

MANUAL TÉCNICO PARA APLICAÇÃO DE ELASTÔMERO

TECNOLOGIA EM ELASTÔMEROS

HISTÓRIA DA BORRACHA

Quando os primeiros espanhóis pisaram no Novo Continente, viram os índios brincando com bolas que saltavam: eram feitas com a seiva leitosa de uma árvore chamada "caucho". Os espanhóis não prestaram nenhuma atenção à substância dessas bolas, pois procuravam outras riquezas como ouro, por exemplo. Passados mais de dois séculos, sábios franceses que foram medir o arco do meridiano terrestre às margens do rio Amazonas notaram que os índios utilizavam esse material para outros fins, faziam tigelas e vasilhames de "caucho".

Descobriram até que os índios obtinham esse "caucho" de uma árvore, processo que chamavam de "chorar a árvore" - uma hevea e recolhiam em espécies de tigelas um sulco leitoso que se separava rapidamente em duas partes: de uma lado a água, e de outro, um líquido espesso. Os indígenas jogavam fora a água e conservavam o líquido no qual mergulhavam por diversas vezes a extremidade de bastões, para confeccionar bolas as quais secavam em seguida em fogueiras.

O francês C. M. de la Condamine levou uma amostra de "caucho" para a Academia de Ciências de Paris, mas ninguém lhe deu atenção, pois a resina apresentava um problema. Tudo que se fabricava com essa substância tornava-se pegajoso no calor e tornava-se inflexível ou esfarelava-se em baixas temperaturas. C.F Fresneau fez um par de sapatos de seiva e impermeabilizou um sobretudo com material retirado das seringueiras da Guiana Francesa. John Priestley, sábio inglês, descobriu que a substância podia tirar marcas de lápis, o que até aquela data se fazia com miolo de pão, uso que até hoje está em prática.

Em 1823 o escocês Charles Macintosh, descobriu um meio de fazer roupas impermeáveis, colocando uma camada de borracha entre duas camadas de tecido. No mesmo ano em Londres um fabricante de carruagens, Thomas Hancock, fabricou os primeiros aros de borracha. Mas só em 1839 com a descoberta do processo de vulcanização pelo engenheiro e cientista Charles Goodyear foi possível, adicionando enxofre à borracha e aquecendo a mistura, obter uma goma elástica que não se esfarela nem cola. Foi esse o ponto de partida para as aplicações práticas de borracha. Quando os ingleses perceberam sua importância, transportaram secretamente em 1876 para a Inglaterra cerca de 70 mil sementes de "Hevea Brasiliensis" do Brasil e as plantaram em suas colônias no Sudeste da Ásia. Destas sementes, 2.600 germinaram e cerca de 25 anos depois o comércio na região já estava estabilizado. Assim iniciou-se a produção no sudeste asiático, derrubando o domínio brasileiro iniciado em 1866. Atualmente a Malásia é responsável por cerca de 17% dos 6,3 milhões de toneladas de borrachas produzidas no mundo, além de utilizar a madeira das seringueiras em 80% dos móveis que fabrica. Com a segunda Guerra Mundial houve quebra na produção de borracha no Extremo Oriente e o Brasil não conseguiu atender à demanda sozinho. Surgiu então a necessidade de se criar a borracha sintética, mas isso é outra história...

Fonte: Extraído do Anuário Brasileiro da Borracha, Artefatos Leves, Edição 1997, Ano II, nº 12, Set/Out 97, Editora Borracha Atual, Pags. 10-11

A IMIGRAÇÃO E A BORRACHA

Ao final do século XIX houve no Acre, provocado pelo início da demanda das indústrias norte-americanas e européias pela borracha, o primeiro movimento de imigração vindo do nordeste do Brasil. Os novos Seringalistas se apropriaram de áreas enormes de Floresta para extrair a matéria prima para a borracha - o Látex das Seringas (Hevea brasiliensis). Os índios nas áreas de Juruá e Purus tentaram defender as terras deles mas, tendo só arco e flecha não conseguiram. Os novos imigrantes fizeram as chamadas "Correrias": eles juntavam uns 50 homens armados com espingardas e assaltavam as aldeias indígenas. Sendo geralmente solteiros, eles matavam só os homens e raptavam as mulheres indígenas para conviver com eles. Assim foram extintos a maioria dos índios. Muitos também morreram das doenças como tuberculose e sarampo, os quais não existiam antes entre os índios e foram trazidos pelos novos imigrantes. A mão de obra dos índios submetidos foi explorada para recolher o Látex e construir estradas. Este surto da borracha que fez enriquecer as cidades de Manaus e Belém foi terminado pela produção Inglesa de borracha na Malásia. No ano 1913 a produção Inglesa - Malásica superou pela primeira vez a do Brasil. Em seguida muitos Seringais foram abandonados e muitos seringueiros voltaram ao nordeste.

