

Análise das Propriedades Mecânicas de Materiais Poliméricos

Disciplina: EM423 – Resistência dos Materiais

Integrantes:

Felipe Massucato	RA: 081333
Guilherme Lopes Martins	RA: 081547
Horácio da Silva	RA: 081623
Tássia Priscila P. Silva	RA: 082858
Thaís Ribeira de Paula	RA: 084147

Conteúdo

INTRODUÇÃO	3
TEORIA	4
COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS POLÍMEROS	5
<i>ENSAIOS DE COMPRESSÃO</i>	6
<i>ENSAIOS DE TORÇÃO</i>	6
<i>ENSAIO DE CISALHAMENTO</i>	7
<i>ENSAIOS DE TRAÇÃO</i>	7
TERMOPLÁSTICOS	9
<i>POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO (HIPS)</i>	10
<i>POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD)</i>	10
<i>TERPOLÍMERO DE ACRILONITRILA-BUTADIENO-ESTIRENO (ABS)</i>	11
<i>POLIESTIRENO (PS)</i>	11
TERMOFIXOS	13
<i>BAQUELITE</i>	13
<i>EPÓXI</i>	14
<i>RESINA URÉIA-FORMOL</i>	15
ELASTÔMEROS	16
CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

INTRODUÇÃO

Existem vários tipos de ensaios para caracterizar as propriedades mecânicas de polímeros. Eles podem ser estáticos, dinâmicos, destrutivos ou não destrutivos, de curta duração ou longa duração, entre outros.

As solicitações podem ocorrer na forma de tensão ou deformação. Grande parte dos ensaios mecânicos pode ser registrada por meio de curvas de **Tensão X Deformação**.

A preferência pelos materiais poliméricos neste projeto deve-se a sua versatilidade e seu grande uso na Indústria Química. Neste trabalho estes materiais serão divididos em três grandes grupos, segundo a deformação gerada através da aplicação de uma força, sendo eles: **Polímeros frágeis** - que sofrem fraturas quando se deformam elasticamente, **Materiais plásticos** - que se comportam de maneira semelhante aos metais, e finalmente **Materiais de comportamento semelhante ao de borrachas** - deformação totalmente elástica.

A importância dos ensaios do tipo Tensão-Deformação deve-se às forças ou cargas a que os materiais são submetidos quando em serviço nas diversas aplicações industriais. As condições de serviços devem ser reproduzidas o mais fielmente possível em um ensaio de laboratório, de tal maneira que qualquer deformação decorrente de uma aplicação real não seja excessiva e não provoque fratura.

Este trabalho será fundamentado na análise de gráficos e dados tabelados, tanto do comportamento observado em diferentes ensaios, quanto das propriedades que influenciam em seu desempenho mecânico.

Por fim associaremos a performance de cada um dos diferentes materiais, nos ensaios considerados, à sua aplicação comercial e industrial.

TEORIA

TENSÃO

Tensão é a reação de um material à carga aplicada sobre sua área. Fisicamente pode ser definida por:

$$\tau = P/A$$

onde:

τ = tensão

P= carga aplicada

A= área de aplicação

Para os ensaios mecânicos, há dois tipos principais de tensão a que um material pode ser submetido; tensão de compressão e de tração, detalhadas a seguir:

Compressão: tensão que, quando aplicada, atua com direção ao centro do material. Quando um material é submetido à tensão compressiva, então este material está sob compressão.

Tração: tensão a qual um corpo de prova é submetido quando sofre um esforço que tende a alongá-lo ou esticá-lo.

POLÍMEROS

Polímeros são grandes moléculas que apresentam unidades que se repetem, chamadas monômeros. Tais moléculas podem ser encontradas na natureza ou produzidas em laboratório, através de reações de polimerização.

Uma das principais e mais importantes características dos polímeros são as mecânicas. Segundo elas os polímeros podem ser divididos em termoplásticos, termoendurecíveis (termofixos) e elastômeros (borrachas):

TERMOPLÁSTICOS

Termoplástico é um dos tipos de plásticos mais encontrados no mercado. Pode ser fundido diversas vezes, sendo que alguns podem até dissolver-se em vários solventes. Logo, sua reciclagem é possível, característica bastante desejável atualmente.

TERMOFIXOS

São rígidos e frágeis, sendo muito estáveis a variações de temperatura. Uma vez prontos, não se fundem mais, e o aquecimento do polímero acabado promove decomposição do material antes de sua fusão, tornando sua reciclagem complicada.

