assunto.

"Para pinturas simples ou complexas, decorativas ou funcionais, manuais ou automáticas, os produtos de Chapa de Lexan® pintados oferecem ao projetista liberdade para criar efeitos visuais ou simples texto colorido para instruções. Obedeça corretamente às recomendações a seguir. A maioria das técnicas que se costumam aplicar à pintura de madeira, metal, materiais de construção e outros plásticos pode ser usada para produtos de chapa de Lexan®. O fator importante é uma vez mais a compatibilidade. Somente sistemas de pintura aprovados devem ser utilizados. Algumas tintas e tineres não são compatíveis com produtos de chapa de Lexan® e podem ocasionar "stress cracking" e redução de desempenho ao impacto. Sistemas de pintura para chapas de Lexan® devem ser flexíveis. As combinações de primers flexíveis e "hard top coats" devem

Também trabalhar. Quaisquer sistemas de pintura devem ser flexíveis em temperaturas abaixo de zero. Devido a problemas de adesão, não são recomendadas pinturas para decorar os lados com "coating" dos Lexan® Margard® MR5E ou Lexan® Margard® FMR.

7.1 Recomendações de Pintura

- Limpe a chapa e remova a estática com um pano de camurça úmido ou um tratamento com ar ionizado.
- Evite taxa de transferência muito alta e uma camada de tinta muito pesada, espessa e úmida.

Permita secagem adequada antes de aplicar máscara de spray para pintar as áreas desejadas.

Não expor a face pintada a temperatura baixa e ambiente muito úmido durante a secagem.

Usar ar seco em todas as linhas de ar comprimido. Drene freqüentemente a água das válvulas.

Os solventes da tinta devem ser evaporados da superfície de pintura tão rapidamente quanto possível. Deve haver uma circulação de ar apropriada.

Siga corretamente as recomendações do fabricante e as práticas de acabamento para terminar a pintura das faces."

7.2 Pintura com Silk-Screen

"A impressão de tela de seda (silk-screen) é um processo bem definido, que oferece ampla variedade de opções para fins decorativos. Porém, na maioria dos casos, a impressão deve ser realizada antes da montagem, já que o processo é basicamente horizontal e é geralmente restrito a peças de tamanhos pequenos e médios.

O processo consiste em forçar tinta viscosa por uma tela muito fina e delicada, que é tratada de modo a permitir que a tinta somente passe por uma área moldada. Tintas especiais são exigidas e formuladas de forma que passem pela malha, sendo suficientemente viscosas para prevenir borões.

Esse tipo de operação é freqüentemente utilizado na indústria de avisos. Ampla variedade de telas de impressão, tintas e tineres estão disponíveis.

Uma vez mais a compatibilidade química é extremamente relevante. Somente use tintas e tineres recomendados para aplicação em produtos de chapas de Lexan®.

Esse processo não é apropriado para decorar Lexan® Margard® MR5E e Lexan® Margard® FMR.

Tabela 3.2 Sistemas de Pintura para o Lexan® sem "coating"

Fornecedor	Tinta	Tíner	Comentários
AKZO Coatings	Autocryl 01-59004 Class 45	06-302007	2k Acrylic Primer/2K/PUR Top coat/2K/PUR
Diegel	PA 21	24896	1K Flex acrylic
Scheepman	C1 F57 C1 W28 C4 P212	VOA 462 Water VOA 421/H4P4	Acrylic Acrylic/water based 2K Acrylic
Herberts	R 47633 41605 R 4790 R 4780	11098	2K Primer Basecoat BMW metallic 2K Clearcoat 2K One layer systems
Becker	TH 130 DJ 331-5176 TC 132	NT 19 ET 134	2K Top coat 1K Primer (flexível) 2K Clear coat
HSH	Interplan 1000		1K Water based
Morton	L 446	U 987	1K Acrylic system

7.3 Recomendações de Pintura com Silk-Screen

- Use somente tintas e tiner aprovados.
- Não misture tintas diferentes.
- Não substitua tiner de spray por tiner de tela.

- Não adicione solventes como tolueno, xileno, acetato de celulose, metiletilcetona ou outras substâncias químicas relacionadas nas tintas.
- Use camurça ou panos macios umedecidos em água para evitar abrasão ou riscos na limpeza antes da impressão.
- Use a cor correta de pintura para alcançar a opacidade desejada.
- Certifique-se de que haja boa circulação e ventilação durante a secagem.”

Tabela 3.3: Tintas de Silk-Screen para Lexan® sem "Coating"

Fornecedor	Tinta
Sericol	Seritec TH Polypplast PY Plastipure PP
Wiederhold	HG/PK/PK Jet
Visprox	TCI 8700 / STR 5700 / TCP 9900
Diegel	HV/Z
Gibbon Inks & Coating Ltd	Malercryl Polyvinil/Marlerstyrene
Coates	Vynglaze/Vynafresh/Touchkey
Proll	Jet 200/Thermo Jet/Norprint PS
Marabu	Marastar SR/Maraplast D

8. Limpeza do policarbonato no vidro blindado

8.1 A limpeza do vidro não deve ser realizada sob o sol ou a elevadas temperaturas. Isso poderá ocasionar manchas.

8.2 Recomenda-se a utilização de detergentes residenciais neutros diluídos em água levemente aquecida. Depois disso, deve-se enxaguar com água fria e secar com um pano macio.