Houve um segundo surto da borracha durante a segunda guerra mundial, quando os Japoneses, que eram aliados com os Alemães ocuparam as plantações de Seringas na Malásia. Os países aliados contra a Alemanha tinham que achar uma outra fonte para adquirir a borracha, que é indispensável para fazer guerra. Assim aconteceu a segunda vaga de imigração do nordeste. Desta vez eram os chamados "soldados da borracha": sujeitos ao serviço militar que tinham que escolher entre lutar na guerra ou trabalhar como seringueiro. Os soldados de borracha já tinham dívidas antes mesmo de começar a trabalhar. Eles tinham que entregar borracha em troca do equipamento e dos alimentos que precisavam. Este "Sistema de Aviamento" ditado pelos seringalistas fez com que eles nunca chegassem a obter dinheiro e assim eles nem podiam voltar à terra deles depois da guerra...

UMA HISTÓRIA DE PARADOXOS

Um período de luxo e riqueza

Em 15 de novembro de 1889 é proclamada a República Federativa do Brasil, extinguindo-se o império. A província do Amazonas passa a ser Estado do Amazonas, tendo como capital a cidade de Manaus. A borracha, matéria-prima das indústrias mundiais, é cada vez mais requisitada. O Amazonas, principal produtor, orienta toda a sua economia para atender à crescente demanda de mercado. Começam a chegar à cidade imigrantes do Nordeste do país e estrangeiros, proporcionando um crescimento demográfico que obriga Manaus a passar por mudanças significativas. Em 1892, tem início o governo de Eduardo Ribeiro, que tem um papel importante na transformação da cidade, com a execução de um plano para coordenar o seu crescimento.

Esse período (1890-1910) é conhecido como "fase áurea da borracha". As construções tomam conta da cidade, que ganha o serviço de transporte coletivo de bondes elétricos, telefonia, eletricidade e água encanada, além de um porto flutuante, que passa a receber navios dos mais variados calados e de diversas bandeiras. A "metrópole da borracha" inicia os anos de 1900.

Tempos difíceis

Em 1910, Manaus ainda vive a euforia dos preços altos da borracha, quando é surpreendida pela concorrência no mercado mundial da borracha natural plantada e extraída dos seringais da Ásia. É o fim do domínio da exportação, quase que exclusiva da Amazônia e o início de uma lenta agonia econômica para a região. O comércio manauense torna-se definitivamente crítico, as importações de artigos de luxo e supérfluos caíam vertiginosamente. Manaus é abandonada por todos aqueles que tinham condições de ir embora, mergulhando no marasmo. Os edifícios e os diferentes serviços públicos entram em estado de abandono. As fortunas rapidamente adquiridas são igualmente dissipadas. A vida social intensa de luxo e euforia transforma-se em angústia, depressão e miséria.

Passam-se os anos, o nome da cidade ganha nova ortografia: Manaus. A economia local continua a passar por momentos difíceis até 1967, quando o governo federal, através do Decreto-lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, institui a Zona Franca de Manaus, implementando um novo modelo econômico, baseado na criação de uma área de livre comércio de importação, exportação e de incentivos fiscais especiais. Zona Franca - uma nova arrancada econômica. Fonte: IPT Curso "Cássio Fonseca" de Tecnologia da Borracha

- 1. TIPOS DE ELASTÔMEROS**
- 1.1** Natural (NR)
- 1.2** Butadieno - Estireno (SBR)
- 1.3** Butílica (IIR)
- 1.4** Cloropreno (CR)
- 1.5** Etileno - Propileno (EPDM)
- 1.6** Fluorado (FPM)
- 1.7** Nitrílica (NBR) e Sistema NBR + PVC
- 1.8** Poliacrílica
- 1.9** Polibutadieno (BR)
- 1.10** Polietileno Clorossulfonado (CSM)
- 1.11** Poliisopreno
- 1.12** Poliuretano (PU)
- 1.13** Silicone (VMQ)

Nota: As siglas colocadas entre parênteses são as Nomenclaturas Universais padronizadas pela ASTM (American Society for Testing Materials) para identificação dos tipos de Elastômeros.

p. ex. NR = Natural Rubber
NBR = Nitrile Butadiene Rubber
CR = Cloroprene Rubber

e assim sucessivamente (todas em inglês).

1.1 NATURAL (NR)

A borracha natural é um hidrocarboneto de fórmula $(C_5H_8)_n$, onde $n \approx 15.000$ constituída por isopreno - polimerizado caracterizando-se por adição nos carbonos 1,4 (adição em 3,4 inferior a 1%) e configuração especial "cis" (a forma "trans" é um produto plastomérico endurecido conhecido por balata). Assim, a borracha natural é um poliisopreno cis 1,4.

A borracha natural é obtida por coagulação do látex das árvores de gênero *Hevea brasiliensis*, que é originária da região setentrional da América do Sul. É uma árvore com cerca de 10 a 15 metros de altura, tronco retilíneo, com diâmetro aproximado de 30 cm. As plantações apresentam uma densidade de aproximadamente 450 árvores por hectare, e começam a produzir após 7 a 8 anos do plantio. Para se efetuar a sangria da árvore, utiliza-se uma faca especial, em formato de "V", com a qual provoca-se um corte. O látex é coletado em canecas fixadas convenientemente ao tronco da árvore, e depois levado as usinas de beneficiamento.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- baixa densidade relativa.
- boas propriedades de resistência à tração.
- ótima resistência, tanto à temperatura ambiente, como a temperatura até 70°C.
- alta resistência à abrasão.
- bom processamento.
- fácil vulcanização
- boas propriedades a baixas temperaturas.
- boa pegajosidade
- alta resistência mecânica de composto não vulcanizado.
- boa adesividade.