ELASTÔMEROS (BORRACHAS)

É uma classe intermediária entre os termoplásticos e os termorrígidos: não são fundíveis, mas apresentam alta elasticidade, não sendo rígidos como os termofixos. Pela sua incapacidade de fusão, sua reciclagem torna-se complicada.

COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS POLÍMEROS

As propriedades mecânicas dos materiais podem ser caracterizadas por vários tipos de ensaios. Testes estáticos, dinâmicos, destrutivos, não-destrutivos, de curta duração e de longa duração são alguns exemplos desses ensaios. Uma curva de tensão vs. deformação é uma forma de representar alguns desses tipos de ensaios. Para análise de ensaios mecânicos em geral, alguns parâmetros são de grande importância como módulo de Young, tensão e deformação no escoamento, tensão máxima, tensão e deformação na ruptura e tenacidade.

Nesta seção serão mostrados alguns tipos de ensaios mecânicos, destacando os de tração, que são mais comuns. Ensaio de compressão, de flexão e de cisalhamento serão abordados de forma sucinta.



Figura 1. Equipamentos para testes de tensão

ENSAIOS DE COMPRESSÃO ⁽¹⁾

Os ensaios de compressão fornecem pouca informação a respeito de materiais usados em aplicações industriais. Esse tipo de teste é usado quando se deseja saber o comportamento de um material submetido a deformações grandes e permanentes.

As equações características dos ensaios de compressão são:

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Onde: σ : tensão

F: carga instantânea aplicada perpendicularmente à seção transversal (N)

A_0 : área da seção reta original (m²)

$$\epsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Onde: ϵ : deformação

l_0 : comprimento original, antes da aplicação da carga (m)

l_i : comprimento instantâneo (m)

ENSAIOS DE TORÇÃO ⁽¹⁾

Os ensaios de torção são executados, em geral, com eixos sólidos cilíndricos ou com tubos. As forças torcionais produzem um movimento de rotação em torno do eixo longitudinal de uma das extremidades da peça sob a carga.

A tensão torcional é função do torque aplicado e a deformação está relacionada com o ângulo de torção θ .

ENSAIO DE CISALHAMENTO ⁽¹⁾

Para este tipo de ensaio, as equações usadas são:

$$\tau = \frac{F}{A_0}$$

Onde: τ : tensão cisalhante
F: carga instantânea aplicada tangencialmente à seção transversal (N)
 A_0 : área da seção reta original das superfícies inferior e superior (m²)

$$\gamma = tg\theta$$

Onde: γ : deformação de cisalhamento (m)
 θ : ângulo de deformação

ENSAIOS DE TRAÇÃO ⁽¹⁾

É o tipo de ensaio mecânico mais utilizado por permitir a avaliação de diversas propriedades dos materiais. A amostra sob tração é deformada até sua ruptura. Essa tração é aplicada de forma crescente ao longo do eixo mais comprido do corpo de prova.



Figura 2.a. Máquina Universal de ensaio de tração

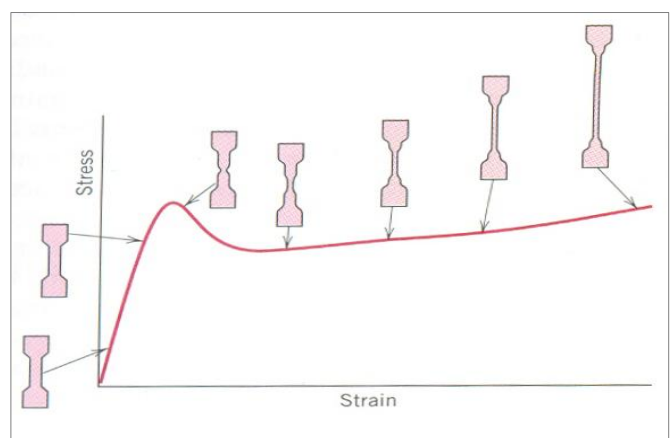


Figura 2.b. Perfil da amostra em vários estágios de deformação ⁽²⁾

As equações governantes neste caso são:

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Onde: σ : tensão

F: carga instantânea aplicada perpendicularmente à seção transversal (N)

