

ENCICLOPÉDIA POPULAR DOS EMBAIXADORES DA CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS



A ciência e engenharia de materiais em nosso cotidiano.



A enciclopédia foi escrita por:

Profa. Dra. Ana Candida de Almeida Prado
Ana Gabriela da Silva Costa
Ana Júlia Gomes Trajano
Ermeson David dos Santos Silva
Fabrício Ravell Silva Sousa
Maria das Dores dos Santos
Priscila Pereira Mota
Rhodivam Lucas Mendes Feitosa

Responsável pela edição:

Rhodivam Lucas Mendes Feitosa

Revisto por:

Profa. Dra. Laédna Souto Neiva

Dados internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Cariri
Sistema de Bibliotecas

E56 Enciclopédia popular dos embaixadores da Ciência e Engenharia de Materiais: a ciência e engenharia de materiais em nosso cotidiano / Ana Cândida de Almeida Prado ... [et al.], responsável pela edição: Rhodivam Lucas Mendes Feitosa, revisto por: Laedna Souto Neiva. – Juazeiro do Norte: UFCA, 2021.

86 p. ; il. color. E-pub.
ISBN 978-65-88329-13-9

1. Engenharia de materiais. 2. Ciências. 3. Propriedade dos materiais. I. Prado, Ana Candida de Almeida. II. Feitosa, Rhodivam Lucas Mendes. III. Costa, Ana Gabriela da Silva. IV. Trajano, Ana Júlia Gomes, V. Silva, Ermeson David dos Santos. VI. Sousa, Fabricio Ravell Silva. VII. Santos, Maria das Dores dos. VIII. Mota, Priscila Pereira. IX. Neiva, Laedna Souto.

CDD 620.11063

Bibliotecária: Glacinésia Leal Mendonça – CRB 3/925

ENCICLOPÉDIA POPULAR DOS EMBAIXADORES DA CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

A ciência e engenharia de materiais em nosso cotidiano.

Índice

| | |
|--|-----------|
| INTRODUÇÃO | 7 |
| O QUE É CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS? | 8 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 8 |
| O QUE FAZ E ONDE PODEM ATUAR UM CIENTISTA DE MATERIAIS E O ENGENHEIRO DE MATERIAIS? | 9 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 10 |
| CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS | 11 |
| MATERIAIS POLIMÉRICOS | 12 |
| Você sabia que muitas pessoas confundem polímeros com plásticos? | 12 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 13 |
| MATERIAIS CERÂMICOS | 14 |
| Do que é feito um material cerâmico? | 15 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 15 |
| MATERIAIS METÁLICOS | 16 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 17 |
| MATERIAIS COMPÓSITOS | 18 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 18 |
| ORGANIZAÇÃO E DESORGANIZAÇÃO DOS ÁTOMOS NO ESTADO SÓLIDO | 20 |
| ESTRUTURA ATÔMICA | 21 |
| LIGAÇÕES QUÍMICAS | 22 |

| | |
|--|-----------|
| Referências Bibliográficas Consultadas | 23 |
| SOLIDIFICAÇÃO DOS MATERIAIS | 24 |
| Você sabia que a solidificação é bem mais que uma mudança de fase? | 24 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 25 |
| ESTRUTURA CRISTALINA | 26 |
| Por que a platina é mais densa que o ouro e o alumínio? | 26 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 27 |
| SÓLIDOS NÃO CRISTALINOS OU AMORFOS | 28 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 28 |
| MATERIAIS MONOCRISTALINOS VERSUS MATERIAIS POLICRISTALINOS | 29 |
| Grãos e contorno de grãos | 30 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 30 |
| MÉTODOS DE FABRICAÇÃO DOS MATERIAIS | 31 |
| FABRICAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS | 32 |
| Introdução ao processamento de materiais poliméricos | 32 |
| Matérias-primas poliméricas | 32 |
| E como são os principais processos de conformação dos polímeros? | 33 |
| Rotomoldagem | 33 |
| Termoformagem | 33 |
| Extrusão | 34 |
| Injeção | 35 |
| Sopro | 35 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 36 |
| FABRICAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS | 37 |
| Introdução ao processamento de materiais cerâmicos | 37 |