1.2 BUTADIENO - ESTIRENO (SBR)

É um copolímero de estireno - butadieno, combinados na proporção de 75% de butadieno e 25% de estireno, que são obtidos pela copolimerização de ambos os monômeros.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- resistência ao desgaste.
- boa resistência.
- baixa deformação à compressão
- resistência ao fendilhamento.
- resistência ao envelhecimento.

1.3 BUTÍLICA (IIR)

A borracha butílica é constituída por dois monômeros de origem petroquímica, " isopreno " e "isobutileno ", portanto, sua estrutura é poli (isobutileno - isopreno).

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- excelente impermeabilidade aos gases.
- excelente estabilidade térmica.
- excelente resistência ao ozônio e ao intemperismo.
- ótimas propriedades de amortecimento à vibrações.
- grande resistência química e à umidade.

1.4 CLOROPRENO (CR)

A matéria - prima do cloropreno é o 2-cloro-butadieno, que pode ser obtido a partir do acetileno ou do butadieno.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- resistência moderada a óleos minerais.
- resistência moderada a ozônio e intempéries.
- resistência a propagação de chama.
- boa deformação permanente à compressão.

1.5 ETILENO-PROPILENO (EPDM)

Tanto o etileno como o propileno, quando polimerizados em separado produzem polímeros cristalinos termoplásticos. Quando porém, polimerizados em conjunto, produzem um copolímero amorfo com propriedades elastoméricas. Certo tipos de dienos plolimerizados em conjunto com o etileno e o propileno, produzem termopolímeros. Entre os dienos atualmente utilizados, os mais importantes são, 1,4 hexadieno, o diclopentadieno e o etiledeno norboneno.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- excelente resistência ao ozônio.
- boa deformação permanente.
- flexibilidade a baixas temperaturas.
- resistência química.
- excelentes propriedades elétricas.

1.8 POLIACRÍLICA

As borrachas poliacrílicas são copolímeros constituídos de um monômero principal (acrilato de etila, acrilato de butila ou acrilato de metóxi-etila), incidindo com 95 a 99% em um segundo monômero reativo (2-cloro etilvinil éter ou alil glicidil éter), através do qual ocorre a cura do polímero.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- faixa de temperatura de trabalho entre - 40 e 200° C.
- resistência a óleos à altas temperaturas.
- resistência ao ozônio e outros produtos oxidantes, mesmo em altas temperaturas.
- resistência a solventes alifáticos.
- resistência à luz e intempéries.

1.9 POLIBUTADIENO (BR)

É um homopolímero obtido pela polimerização, geralmente em solução do butadieno.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- excelentes propriedades de "histerese".
- alta resistência ao fendilhamento pela flexão.
- baixa deformação permanente à compressão.
- resistência ao calor e a abrasão.

"histerese" = alta resiliência e baixo desenvolvimento de calor.

1.10 POLIETILENO CLOROSSULFONADO (CSM)

Este elastômero é obtido pela clorossulfonação do polietileno.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- excelente resistência ao ozônio.
- excelente resistência aos ácidos e produtos químicos diversos.
- excelente impermeabilidade.

1.11 POLIISOPRENO (IR)

É um homopolímero de 2-metil-butadieno ou isopreno, obtido pelo processo de polimerização em solução. É o contratipo sintético da borracha natural.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- boa resistência e flexibilidade.
- boa resistência à abrasão.
- excelente pegajosidade.
- atoxidez (artigos cirúrgicos).
- excelente elasticidade.

1.12. POLIURETANO (PU)

O termo poliuretano aplica-se a uma extensa série de produtos que apresentam em comum o grupo.

- alta impermeabilidade à água.
- boas propriedades aos ácidos, álcalis e soluções aquecidas de detergente.
- boa resistência a solventes oxigenados, fluídos hidráulicos e gorduras animais.

1.6 FLUORADO (FPM)

Na fabricação de elastômeros fluorados, utilizam-se principalmente dois monômeros: o fluoreto de vinilidina (CH_2CF_2), e o hexafluorpropileno (C_3F_6). Alguns tipos contêm ainda o tetrafluor etileno (C_2F_4) ou o perfluor metil vinil éter ($\text{C}_2\text{F}_4\text{OCF}_3$). Outros tipos ainda, são na verdade siliconas com radicais fluorados. E há também tipos com cloro na molécula.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- resistência a altas temperaturas.
- excelente resistência a produtos químicos.
- excelente resistência a óleos, graxas e solventes (menos os polares).
- excelente resistência ao intemperismo

1.7 NITRÍLICA (NBR)

A borracha nitrílica é um copolímero de butadieno e acrilonitrila, sendo este monômero o responsável pela resistência aos óleos, solventes e combustíveis. Esta propriedade deve-se ao fato do acrilonitrila ser altamente polar e portanto incompatível com líquidos não polares (óleos, gasolina, etc.). Essa polaridade explica também a característica de condutividade elétrica da borracha nitrílica.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- excelente resistência aos óleos, solventes e combustíveis.
- resistência ao calor.
- resistência à abrasão.
- resistência à água.
- baixa permeabilidade aos gases.
- propriedade anti-estática.