8.3 Em casos mais graves, pode-se utilizar álcool isopropílico diluído.

8.4 Nunca utilize sabões e detergentes abrasivos e/ou alcalinos, entre eles o sabão de coco.

8.5 Para detalharmos melhor os procedimentos de limpeza, transcrevemos a página 32 do Lexan® Sheet® Processing Guide da General Electric, que trata do assunto.

“A limpeza periódica dos produtos feitos com chapas de policarbonato Lexan® pode ser realizada facilmente e sem a necessidade de agentes de limpeza especiais. Porém, como é o caso com todos os materiais termoplásticos, certas substâncias químicas podem provocar danos na estrutura como também na superfície. Portanto, precauções precisam ser tomadas para evitar qualquer agressão pelos agentes de limpeza.

O agente de limpeza básico, para todos os produtos com policarbonato Lexan®, é uma solução da água morna com sabão neutro ou detergente doméstico (N.T. detergente neutro), usando um pano ou esponja macia para soltar qualquer sujeira ou o encardido.

Todas as superfícies são então enxaguadas com água fria e seca com um pano macio para prevenir mancha de água. Contudo, em alguns casos isso pode não ser suficiente e certos limpadores solventes podem ser necessários para

remover manchas teimosas, pichação etc. Nesses casos, o rol de agentes de limpeza aprovado para uso em temperatura ambiente é o seguinte:

- Álcool metílico
- Álcool etílico
- Álcool butílico
- Álcool isopropílico
- White Spirit
- Heptano
- Hexano
- Éter de Petróleo(BR65)

A Limpeza Antes de Formar

Se for necessário limpar antes de formar a chapa de Lexan®, é recomendado que o pó seja soprado fora com um revólver de ar ionizado ou então a chapa seja esfregada com um pano macio, imersa em água ou numa mistura de isopropanol e água.

A Recomendação para Limpar Lexan® Margard®

A superfície sem igual de chapa de Lexan® Margard® a provê de proteção superior contra ataque químico. Até pichação com pintura de spray é facilmente e rapidamente removida. Embora a Lexan® Margard® tenha camada resistente de 'mar', o uso de limpadores abrasivos e/ou instrumentos de limpeza afiados pode danificar ou arranhar a camada e deve ser evitados.

O procedimento de limpeza recomendado para a remoção de pichação é:

- Pinturas, canetas marcadoras, tintas, batom etc., use removedores para pichação (veja tabela 3.7).
- Etiquetas e adesivos, use querosene ou White Spirit.
- Lavagem final com solução de sabão neutro, seguida por enxágüe com a água limpa”.

Tabela 3.7 Removedores para Pichação

Fornecedor	Produto	Forma de aplicação
Chemafex	Vandalex	Spray manual
Nucoat	AB 2	Manual com pano macio
Prochenko	Grafitex III	Manual com pano macio
Jumbo	J. T. Graffity	Spray e manual com pano macio

9. Cuidados Extras

8.1 A utilização de esponjas ou qualquer outro objeto de limpeza abrasivo é totalmente vedada.

8.2 Não troque a máscara protetora do policarbonato fornecida junto com o vidro. Caso seja necessária sua substituição, utilize máscaras sem adesivo, de filme PVC com adesão eletrostática ref . MAP SHIELD 0,10mm , ou similar de outro fabricante.

8.3 Nunca lixe a camada protetora para promover melhor adesão da cola com o policarbonato.

8.4 Não aplique primer sobre o policarbonato ou mesmo próximo a ele. Não utilize produtos como gasolina, tiner ou outro solvente qualquer nos vidros blindados.

8.5 Nunca raspe o policarbonato com rodos, navalha, lâminas de barbear ou qualquer outro instrumento afiado.

10. Exemplos de Produtos Comerciais não Compatíveis com o Policarbonato

Composto químico	Exemplos
Hidrocarbonetos	Solventes, primers, tintas, tiner, varsol, removedor, aguarrás, percloroetileno, gasolina, diesel
Altamente alcalinos	Água sanitária (cândida), sabão em pedra
Alcalinos	Detergentes concentrados, desengordurantes
Cetonas	Acetonas
Éter	Veja, Cif
Amônia	Ajax, alguns limpa vidros

11. Garantia

A Gepco garante seus produtos em condições normais de utilização. O uso de produtos não compatíveis com o policarbonato pode causar danos não cobertos pela garantia, conforme explicitado em nossos certificados. Colocamos à disposição por meio de nosso departamento comercial amostras de policarbonato para execução de testes de compatibilidade.