A_0 : área da seção reta original (m²)

$$\epsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Onde: ϵ : deformação

l_0 : comprimento original, antes da aplicação da carga (m)

l_i : comprimento instantâneo (m)

TERMOPLÁSTICOS

Termoplásticos são polímeros capazes de amolecer e fluir quando submetidos a um aumento de temperatura e pressão. Quando retiradas essas solicitações, os termoplásticos solidificam-se novamente. Essa alteração é uma transformação física reversível, de forma que, novas aplicações de altas temperaturas e pressões produzem o mesmo efeito de amolecimento e fluxo. Por essa característica, os termoplásticos são considerados recicláveis. Alguns exemplos são o polietileno (PE), o poliestireno (PS), a poliamida (Náilon), o polipropileno (PP), o policloreto de vinila (PVC) e o polietileno tereftalato (PET).

A forma como os polímeros respondem às solicitações mostra suas propriedades mecânicas. Esta resposta depende de alguns fatores como estrutura química, temperatura, tempo e condições de processamento do polímero.⁽²⁾ Podem ser considerados dois mecanismos de deformação nos polímeros:

Deformação elástica: processo reversível devido o deslocamento de átomos de níveis de energia mais baixos para os níveis mais altos. É uma alteração que pode ser assimilada ao comportamento de uma mola de aço quando submetida à tração, desta forma, a Lei de Hooke pode ser aplicada, isto é, a deformação é proporcional à força aplicada.

Deformação plástica: processo irreversível que ocorre após a aplicação de uma força sobre um material. É dependente do tempo decorrido. Neste tipo de deformação ocorre o deslocamento permanente dos átomos das moléculas.

Outro conceito a ser considerado é o Módulo de Young, também chamado de módulo de elasticidade sob tração, que é uma das propriedades mecânicas mais importantes nos polímeros. É uma medida da razão entre a tensão aplicada e a deformação ocorrida no material. É medido na região elástica linear da curva “tensão VS. deformação” no ensaio de tração.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

A seguir são apresentadas as curvas de tensão VS. deformação de alguns polímeros: poliestireno de alto impacto (HIPS), polietileno de baixa densidade (PEBD), terpolímero de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e poliestireno (PS). Esses ensaios foram realizados a temperatura ambiente e a uma velocidade de 500 mm/min.

POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO (HIPS)⁽³⁾

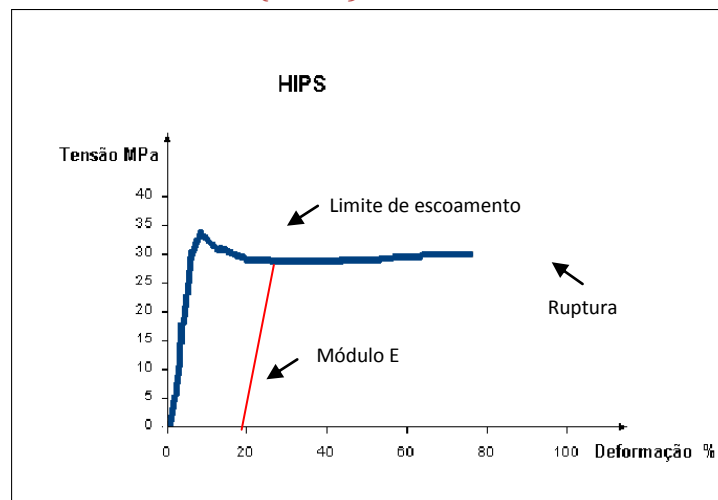


Figura 3. Curva de tensão vs. deformação

O HIPS, poliestireno de alto impacto é uma blenda polimérica produzida por polimerização de estireno em solução com borracha butadiênica. A adição de borracha grafitizada ao poliestireno no HIPS aumenta a resistência ao impacto e reduz a resistência ao escoamento da matriz de poliestireno. A presença de partículas de borracha no HIPS prolonga o estágio de deformação, já que o elastômero suporta parte da carga no estágio anterior à ruptura. O HIPS é um material com ampla aplicação na indústria de embalagens e, principalmente, em gabinetes de refrigeradores, a chamada linha branca.