Ainda: Sistema NBR + PVC (resistência ao ozônio)

Incorporando-se o PVC à nitrílica por mistura de co-coagulação dos látices de NBR + PVC, ou por mistura mecânica NBR + PVC em fase sólida.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- excelente resistência ao ozônio e as intempéries.
- aumenta a carga de ruptura e o módulo.
- aumenta a resistência ao rasgamento.
- aumenta a resistência à abrasão.
- aumenta a resistência a solventes.
- aumenta a resistência a chamas.

uretano, resultante da reação de um isocianato com um álcool. Para haver polimerização, naturalmente devemos usar isocianato bi ou poli funcionais e polímeros líquidos terminados em hidroxilas. Geralmente se utiliza também um terceiro ingrediente chamado "extensor de cadeia".

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- resistência à abrasão insuperável.
- alta resistência ao rasgamento.
- resistência moderada a óleos e solventes.
- pouca resistência em contato com água.

1.13. SILICONE (VMQ)

A fórmula básica dos elastômeros silicônicos é a poli - (dimetil siloxano). E substituindo-se alguns radicais metila (-CH₃) por outros tipos de radicais, obtém-se características especiais nos polímeros assim modificados.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- excelente resistência a altas temperaturas (-100° a + 315° C)
- excelente propriedade à deformação permanente.
- manutenção das propriedades físicas a altas temperaturas.
- excepcionais características de isolamento elétrico.
- absorção de vibrações na faixa de -50°C a + 150°C.
- excelente propriedade quando exposto à luz solar, ozônio, oxigênio e umidade.
- excelente propriedade fisiológica (não é tóxico, não tem cheiro, e nem gosto).
- não permite a proliferação de fungos.
- bom desempenho quando em contato com óleos e solventes, particularmente em temperaturas elevadas.

2. PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS E QUÍMICAS

Ao mencionarmos as características principais dos elastômeros nos expressamos empregando a terminologia própria da indústria da borracha, adotando termos com dureza, alongamento, resiliência, etc. Evidentemente, nenhum desses termos é novo, contudo adquirem significação especial quando aplicados à borracha. Visando tornar conhecidos tais termos selecionamos as principais propriedades físico-mecânicas e químicas dos elastômeros, e simplificando ao máximo a redação procuramos torna-la, se possível, didática para melhorar compreensão.

Abaixo relacionamos tais propriedades:

2.1 Dureza

2.2 Carga de Ruptura e Alongamento

2.3 Deformação Permanente

2.4 Deformação sob Carga, Módulo Estático e Dinâmico

2.5 Resiliência e Acumulação de Calor

2.6 Abrasão

2.7 Fadiga à Flexão

2.8 Resistência ao Rasgamento

2.9 Propriedades Elétricas

2.10 Propriedades Térmicas

2.11 *Propriedades às temperaturas Baixas*

2.12 *Adesividade*

2.13 *Permeabilidade*

2.14 *Deterioração pela Intempérie e pela Luz Solar*

2.15 *Deterioração pelo Envelhecimento Natural*

2.16 *Deterioração pelo Ozônio e pelo Efeito Corona*

2.17 *Deterioração pelo Calor*

2.18 *Deterioração pelo Petróleo*

2.19 *Deterioração pelos Produtos Químicos*

2.20 *Deterioração pela Água.*

2.1. DUREZA

Em sua aplicação aos produtos de borracha, definiu-se a dureza como medida da resistência oposta à penetração de uma superfície por um instrumento de dimensões determinadas, sob carga também determinada. Os índices numéricos de dureza podem representar a profundidade da penetração, ou valores arbitrários convenientes, derivados dessa profundidade de penetração. A unidade de medida da dureza em borracha é SHORE A.

2.2. CARGA DE RUPTURA E ALONGAMENTO

Carga de Ruptura é a força aplicada por unidade de seção reta inicial de um corpo de prova, no momento de ruptura. O Alongamento, ou deformação elástica, é o esticamento entre dois traços de referência marcados no corpo de prova e produzido pela aplicação de uma força. Expressa-se comumente como percentual da distância inicial entre esses dois traços. O alongamento final é o alongamento no momento de ruptura. O módulo, ou Esforço de Tração, é a força necessária para conseguir que um corpo de prova apresente um alongamento determinado. Mede-se em quilos por centímetro quadrado da seção inicial.

2.3. DEFORMAÇÃO PERMANENTE

Denomina-se deformação permanente a distância residual apresentada por uma peça de borracha após ter sido removida a carga que produziu essa distensão. Noutras palavras, ela representa a deformação medida em um dado momento, após haver-se libertado a amostra da carga específica a que esteve sujeita durante um período de tempo determinado, quer essa carga tenha assumido a forma de tensão, compressão ou cisalhamento. Na prática, porém, costuma empregar-se a expressão "deformação permanente", em vez da expressão muito mais adequada deformação permanente à tensão, para descrever a deformação permanente determinada por esticamento. Os resultados obtidos após a aplicação de compressão recebem o nome de deformação permanente à compressão; e os observados depois de submetidos as amostras a carga de cisalhamento são denominados deformação permanente ao cisalhamento.

