

Capítulo 4

Polímeros,

cerâmicos e

compósitos

4.1 Materiais poliméricos

A maioria dos materiais poliméricos é formada por cadeias moleculares orgânicas, motivo pelo qual o carbono se faz presente em todos os polímeros. Eles não possuem estrutura cristalina, mas alguns exibem regiões cristalinas.

De acordo com a estrutura interna, a maioria dos polímeros possui baixa condutividade térmica e elétrica, e normalmente eles são utilizados como isolantes. Têm grande importância na confecção de dispositivos e equipamentos eletrônicos.

Em geral, os materiais poliméricos têm baixo peso específico (densidade), apresentam temperatura de decomposição relativamente baixa e fácil conformação.

4.1.1 Plásticos

Segundo o British Standards Institute (BSI – Instituto Britânico de Padrões), “plástico é definido como um grande grupo de materiais sólidos, compostos eminentemente orgânicos, usualmente tendo por base resinas sintéticas ou polímeros naturais modificados e que possuem, em geral, apreciável resistência mecânica”.

O plástico original, chamado nitrocelulose, é oriundo da celulose usualmente na forma de polpa de madeira, enquanto o fenol e o formaldeído, necessários à confecção da resina fenol-formaldeído, são obtidos do carvão. Hoje, a ênfase tem sido transferida, muito amplamente, para o petróleo e o gás natural, e grande parte da produção de plásticos é baseada nessas duas matérias-primas.

Figura 4.1
Produção de fenol-
-formaldeído.



CHARLES D. WINTERS/SCIENCE PHOTO LIBRARY / LATINSTOCK

Os plásticos são constituídos pelas chamadas resinas básicas, oriundas do processo de polimerização, copolimerização e policondensação, que são as verdadeiras substâncias plásticas. Adiciona-se a essas resinas uma série de compostos químicos, denominados aditivos, que modificam ou reforçam as propriedades das resinas.

Os aditivos citados são substâncias tais como:

- estabilizadores, que controlam a degradação pela luz e pelo calor;
- materiais de enchimento, que melhoram a resistência do material;
- plastificantes, que reduzem sua fragilidade e os tornam flexíveis.

Os materiais plásticos, assim como os materiais metálicos, devem apresentar um conjunto de características que os torne úteis para determinadas aplicações. São propriedades:

- ópticas, como cor e transparência;
- térmicas, ou de resistência ao calor;
- elétricas, ou de resistência dielétrica;
- mecânicas, ou de resistência mecânica;
- químicas, ou de resistência à ação de moléculas estranhas.

Além dessas, outras duas propriedades são particularmente importantes nos materiais plásticos: temperatura de empenamento e temperatura recomendada de serviço.

Os plásticos são classificados, do ponto de vista técnico, segundo duas categorias: termoplásticos ou termofixos (ou termoestáveis).

Termoplásticos

Necessitam de calor para serem conformados mecanicamente. Esses materiais podem ser aquecidos e deformados várias vezes. Sofrem alterações com a temperatura e amolecem a partir de 60 °C.



Figura 4.2

Exemplos típicos de termoplásticos são: polietileno, policloreto de vinila (PVC), polipropileno, poliestireno, náilon e acrílico. A tabela 4.1 apresenta os principais termoplásticos, suas características e aplicações.

Termoplásticos		
Nome	Características	Aplicações
Acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS)	Excelente resistência mecânica, dureza.	Forro para refrigeradores, equipamentos para jardinagem.
Acrílico	Extremamente transparente; propriedades mecânicas razoáveis.	Lentes, janelas transparentes de aeronaves, material de desenho.
Poliétileno (PE)	Resistência química; isolante elétrico; boa dureza; coeficiente de atrito relativamente baixo.	Brinquedos, garrafas flexíveis, copos, bandejas de gelo, embalagens, baldes, sacos de lixo, sacos de embalagens.
Polipropileno (PP)	Resistência à distorção a quente e à fadiga; quimicamente inerte; relativamente barato; pouca resistência à luz ultravioleta.	Embalagens de filmes, gabinetes de TV, malas, cadeiras, poltronas, para-choques de automóveis.
Poliestireno (PS)	Excelentes propriedades elétricas e ópticas; boa estabilidade térmica e dimensional; relativamente barato.	Caixas de bateria, aplicações domésticas, brinquedos, painéis luminosos, materiais descartáveis.
Poliéster	Um dos filmes plásticos mais resistentes; resistência à fadiga, rasgo, umidade, ácidos, graxas, óleos solventes.	Gravações magnéticas, roupas, automóveis, recipientes para bebidas.