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD)⁽³⁾

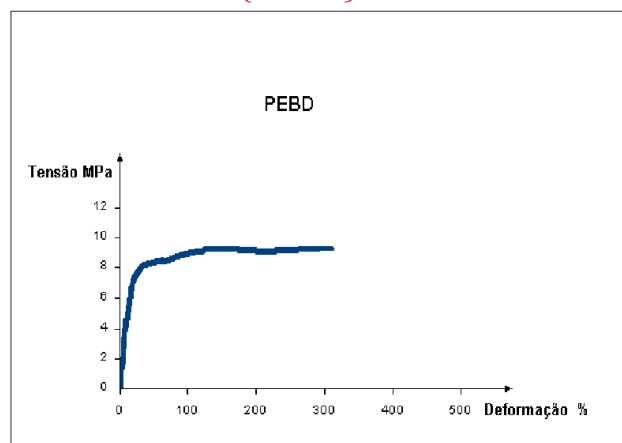


Figura 4. Curva de tensão vs. deformação

O PEBD é um polímero bastante flexível à temperatura ambiente e bastante dúctil. Além da grande deformação, o perfil da curva de tração do PEBD apresenta uma tensão baixa e aproximadamente constante até a ruptura o que evidencia o escorregamento das macromoléculas umas sobre as outras. A maior parte do PEBD é usada em folhas flexíveis (agricultura, constru-

ção, sacos industriais), folhas de alta transparência etc., porém outras aplicações como frascos, ampolas de soro, tubos e mangueiras flexíveis, isolamento de fios e cabos elétricos também são importantes.

TERPOLÍMERO DE ACRILONITRILA-BUTADIENO-ESTIRENO (ABS) ⁽³⁾

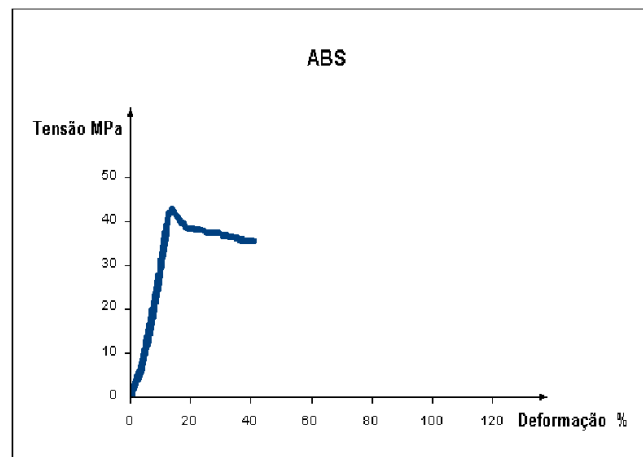


Figura 5. Curva de tensão vs. deformação

Os polímeros ABS exibem uma excelente combinação de propriedades mecânicas, térmicas, elétricas e químicas, bem como facilidade de processamento e moderado preço. Eles oferecem um bom balanço de resistência ao impacto, à tração, dureza e módulo de elasticidade. O ABS é largamente usado em materiais de construção. Seus grandes consumidores são as indústrias automotivas, indústrias de tecnologia e de telecomunicações, equipamentos de refrigeração, brinquedos, artigos esportivos dentre outros.

POLIESTIRENO (PS)