2.4. DEFORMAÇÃO SOB CARGA, MÓDULO ESTÁTICO E DINÂMICO

Na borracha, tal como no aço, o módulo de elasticidade é a relação entre uma tensão e a deformação produzida por essa tensão. Na borracha, entretanto, as medidas do módulo são obtidas por compressão ou cisalhamento, em vez de por tensão, sendo validas apenas para deformação até cerca de 15%.

2.5. RESILIÊNCIA E ACUMULAÇÃO DE CALOR.

A resiliência da borracha submetida a esforços intermitentes foi definida como a relação entre a energia consumida na recuperação de uma deformação e a energia necessária para produzir a deformação. A resiliência é comumente expressada em percentagem. Chama-se histerese a percentagem de energia perdida por ciclo de deformação, ou 100% menos a percentagem de resiliência. A histerese é consequência de fricção interna, e manifesta pela conversão da energia mecânica em calor. A acumulação de calor, um termo peculiar à indústria da borracha, é o aumento de temperatura provocado pela histerese num corpo de borracha.

2.6. ABRASÃO

Denomina-se resistência à abrasão, a resistência oposta pelas composições de borracha ao desgaste pelo contato com superfícies abrasivas em movimento. A resistência à abrasão é medida sob condições definidas de carga e velocidade, sendo expressada em percentagem após comparação com uma composição padrão: (perda de volume/perda de volume de amostra x 100).

2.7. FADIGA À FLEXÃO

Denomina-se resistência dos materiais resilientes à flexão, a propriedade que tem esses materiais de suportar fadiga provocada pela distorção repetida, por dobramento, distensão ou compressão. Tal fadiga pode produzir vários tipos de defeitos. O mais comum destes defeitos é o "fendilhamento à flexão", que consiste na formação de fendas superficiais produzidas pelo dobramento ou distensão constantes do corpo de prova. Este é o tipo comum de "fendilhamento à flexão" observado nos pneumáticos, solas de calçado e correias.

2.8. RESISTÊNCIA AO RASGAMENTO

Define-se resistência ao rasgamento como a força por unidade de espessura, necessária para (a) expandir um corte ou rasgo numa direção perpendicular à da força aplicada, ou (b) para iniciar um rasgo numa direção perpendicular à da força aplicada.

2.9. PROPRIEDADES ELÉTRICAS

As propriedades elétricas da borracha mais comumente utilizadas são as seguintes: resistência do isolamento, resistividade à corrente contínua, condutividade, rigidez dielétrica, constante dielétrica e fator de potência. Além das propriedades elétricas, devem os elastômeros reunir outras características, em proporções adequadas à aplicação a que se destinam. A resistência à tensão, ao alongamento, às altas temperaturas e à água é importante em muitos casos. A preservação das propriedades elétricas em condição de exposição à água tem grande relevância quando se emprega o elastômeros em locais úmidos.

2.10. PROPRIEDADES TÉRMICAS

A borracha possui três importantes propriedades térmicas. Duas delas, a condutividade térmica e o coeficiente de expansão, tem na linguagem da borracha, as mesmas definições que na metalurgia. Por isso, a ASTM não adotou métodos especiais para a prova dessas propriedades na borracha. O efeito de Joule, porém, é uma propriedade peculiar da borracha, para cuja prova não há um método padronizado.

2.11. PROPRIEDADE ÀS TEMPERATURAS BAIXAS

Todos os elastômeros sofrem tipos diferentes de alterações quando submetidos às temperaturas baixas. Algumas dessas alterações ocorrem imediatamente; outras apenas depois de exposição prolongada. Todas essas alterações são reversíveis, isto é, o elastômeros recupera as suas propriedades originais depois de devolvido à temperatura ambiente.

2.12. ADESIVIDADE

A adesividade, ou resistência da ligação entre a borracha e outro material, é medida geralmente por um de três métodos: (1) pela aplicação de força, provocando a separação ou deslocamento das camadas; (2) pela aplicação de força perpendicularmente ao plano da ligação; ou (3) pela aplicação de força sob a forma de cisalhamento.

2.13 PERMEABILIDADE

Chama-se permeabilidade de uma película de borracha, a medida da facilidade com que ela pode ser atravessada por um líquido ou um gás. A permeação parece consistir na presença de uma solução de um dos lados do elastômeros, seguida de sua difusão através da película, até ao lado oposto, no qual ocorre a evaporação. Conclui-se, portanto, que a permeabilidade é uma função da solubilidade e da difusibilidade.