| | |
|--|-----------|
| Matérias-primas cerâmicas | 37 |
| As técnicas e etapas de produção de materiais cerâmicos | 38 |
| Conformação de materiais cerâmicos: como se dá a forma de um produto cerâmico? | 38 |
| Conformação - A seco ou prensagem | 39 |
| Conformação plástica - Extrusão | 39 |
| Conformação líquida - Colagem | 40 |
| Você já se perguntou como uma privada é feita? | 40 |
| E o vidro? Como se faz? | 41 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 42 |
| FABRICAÇÃO DE MATERIAIS METÁLICOS | 43 |
| Introdução à fabricação dos materiais metálicos | 43 |
| Algumas matérias-primas utilizadas para fabricação de materiais metálicos: | 43 |
| Você sabe como o aço é produzido? | 43 |
| Como produzir alumínio metálico? | 44 |
| Alguns processamentos de materiais metálicos: | 45 |
| Fundição | 45 |
| Conformação | 46 |
| Metalurgia do pó | 47 |
| Soldagem | 47 |
| Acabamento das peças | 48 |
| Tratamentos térmicos | 49 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 49 |
| FABRICAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS | 50 |
| Introdução sobre a fabricação de materiais compósitos | 50 |
| Preparo dos componentes que irão formar os compósitos | 50 |
| Fabricação de peças de materiais compósitos | 52 |
| Produção manual | 52 |

| | |
|--|----|
| Pultrusão | 52 |
| Enrolamento filamentar | 53 |
| E como se faz um pneu? | 53 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 54 |

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS **55**

PROPRIEDADES ÓPTICAS **56**

| | |
|--|----|
| Introdução - O que é a luz? | 56 |
| Refração, reflexão e absorção | 56 |
| Como a cristalinidade afeta na transparência e na opacidade dos materiais? | 57 |
| Fibra óptica e a internet | 58 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 59 |

PROPRIEDADES ELÉTRICAS **60**

| | |
|--|----|
| Referências Bibliográficas Consultadas | 61 |
|--|----|

PROPRIEDADES MAGNÉTICAS **62**

| | |
|--|----|
| Referências Bibliográficas Consultadas | 62 |
|--|----|

PROPRIEDADES MECÂNICAS **63**

| | |
|--|----|
| A propriedade mecânica de dureza - Ou por que alguns materiais são duros e outros são moles? | 63 |
| Materiais frágeis e dúcteis - Ou por que conseguimos esticar alguns materiais e outros não? | 64 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 65 |

PROPRIEDADES TÉRMICAS **66**

| | |
|--|----|
| Temperatura de fusão dos materiais - Por que as painéis são de metais ou cerâmicas e não de polímeros? | 67 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 68 |

VIDA ÚTIL DOS MATERIAIS **69**

| | |
|--|-----------|
| Por que uma cadeira de plástico esquecida por muito tempo no quintal muda de cor e quebra com facilidade quando sentamos nela? | 70 |
| Socorro! Os parafusos da minha bicicleta estão enferrujando, por quê? | 71 |
| FALHA DOS MATERIAIS | 73 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 74 |

A SOCIEDADE E OS MATERIAIS: PENSANDO NA SUA REUTILIZAÇÃO E RECI- CLAGEM

75

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 76 |
| Reciclagem do vidro | 76 |
| Reciclagem do alumínio | 76 |
| Reciclagem dos polímeros | 77 |
| Reciclagem dos compósitos | 78 |
| Referências Bibliográficas Consultadas | 78 |

GLOSSÁRIO

79



INTRODUÇÃO

O QUE É CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS?

Se você perceber, verá que tudo que nos rodeia é feito de materiais. Por exemplo, a cadeira em que você está sentado pode ser feita de diversos materiais, entre eles plástico, madeira e metal. A tela de seu celular ou do computador, na qual você está vendo essa enciclopédia, também é feita de um material, como um vidro especial, no qual comentaremos em outros capítulos.

Os materiais fazem parte da evolução humana. A criação e a manipulação de ferramentas ao longo do tempo influenciaram o modo e o comportamento nas civilizações até chegarmos aos dias atuais. No início, a quantidade de materiais utilizados pelo homem era limitada e afetava diretamente na ocupação dos espaços e no crescimento populacional. Pedra, madeira, argila e peles de animais são exemplos de materiais que eram acessíveis.

Ao longo do tempo, o ser humano percebeu que conseguia aprimorar os materiais com técnicas e, assim, davam novas funções a eles. Inicialmente, os materiais eram usados com fins básicos, dentro do uso doméstico, por exemplo. Quando as técnicas foram melhorando, os materiais assumiram outras aplicações especiais, como por exemplo, materiais para a indústria aeroespacial, próteses humanas, sensores e microchips de dispositivos eletrônicos.