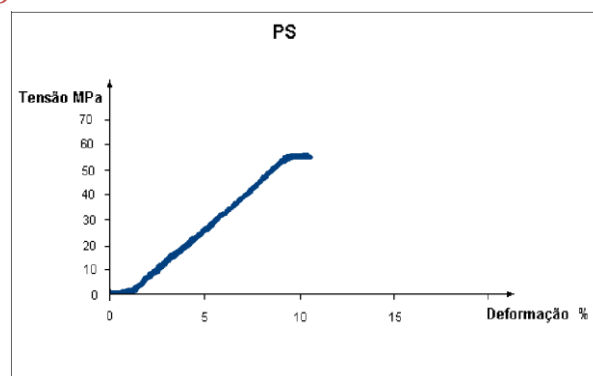


Figura 6. Curva de tensão vs. deformação

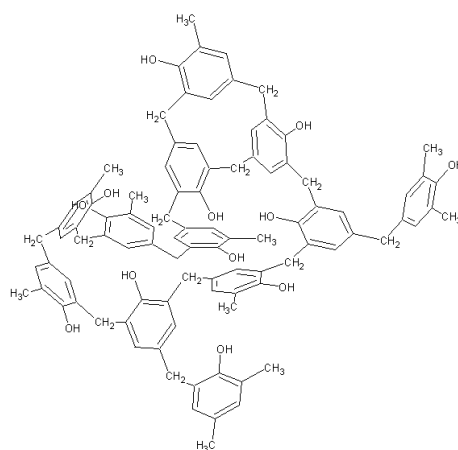
O poliestireno é uma resina de baixa densidade que oferece um bom equilíbrio de propriedades térmicas, químicas e elétricas, acompanhadas de resistência moderada. As propriedades de resistência podem ser significativamente aumentadas ou melhoradas através de reforços de fibra de vidro. Os poliestirenos não-reforçados são utilizados em aplicações de embalagem, tais como recipientes farmacêuticos, médicos, de cosméticos moldados por sopro, além dos destinados a alimentos. Tanto os tipos reforçados como os não reforçados são aplicados a automóveis, aparelhos domésticos e elétricos, como carcaças de bateria, de lanterna, pás de ventiladores, carretéis de bobinas, capas protetoras de cabo elétrico, jogos magnéticos de TV, cartuchos para fusíveis e como isoladores, entre outras aplicações.

TERMOFIXOS

Polímeros termofixos são assim denominados devido às suas características. Estes materiais são rígidos possuindo uma estabilidade dimensional maior que os termoplásticos, e da mesma forma são mais frágeis, sendo muito estáveis a variações de temperatura. A rigidez dos termofixos se deve ao fato destes possuírem uma rede cruzada de ligações covalentes, sendo assim durante tratamentos térmicos estas cadeias tendem a permanecer juntas resistindo às vibrações e rotações resultantes do aumento de temperatura. Este entrelaçado de ligações geralmente é extenso e em grande parte cerca de 10 a 50% das unidades repetidas na estrutura polimérica estão interligadas por meio de ligações cruzadas. Dessa forma apenas um aquecimento excessivo pode separar tais cadeias de forma a levar a degradação do material. Segue abaixo alguns exemplos de polímeros termofixos:

BAQUELITE

A baquelite é uma resina sintética, quimicamente estável e resistente ao calor, que foi o primeiro produto plástico. Trata-se do polioxibenzimetilenglicolanhidrido, ou seja, é a junção do fenol com o formaldeído (aldeído fórmico), formando um polímero chamado polifenol. A estrutura química da baquelite é dada ao lado. Foi inventada em 1909 pelo Dr. Leo H. Baekeland, químico americano de origem belga, que empreendeu suas pesquisas entre 1907 a 1909 e criou, em



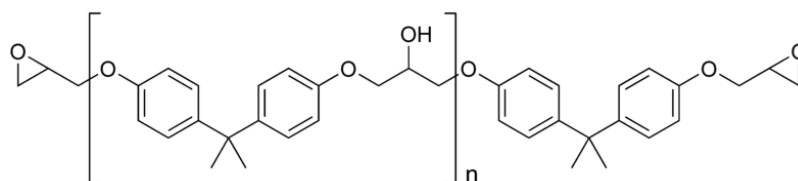
1910, a General Bakelite Company para a exploração industrial de suas descobertas. É formada pela combinação por polimerização de fenol (C_6H_5OH) e formaldeído ou aldeído fórmico ($H-CHO$), produtos sintéticos, sob calor e pressão. Rádios, telefones e artigos elétricos como interruptores e casquilhos de lâmpadas eram formados por baquelite por causa das propriedades de resistência ao calor e isolamento. É resistente ao calor, infusível, forte, arde lentamente, podendo ser laminado e moldado na fase inicial da sua manufatura, de baixo custo e podendo ser incorporado em vernizes e lacas. É altamente utilizado na fabricação de peças isolantes, barramentos de quadros elétricos, quadros de distribuição, painéis de conexão, peças mecânicas em sistemas elétricos e placas de deslizamentos.

Tabela 1. Propriedades mecânicas da baquelite

Resistência à tração	(MPa)	120
Resistência à compressão	(MPa)	150
Resistência ao impacto	(kJ/m²)	20
Módulo de Elasticidade	(N/mm²)	7000

EPÓXI

Uma **resina epóxi** ou **poliepóxi-do** é um plástico termofixo (copolímero) que se endurece quando se mistura com um agente catalisador ou "endurecedor". As resinas epóxi mais freqüentes são produtos de uma reação entre epicloridrina e bisfenol-a.