2.14. DETERIORAÇÃO PELA INTEMPÉRIE E PELA LUZ SOLAR

A exposição das composições de borracha à intempérie e aos raios solares acelera a deterioração das suas propriedades físicas. Conquanto a deterioração seja muito mais rápida na presença dos raios solares tal efeito por ser medido com facilidade em amostras expostas à intempérie, ao abrigo dos raios solares. É opinião quase geral que os primeiros efeitos a serem observados são imputáveis ao ataque do ozônio e à oxidação. As composições de borracha natural vulcanizada passam por três alterações durante a exposição à intempérie:

- (1) Fendilhamento provocado pela ação do ozônio sobre a borracha distendida.
- (2) Oxidação superficial, iniciada pela formação de uma película superficial mais ou menos flexível. Esta película converte-se em, um produto duro e resinoso, o qual acaba por fender, provocando o envelhecimento excessivo da superfície.
- (3) Redução da resistência à tensão e da extensibilidade de toda a massa.

2.15. DETERIORAÇÃO PELO ENVELHECIMENTO NATURAL

As propriedades físicas dos produtos de borracha podem sofrer alterações durante a armazenagem. Os produtos armazenados podem abrir fendas, amolecerem e tornarem-se gomosos, ou ficarem duros e rígidos.

2.16. DETERIORAÇÃO PELO OZÔNIO E PELO EFEITO CORONA

O ataque do ozônio manifesta-se geralmente sob a forma de algumas fendas profundas ou, noutros casos, pela formação de milhares de pequenas fendas. Em qualquer hipótese, as fendas são sempre perpendiculares ao eixo do esforço a que é submetida a borracha, podendo causar a ruptura da amostra se o esforço for muito grande. O ataque do ozônio é um fenómeno comum, visto que os artefatos de borracha estão submetidos a esforço quando em serviço, e o ozônio acha-se sempre presente na atmosfera. O ozônio é uma forma molecular de oxigênio atmosférico, gerada pelos raios ultra-violetas (da luz solar),

pelas tempestades elétricas ou pelas descargas de alta tensão. A sua concentração pode variar entre 1 a 5 partes por cem milhões, nas zonas rurais, e 50 partes por cem milhões, nas regiões mais industrializadas. O efeito corona, ou simplesmente corona, é uma descarga elétrica que se manifesta na atmosfera, sob a forma de eflúvios, em volta dos cabos de alta tensão. Durante a noite, em certas condições, ele pode ser observado sobre os cabos elétricos, em volta dos quais forma um halo (ou coroa) violeta. O corona faz gerar ozônio que, por sua vez, causa o fendilhamento dos artefatos de borracha submetidos a tensões ou esforços mecânicos. A formação do ozônio pode ocorrer tanto no ar confinado no cabo, quanto na atmosfera, em volta dele.

2.17. DETERIORAÇÃO PELO CALOR

A resistência térmica de um elastômero é geralmente definida como a sua capacidade para resistir a alterações permanentes em suas propriedades em conseqüências da exposição prolongada às altas temperaturas. A natureza dessas condições e a rapidez com que ocorrem dependem do tipo de elastômero, da composição e das condições da prova.

2.18. DETERIORAÇÃO PELO PETRÓLEO

Quando se expõe um artefato de borracha a um hidrocarboneto líquido podem ser apreciados dois efeitos: O mais evidente é a alteração nas suas dimensões. E o menos aparente, mas quase sempre muito mais importante do que o inchamento, é a deterioração nas propriedades físicas originais do material. A significação desses efeitos, na mesma composição e com o mesmo óleo, é variável de acordo com o tipo de aplicação. Portanto, do ponto de vista prático, a resistência de um artefato de borracha ao óleo consiste na sua capacidade de retenção das propriedades úteis quando em contato com esse óleo.

2.19. DETERIORAÇÃO PELOS PRODUTOS QUÍMICOS

A definição mais simples de resistência química é a que explica essa resistência como a capacidade de um material para desempenhar de maneira satisfatória a sua função em um ambiente químico determinado. Sob esse ponto de vista os materiais podem falhar de duas maneiras:

- (01) Degenerando até o ponto de não poderem mais executar a sua função; e
- (02) Contaminando o meio químico sem que eles próprios sejam seriamente afetados.

2.20. DETERIORAÇÃO PELA ÁGUA

Os artefatos de borracha são tradicionalmente considerados hidrófugos. Porém, é oportuno recordar que essa afirmação define apenas uma superfície relativa sobre outros materiais, tais como os tecidos, o papel, o couro, e a madeira. Todas as composições de borracha, tanto natural quanto sintética, absorvem água. O grau dessa absorção depende do rigor da exposição e das exigências do serviço.

3. CUIDADO BÁSICOS NA APLICAÇÃO

Controle de qualidade sobre Artefatos de Borracha

3.1 OBJETIVOS

O controle de qualidade do artefato de borracha acabado constitui a última etapa de uma seqüência de verificações específicas, que se inicia com as matérias-primas (elastômeros, outros ingredientes de composição, têxteis e metais) e passa pelos produtos intermediários resultantes de processamentos diversos (mistura, calandragem, extrusão, etc.), com as finalidades pré-estabelecidas em normas técnicas. A checagem das matérias-primas e dos processos de fabricação é condição necessária, porém não suficiente, para a obtenção do produto final com a qualidade esperada. O teste do artefato é que certifica o seu desempenho adequado em serviço.