Tabela 4.1

Características e aplicações típicas dos materiais termoplásticos

Figura 4.3

Materiais termofixos, como o fiberglass, são usados na construção de barcos.

Termofixos

Os materiais termofixos, ao contrário dos termoplásticos, não podem ser amolecidos e remoldados. Sofrem modificações químicas com o calor, e sua temperatura de amolecimento é bastante elevada (acima de 250 °C).



RIGUCCISHUTTERSTOCK

A tabela 4.2 apresenta os principais termofixos, suas características e aplicações.

Termofixos		
Nome	Características	Aplicações
Epóxi	Excelentes combinações entre propriedades mecânicas e resistência à corrosão; boa adesão; relativamente barato; boas propriedades elétricas.	Moldes elétricos, tintas protetoras.
Poliéster	Excelentes propriedades elétricas; baixo custo; pode ser usado em altas temperaturas.	Capacetes, ventiladores, barcos de fiberglass, componentes para automóveis, cadeiras.

4.1.2 Elastômeros

De modo geral, elastômeros são materiais semelhantes à borracha, que possuem a propriedade de readquirir o tamanho inicial após terem sofrido grande deformação em um período relativamente curto. Como material de construção, os elastômeros precisam ter as seguintes propriedades:

- grande elasticidade;
- pequena rigidez, isto é, pequenas tensões para grandes deformações;
- alta resiliência, isto é, capacidade de restituir a energia recebida com pequena perda.

O comportamento elástico que deve ser dependente do tempo, isto é, precisa existir um intervalo finito de tempo para o material retornar a sua forma primitiva.

Sua dureza é um dos dados mais citados. Dentro de uma faixa de precisão relativamente larga, pode-se relacionar o módulo de elasticidade do elastômero a sua dureza. Esses valores podem ser adotados nas situações em que a precisão não seja essencial.

Os elastômeros são raramente utilizados com carregamento de tração. No entanto, esse carregamento é em geral usado para efeito comparativo. Valores pequenos ou elevados indicam também valores pequenos ou elevados para as demais propriedades mecânicas.

Os elastômeros mais conhecidos são:

Borracha natural

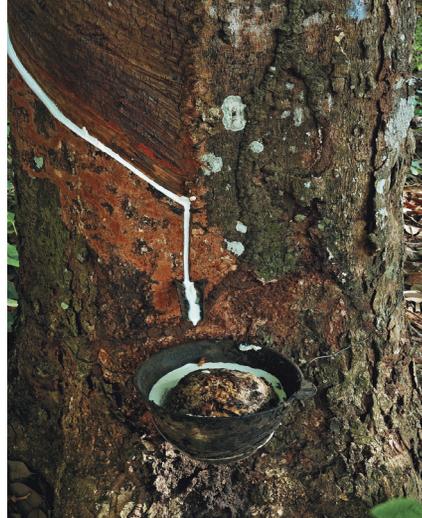
A borracha natural é uma resina de grande variedade de árvores e plantas, mas em especial da *Hevea brasiliensis*.

A borracha crua não tem a elasticidade e outras propriedades da borracha comercial. Ela é purificada e vulcanizada pelo aquecimento com enxofre em teor que varia de 3% a 3,5%, dependendo da classe da borracha desejada.

Tabela 4.2

Características e aplicações típicas dos materiais termofixos.

Figura 4.4
Extração de resina.



Os fatores mais importantes da borracha são elasticidade e flexibilidade, mas também são fundamentais as propriedades de adesão e resistência à água. Sua flexibilidade mantém-se até aproximadamente $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pela modificação em sua composição pode-se cobrir uma faixa larga de condições, até mesmo alta resiliência e resistência mecânica.

O principal inconveniente da borracha natural é sua fraca resistência aos óleos minerais.

Borracha sintética

Não é propriamente borracha, mas um produto semelhante. Não tem a mesma elasticidade, porém é mais resistente à ruptura, ao envelhecimento, ao calor, ao óleo mineral e aos agentes químicos.

Figura 4.5
Folha de borracha sintética
na usina de Goodrich, 1941.



COURTESY EVERETT COLLECTION

4.2 Materiais cerâmicos

São materiais inorgânicos, compostos por elementos metálicos e não metálicos que se unem por ligações químicas. Conforme essa composição, eles podem ser cristalinos, não cristalinos ou uma mistura de ambos. Tijolos, vidros (sílica – SiO_2), louças, isolantes, abrasivos, titanato de bário (transdutores), entre outros, são exemplos de materiais cerâmicos.

Esses materiais se caracterizam por sua grande resistência a altas temperaturas, boa resistência à corrosão, baixa condutividade (elétrica e térmica), pouca plasticidade, dureza elevada e extrema fragilidade. Com frequência, os materiais cerâmicos são subdivididos em: cerâmica vermelha, cerâmica branca, vidros e cerâmicas especiais.