As resinas epóxi são base para diversas aplicações e produtos industriais, sendo empregadas na fabricação de tintas, adesivos e materiais compósitos, a exemplo dos reforçados com fibra de carbono e fibra de vidro. Como adesivos as resinas são comumente chamadas de adesivos de engenharia, sendo adesivos de alta performance utilizados na fabricação de aviões, automóveis, bicicletas, barcos, snowboards. Resinas epóxi de menor qualidade são utilizadas na colagem de madeiras, metais, vidros e pedras, sob condições ambientais de temperatura e pressão. Também são utilizadas na fabricação de circuitos eletro-eletrônicos, pois são protetores de componentes de pequenos circuitos, como resistores, transistores e capacitores. Suas características mecânicas permitem a mesma ser utilizada como aditivo que agrega resistência na fibra utilizada pela indústria aeroespacial.

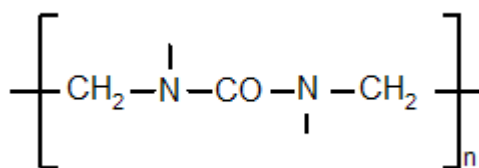
Tabela 2. Propriedades mecânicas de uma resina epóxi

Propriedades Mecânicas*		
Resistência à flexão	(MPa)	124
Resistência ao cisalhamento	(MPa)	19,3
Dureza	-	69,0
Limite de Elasticidade	(MPa)	207

*Com base em uma resina comercial

RESINA URÉIA-FORMOL

Trata-se de um polímero termofixo transparente, sendo produzida a partir da reação do formaldeído com uréia, na presença de amônia ou piridina. São comumente utilizadas como adesivos, na fabricação de fibras de média densidade, e objetos mol-



dados. Suas características permitem alta aplicação de tensão localizada, sendo extremamente resistente a altas temperaturas, grandes elongações e aumento de volume sem perda de características e propriedades mecânicas. É comumente utilizada na produção de sistemas elétricos, principalmente devido à sua alta resistência a altas temperaturas.

Tabela 3. Propriedades mecânicas de uma resina uréia-formol

Propriedades Mecânicas*		
Tensão de ruptura	(MPa)	55
Resistência à flexão	(MPa)	170
Limite de Elasticidade	(MPa)	134

*Com base em uma resina comercial

ELASTÔMEROS

Os elastômeros fazem parte da classe de materiais poliméricos conhecidos como “Termofixos”, esses materiais são assim denominados porque uma vez que tenham sido aquecidos (fundidos) e resfriados novamente, perdem suas propriedades físicas, devido a alterações químicas sofridas durante o processo de aquecimento.

A característica química que particulariza a classe dos elastômeros (e dos termofixos de modo geral) é a presença de ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas adjacentes, conforme mostra a figura 7. Além disso, os polímeros elastoméricos são amorfos, isto é, suas cadeias poliméricas estão dispostas de maneira desordenada e enovelada, não apresentando, portanto, algum grau de cristalinidade. Quanto à característica mecânica desse tipo de material, quando submetido à tensão, os elastômeros deformam-se elasticamente, podendo chegar a mais de 1000% do comprimento útil original, mesmo quando submetidos a valores relativamente altos de tensão. Desta forma, pode-se identificar nos elastômeros a seguinte propriedade física: baixo módulo de Young, conforme pode ser observado no diagrama tensão deformação.