3.2 ENSAIOS

A qualidade do artefato é avaliada através de ensaios do material, e de ensaios da peça como um todo, inclusive, os de simulação do serviço. Para o fabricante do artefato, tendo já sob controle as etapas anteriores, interessam precipuamente os testes da peça integral. Ao controle de qualidade consumidor, por sua vez, são importantes ambos os tipos de ensaios, sobre o material de que é constituído o produto, e sobre a peça unitária.

Os ensaios de material mais típicos são os seguintes:

- *físico: densidade, dureza;*
- *físico-mecânicos: abrasão, adesão, compressão, rasgamento, tração;*
- *físico-químico: imersão em óleos, combustíveis, gás liquefeito de petróleo, reagentes químicos, etc;*
- *degradativos: envelhecimento ao calor, oxigênio, ozônio, radiação, etc;*
- *friabilidade: flexibilidade e baixas temperaturas, etc.:*
- *elétricos: resistividade, rigidez dielétrica, etc.*

Os testes sobre o artefato integral dependem da função básica a que se destina o mesmo, abrangendo principalmente:

- *físico-mecânicos: compressão, tração, etc.:*
- *pressão hidrostática: estanqueidade, ruptura, vazamento;*
- *dinâmica: ensaios variados de simulação de serviço.*

Trafbor

Tabelas Técnicas de Elastômeros

TABELA DE PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS E QUÍMICAS DOS ELASTÔMEROS		NATURAL NR	POLISOPRENO SINTÉTICO	ESTIRENO BUTADIENO SBR	BUTÍLICA IIR	POLI BUTADIENO BR	ETINO PROPILENO EPDM	CLORO-PRENO (NEOPRENE) ER	NITRÍLICA NBR	POLIURETANO AU	SILICONE VMQ	POLIETILENO CLOROSULFONADO HIPALON CSM	POLIACRÍLICA ACM	FLUORADAS (VITON) FPM
DENSIDADE	0.93	0.94	0.94	0.92	0.93	0.85	1.23	1.00	1.25	1.1 - 1.6	1.10	1.10	1.10	1.40 - 1.95
ESCALA - DUREZA	20 - 100	20 - 100	0 - 100	30 - 100	30 - 100	30 - 100	30 - 100	20 - 90	30 - 100	82 - 95	20 - 95	50 - 95	40 - 100	60 - 90
TENSÃO de ruptura: LBS/PO ²	TEMPERATURA AMBIENTE	4000	4000	3500	3000	3000	3000	4000	4000	8000	1500	2800	2200	2400
	120 ° C	1800	1800	1200	1000	1200	2000	1500	700	1800	850	500	1300	300 - 800
	204 ° C	125	125	170	350	170	400	180	130	200	400	200	225	150 - 300
	TEMPERATURA AMBIENTE	700	750	700	700	700	300	600	600	700	800	500	400	350
ALONGAMENTO	120 ° C	500	500	250	250	250	300 - 500	350	120	300	350	60	400	100 - 350
	204 ° C	80	80	60	80	60	0 - 120	0 - 100	20	140	200	20	150	50 - 160
ALTA TEMPERATURA MÁXIMO TRABALHO EM SERVIÇO	°C	100	100	107.2	121.1	100	150	120	120	120	290	120	177	315
BAIXA TEMPERATURA MÍNIMA TEMPERATURA	°F	212	212	225	250	212	300	250	250	250	550	250	350	600
ENVELHECIMENTO P/ CALOR	°C	-50	-50	-50	-46	-53	-50	-40	-50	-54	-107	-40	-23	-46
DEFORMAÇÃO PERMANENTE	°F	-60	-60	-60	-50	-80	-60	-40	-60	-55	-160	-40	-20	-50
RESISTÊNCIA À ELETRICIDADE		3	2	3	5	2	5	3	3	5	5	5	3	6
IMPERMEABILIDADE		3	2	2	4	3	4	3	2	2	5	2	1	5
CAPACIDADE DE DEVOLVER O CHOQUE		3	3	2	6	3	3	3	3	3	2	5	3	5
RESISTÊNCIA AO DESGASTE		6	6	3	2	6	3	5	3	4	3	3	3	2
RASGAMENTO		5	5	5	4	5	4	5	5	6	1	5	3	3
CRESCIMENTO DO CORTE		5	3	2	3	3	3	3	3	5	2	3	2	2
FOGO		5	5	3	5	2	3	3	3	4	2	3	3	2
INTEMPERISMO		0	0	0	0	0	0	3	1	1	3	3	1	5
OXIDAÇÃO		2	2	2	4	2	5	4	2	5	5	5	4	5
OZÔNIO		3	5	3	5	3	3	4	3	5	5	5	5	6
INCHAMENTO EM ÁGUA		0	0	0	5	0	6	5	0	5	5	6	5	6
ÁCIDOS		3	5	5	5	5	5	3	5	2	4	3	2	4
ALCALIS		3	3	3	5	3	4	3	3	1	2	5	0	4
GASOLINA		3	3	3	5	3	4	3	3	1	1	5	0	2
BENZOL		0	0	0	0	0	1	0	5	5	1	2	5	5
DESINGRAXANTES		0	0	0	2	0	0	0	3	1	0	1	0	5
ALCOOL		0	0	0	0	0	1	0	0	3	2	1	0	3
ÓLEO (PETRÓLEO)		3	3	2	4	3	0	2	5	3	3	3	0	5
		0	0	0	0	0	0	3	4	4	1 - 4	3	5	6