O primeiro material estrutural inorgânico a adquirir propriedades completamente novas como resultado de ação humana intencional foi a argila. Essa ação humana – a “queima” da argila (sinterização) – tornou possível a fabricação de potes, panelas e outros utensílios cerâmicos.



Figura 4.6

Na composição das cerâmicas vermelha (telhas, tijolos e manilhas) e branca (azulejos, sanitários e porcelanas) entram, principalmente, silicatos hidratados de alumínio, como caulinita, haloisita, pirofilita e montmorilonita. A cor da cerâmica vermelha é resultado da adição de óxido de ferro ao processo de fabricação.

Pulverizada e suficientemente umedecida, a argila torna-se plástica, sendo nessa condição modelada. Depois de seca, torna-se rígida e, após queima em temperatura elevada, adquire alta dureza.

As cerâmicas tradicionais (à base de sílica, alumina ou magnésia) são empregadas, como material refratário, em fornos e dispositivos utilizados na fusão e no tratamento térmico de metais e ligas. Enquanto as cerâmicas tradicionais são

obtidas a partir de matérias-primas naturais, argilo-minerais e areia, as cerâmicas avançadas têm composição definida, sendo obtidas de óxidos, nitretos, carbonetos e boretos de alta pureza. Nesses novos materiais, a dimensão, a forma e a distribuição das partículas são controladas.

Muitos novos materiais cerâmicos estão sendo desenvolvidos para aplicações diversas, como para peças de motores de combustão interna. Nesse caso, o material apresenta a vantagem de ser leve, ter resistência e dureza elevadas, alta resistência ao calor e propriedades isolantes. Os materiais cerâmicos também desempenham papel importante na construção de fornos metalúrgicos, por serem bons isolantes térmicos e apresentarem alta resistência ao calor.

Figura 4.7

Materiais cerâmicos são usados na estrutura de aeronaves e espaçonaves.



NASA KENNEDY CENTER MEDIA ARCHIVE COLLECTION

Até mesmo dentistas utilizam esses novos materiais: próteses, coroas, cimentos e implantes dentários modernos são hoje desenvolvidos com base em compostos cerâmicos.

Outra aplicação desses novos materiais são os filtros de cerâmica de porcelana porosa, que podem isolar micróbios e bactérias do leite e da água potável, separar poeira de gases e remover partículas sólidas de líquidos.

Materiais cerâmicos são essenciais para a indústria de construção e a indústria petroquímica, na geração de eletricidade, nas comunicações, na exploração espacial, na medicina e no sanitário. São úteis também como componentes de motores de automóveis, de ferramentas de corte, na blindagem de veículos militares, na estrutura de aeronaves etc.

Cerâmicas semicondutoras tornaram possível o rádio transistorizado e a televisão portátil, que revolucionaram o modo de pensar a educação e a diversão.

Componentes eletrônicos e circuitos integrados complexos têm sido fabricados em material cerâmico. Cerâmicas monocristais têm importantes aplicações mecânicas, elétricas e ópticas.

São confeccionados em cerâmica desde itens delicados a ponto de um leve toque quebrá-los a itens resistentes a ponto de proteger nosso corpo de disparos de armas de fogo. Também são confeccionados nesse material artigos tão duradouros que depois de milhares de anos continuam nos revelando a história de nossos mais remotos ancestrais.

4.3 Materiais compósitos

São produtos em cuja composição entram dois ou mais tipos de materiais. São formados por uma fase contínua polimérica, chamada matriz, reforçada por uma fase descontínua (fibras). Normalmente a fase descontínua é constituída de fibras de vidro, de aramida ou de carbono, dependendo da aplicação final.

A fase polimérica é em geral composta por uma resina termofixa do tipo poliéster insaturada, dissolvida em solvente reativo, ou ainda uma resina ou epóxi. Resinas especiais como o silicone são utilizadas em aplicações especiais.

Na moldagem dessas duas fases ocorre um processo de cura, conhecido como *crosslinking* polimérico, que acopla as duas fases proporcionando ao material final propriedades especiais que definem sua moderna e ampla aplicabilidade.

A massa específica dos compósitos é baixa, o que possibilita sua aplicação em máquinas e equipamentos para redução de peso e também na economia de combustíveis. É cada vez mais comum o uso na aviação e nos veículos automotores, pois a busca por meios menos poluentes e que consumam menos combustíveis fósseis é fundamental para o desenvolvimento de uma economia sustentável.



Figura 4.8

Grafite epóxi impregnado de fibras sendo enrolada em um núcleo de metal.