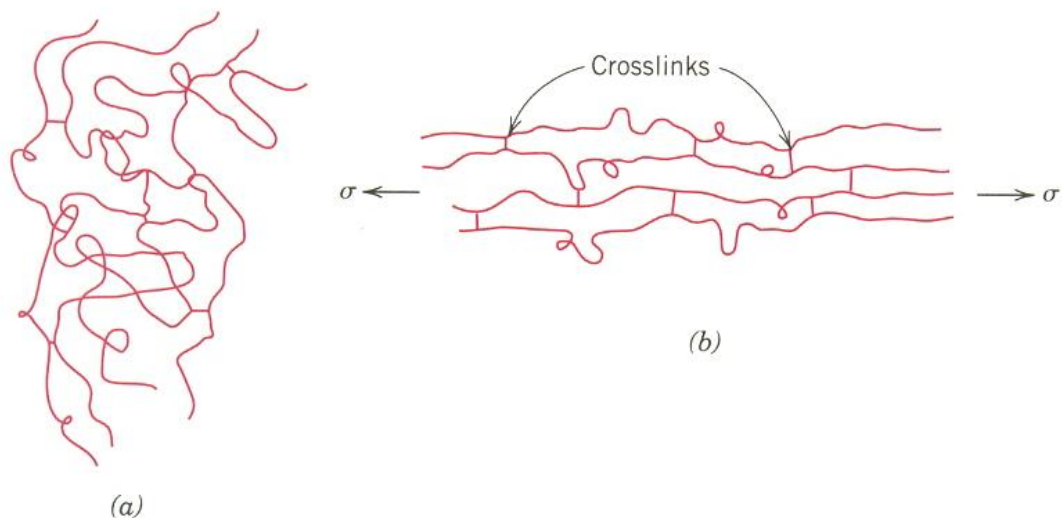


Figura 7. Ligações cruzadas.

A correlação entre as propriedades químicas, físicas e o comportamento mecânico dos polímeros elastoméricos pode ser feita como a seguir. Mediante a aplicação de uma carga de tração, a deformação elástica deve-se ao desenovelamento, desdobramento e alinhamento parcial e o resultante alongamento das cadeias na direção de aplicação da tensão. Após a liberação da tensão, as ligações cruzadas presentes nesse tipo de

material forçam as macromoléculas a voltarem às suas conformações originais e o objeto macroscópico retorna à forma de antes.

Uma análise termodinâmica do comportamento elástico dos elastômeros também pode ser feita. Sabe-se que no estado de equilíbrio termodinâmico, a entropia (função termodinâmica que “quantifica o grau de desordem”) deve ser máxima. Conforme mencionado anteriormente, os elastômeros apresentam macromoléculas desordenadas e enoveladas e, por isso, a entropia do sistema nessa situação é elevada em relação a um estado de referência qualquer. Contudo, a aplicação de tensão ao material promove o surgimento de certa organização no material, pois as macromoléculas ficam parcialmente alinhadas entre si. Entretanto, tal conformação é termodinamicamente desfavorável, visto que, com o ordenamento parcial das cadeias, a entropia passa a ser menor, então o sistema tende a retornar seu estado de equilíbrio, restaurando a entropia, isto é, elevando-a ao patamar mais elevado, que é o estado de desordem do sistema. Desta forma, o objeto restitui sua forma original e o comportamento plástico se completa.

Esse efeito de entropia tem como consequência os seguintes fenômenos: quando esticado, o elastômero tem sua temperatura aumentada; ao contrário dos outros materiais, nos elastoméricos o módulo de elasticidade aumenta com a temperatura.

Formalmente, quatro critérios devem atendidos para se classificar um polímero como elastomérico:

- 1) São amorfos e não cristalizam com facilidade. Suas cadeias devem ser espiraladas e dobradas no estado sem tensões;
- 2) Devem responder imediatamente à aplicação de uma força, para isso as rotações das ligações das cadeias devem ser relativamente livres;
- 3) Presença de ligações cruzadas, servindo como pontos de ancoragem entre as cadeias, para dificultar movimento relativo entre elas, retardando assim o comportamento plástico; e
- 4) O elastômero deve estar acima de sua temperatura de transição vítrea, que é a temperatura abaixo da qual o polímero tem comportamento frágil.

O terceiro critério pode ser atendido mediante um processo conhecido como vulcanização. A vulcanização é um processo que envolve uma reação química irreversível a temperaturas elevadas que culmina na formação de ligações cruzadas entre as cadeias viabilizadas por átomos de enxofre (S). Quando se realiza o processo de vulcanização, o módulo de elasticidade do polímero é aumentado, bem como seu limite de resistência à tração, o que confere maior resistência aos materiais.

Existe uma classe de elastômeros denominada “Elastômeros Termoplástico” (TPEs- Thermoplastics Elastomers). A princípio, parece haver uma contradição já que conforme já mencionado acima, os elastômeros são essencialmente termorrígidos. Entretanto, esses materiais, nas condições ambientes, exibem comportamento elastomérico (ou borrachoso). Esses polímeros especiais são, na verdade, copolímeros de blocos, em que blocos termoplásticos duros e rígidos alternam-se com blocos elásticos macios e flexíveis, de modo que o material resultante não apresente ligações cruzadas. A ausência dessas ligações tem grande importância para a engenharia, pois como esses elastômeros não são termofixos eles podem ser aquecidos e remoldados sem perdas de propriedades, como ocorreria com os elastômeros termofixos convencionais. Isto é, os TPEs podem ser reciclados.