CÓDIGO DA ESCALA RESISTÊNCIA:

NÃO INDICADO

BAIXA RESISTÊNCIA

REGULAR

BOM

MUITO BOM

ÓTIMO

EXCELENTE

Tabelas Técnicas de Elastômeros

RESISTÊNCIA QUÍMICA DOS PRINCIPAIS ELASTÔMEROS		BORRACHA NATURAL BUTADIENO - ESTIRENO	CLOPROPENO (NEOPRENE)	BORRACHAS NITRÍLICAS (NBR)	POLIETILENO CLOROSULFONADO (HYPALON)	BORRACHAS BUTÍLICAS	ELASTÔMERO DE FLUORCARBONETOS (VITON)	BORRACHAS SILICÔNICAS	POLIURETANO	BORRACHAS FLUORSILICÔNICAS
A - atacado C - totalmente compatível EL - endurecimento lento F - fragilizado IA - inchamento acentuado IL - inchamento leve a moderado LA - levemente atacado UL - utilidade limitada V - volátil VA - vigorosamente atacado com contração										
GASES	AR OU OXIGÊNIO	C	EL (80°C)	EL	EL (80°C)	C (100°C)	C (200°C)	(-70°C a 275°C)	EL (80°C)	C (-60°C a 260°C)
	HALOGÊNEOS	F	F	F	UL	A	C	UL	-	-
	OUTROS GASES E VAPOR SECO	A	EL (80°C)	EL (80°C)	EL (80°C)	UL (100°C)	C (200°C)	C (150°C)	A (vapor)	C (150°C)
LÍQUIDOS INORGÂNICOS	ÁGUA E SOLUÇÕES AQUOSAS NEUTRAS	C	C	C	C (80°C)	C	C	C	A (lat)	C
	SOLUÇÕES ALCALINAS	C	C	C	C a UL	C	C	LA	A (lat)	LA
	SOLUÇÕES ÁCIDAS DILUÍDAS	C	C	C	C (80°C)	C	C	A	A (lat)	LA
	ÁCIDO CLORÍDRICO FORTE	A	A	A	A	C	C	A	VA	VA
	ÁCIDO SULFÚRICO FORTE	VA	A	A	A	A	C	VA	VA	VA
	ÁCIDO SULFÚRICO CONCENTRADO	VA	VA	VA	A	UL	C	VA	VA	VA
	ÁCIDO NÍTRICO	VA	VA	VA	A	UL	UL	VA	VA	VA
	AMÔNIA 0,880	A	UL	C	LA	C	A	C	VA	LA
	AMÔNIA LÍQUIDA	A	UL	C	C	C	F	LA	-	LA
	CLORO LÍQUIDO	VA	VA	VA	UL	F	UL	UL	-	-
	ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	UL	A	C	A	UL	A	IA	VA	-
SOLVENTES	ALIFÁTICOS	IA	IL	C	IA	IA	C	IA	IL	IL
	AROMÁTICOS	IA	IA	IL	IA	IA	C	IA	IA	IL
	CETONAS	IL	IA	IL	IA	IL	IA	IA	IA	IA
	CLORADOS	IA	IA	IA	IA	IA	IL	IA	IA	UL
	ALCOÓLICOS	C	C	C	C	C	C	IL	IL	C
	ÉSTERES	IA	IA	IL	IA	C	IA	IA	IA	IL
COMBUSTÍVEL	GASOLINA COMUM	IA	IL	C	IA	IA	C	IA	C	IL
	GASOLINA COM ALTO ÍNDICE DE OCTANO	IA	IA	IL	IA	IA	C	IA	IL	IL
	QUEROSENE	IA	IA	C	IA	IA	C	IA	C	IL
	GASÓLEO	IA	IA	C	IA	IA	C	IA	C	IL
FLUÍDOS HIDRÁULICOS	BASE MINERAL	IA	IL	C	IL	IA	C	IL	C	C
	BASE DE ÉSTER (não inflamável)	IA	IA	IL	IA	C	IA	IL	IL	IL
	BASE DE ÁGUA	IL	C	C	C	C	C	-	IL	-
	TIPO CLORADO	IA	IA	IA	IA	IA	C	IA	IA	IA
	BASE DE SILICONE	UL	UL	UL	UL	UL	C	IL	UL	IL
ÓLEOS	ÓLEOS MINERAIS	IA	IL	C	IL	IA	C	UL	IL	IL
	LUBRIFICANTES SINTÉTICOS	IA	IA	IL	IA	IL	UL	UL	IL	IL

Trafbor[®]
Tecnologia em borracha

www.trafbor.com.br

11 44116757 / 11 4411-1599
comercial@trafbor.com.br