Na tabela abaixo seguem alguns elastômeros comerciais utilizados, bem como suas características e aplicações.

Tabela 4. Características e Aplicações Típicas de três Elastômeros Comerciais

Tipo químico	Nome comercial	Alongamento (%)	Faixa de Temp. Útil (°C)	Principais características	Aplicações típicas
Poliisopreno natural	Borracha natural (NR-Natural rubber)	500-760	-60 a 120	Resistente ao corte, ao entalhe e à abrasão. Excelentes propriedades físicas	Pneus e tubos; biqueiras e solas; gaxetas
Copolímero Estireno-butadieno	GRS , Buna S (SBR)	450-500	-60 a 120	Excelente resistência à abrasão; boas propriedades elétricas; boas propriedades físicas	As mesmas que as da NR
Copolímero Acrilonitrila-Butadieno	Buna A, Nitrila (SBR)	400-600	-50-150	Propriedades ruins a baixas temperaturas; resistente a óleos vegetais	Mangueiras para gasolina e para produtos químicos em geral

CONCLUSÃO

A análise das propriedades mecânicas dos polímeros, mais especificamente seu comportamento quando submetido a esforços de tração, mostra que as características químicas do material em muito influenciam suas respostas a essas solicitações. Porém, aspectos como as condições de processamento do material também são preponderantes para as características mecânicas dos polímeros.

É importante notar que as propriedades de quaisquer polímeros podem ser drasticamente alteradas dependendo dos aditivos e/ou processos a que são submetidos, não devendo-se adotar um determinado comportamento mecânico como sendo válido para todo material de uma determinada classe. Sendo assim, além da classificação fundamental dos polímeros, em termoplásticos, termofixos e elastômeros, é possível obter, dentro de uma mesma classe, um material mais ou menos resistente à tração ou outros esforços mecânicos. Os gráficos de tração VS. Deformação apresentado para os termoplásticos deixa claro esse aspecto, evidenciando comportamentos bastante distintos, embora com uma tendência geral, de materiais com características químicas e estruturais semelhantes. Em geral, no entanto, pôde-se perceber que termoplásticos são mais dúcteis, possuindo uma larga região de deformação elástica, termofixos mais frágeis, rompendo-se rapidamente quando submetido à tração e elastômeros, extremamente plásticos, sendo possível atingir grandes alongamentos desses polímeros.

As diferentes propriedades mecânicas dos polímeros, obviamente, determinam as aplicações comerciais que eles possuirão. O polietileno, por exemplo, é vastamente utilizado quando deseja-se um material que se deforma elasticamente. As sacolinhas de supermercado, por exemplo, são feitas em polietileno, um polímero termoplástico que possui elevada resistência à tração. Em situações em que não existem consideráveis esforços de tração e em que necessita-se de elevada resistência a impacto, por exemplo, aplica-se polímeros termofixos, pois sua deficiente ductilidade frente aos termoplásticos não será problema nesses casos. Quanto aos elastômeros, podemos encontrá-los sendo utilizados em situações que dispendem grandes esforços mecânicos e que exigem muito de sua elevada capacidade de deformação elástica, como em pneus.

Vale enfatizar novamente que, cada aplicação prática deve ser cuidadosamente estudada antes de optar-se por um determinado material polimérico em detrimento de outro. Isso porque sensíveis alterações em seu processamento e em sua composição química modificam significativamente suas propriedades mecânicas.

Esse trabalho permitiu obter uma visão geral acerca do comportamento de materiais poliméricos frente a tração, possibilitando distinguir, de acordo com sua resposta mecânica, as três diferentes classes de polímeros existentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1-)** Callister Jr., W. D.; *“Ciência e Engenharia dos Materiais – Uma introdução”*; Editora LTC; 5ª edição; Rio de Janeiro, 2002; *pág. 79-80, 328-332*;
- 2-)** Canevarolo Jr., S. V.; *“Ciência dos Polímeros – Um texto básico para tecnólogos e engenheiros”*; Editora Artliber; 2ª edição; São Paulo, 2006; *pág. 203-208*.
- 3-)** Costa T. H. S., Fontana J. A. C., Kossaka J., Taraszkiewicz T.; *Estudo do Comportamento Mecânico de Alguns Termoplásticos*; Departamento de Engenharia Mecânica/DEMEC; Universidade Federal do Paraná; Curitiba – PR; 1998.