Logo, o impacto dos materiais causou mudanças no dia a dia e é importante existirem áreas que estudem e saibam produzir os mesmos de forma mais eficiente. A Ciência dos Materiais é responsável por analisar, desenvolver e aprimorar materiais por meio de pesquisas, já a Engenharia de Materiais é uma área na qual o profissional fica encarregado de acompanhar a produção ou pensar em novos produtos.

Assim, devido a necessidade de uma ciência mais democrática no mundo, esta enciclopédia da Ciência e Engenharia de Materiais foi criada com o objetivo de abordar alguns assuntos de uma forma mais simples para que você, leitor, possa

ter um maior entendimento de como os materiais são e como eles se comportam. Esperamos que, após a leitura dessa enciclopédia, a sua experiência e seu contato com os materiais se tornem algo agradável.

Ah, e convidamos você a escrever para nós, nos dizendo o que achou da enciclopédia. Assim, podemos tirar algumas dúvidas que ficaram sobre os assuntos abordados e também sabermos onde podemos contribuir mais, de modo que possamos adaptar o conteúdo e melhorar em futuras edições da enciclopédia.

O e-mail é: ana.prado@ufca.edu.br.

O vidro é um material usado pelo homem há milênios e sofre constantes aprimoramentos em sua fabricação e propriedades. (A) garrafa de vidro de 1600 anos; (b) lente de telescópio capaz de aumentar a imagem para vermos um flamingo distante.



Blondinrikard Fröberg de Göteborg, Suécia. C

CC BY 2.0, via Wikimedia Commons // Imagem de Nelli B. no Pixabay

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2016.

O QUE FAZEM E ONDE PODEM ATUAR O CIENTISTA DE MATERIAIS E O ENGENHEIRO DE MATERIAIS?

Mas, afinal, você sabe a diferença entre a Ciência dos Materiais e a Engenharia de Materiais? E o que faz o profissional de cada uma destas áreas?

A **Ciência dos Materiais** é uma área que tem como funções analisar e desenvolver novos materiais para possíveis aplicações no dia a dia. Assim, o local de trabalho do profissional é o laboratório, ambiente em que o cientista pode produzir novos materiais e aperfeiçoar os já existentes, ele também analisa, caracteriza e define as propriedades dos materiais, seja ela qual for.

Já o **Engenheiro de Materiais** é um profissional que trabalha na indústria. Ele pode acompanhar tanto as etapas de produção dos materiais como também a criação de novos produtos. O engenheiro possui entendimento sobre as etapas dos processos dos materiais e, assim, pode fazer a manipulação correta para chegar em um resultado desejado.

Maria, estudante da Universidade Federal do Cariri, trabalha para uma empresa de calçados e nos deu uma entrevista falando um pouco da atuação do Engenheiro de Materiais: “Na área em que eu atuo (indústria de polímeros), as oportunidades para o Engenheiro de Materiais podem ser tanto para o desenvolvimento de materiais (é o que eu faço), quanto o desenvolvimento de processos e produção de materiais. Na empresa onde eu trabalho, nós (Engenheiros de Materiais) conseguimos atuar desde o desenvolvimento da matéria-prima, como nos processos de produção dos materiais poliméricos e na determinação dos melhores insumos e métodos para aplicações em produção. Além disso, podemos realizar os testes nos materiais para garantirmos a qualidade do produto final”.

O estudante de Engenharia de Materiais pode se tornar

tanto um Engenheiro, trabalhando na indústria, como também ser um Cientista, atuando na pesquisa. Aqui estão listadas algumas das atividades que o Engenheiro de Materiais poderá desempenhar após sua graduação:

- Ser um empreendedor e abrir seu próprio negócio. Ele é um profissional que possui capacidade de alavancar seu próprio empreendimento e assim, ter sua própria indústria de materiais;
- Poderá seguir a área acadêmica. Tanto no Brasil, quanto no exterior, ele poderá fazer especializações para se tornar um pesquisador. Essas especializações podem abrir inúmeras possibilidades para o profissional;

Estudante de engenharia de materiais realizando ensaios no laboratório



Imagem de Rhodivam. acervo pessoal.

- Trabalhar na linha de produção de uma indústria. Os tipos de indústrias são diversas, como indústrias petroquímicas, metalúrgicas, cerâmicas, entre outras;

- Poderá realizar consultorias nas empresas. Você sabe o que é Consultoria? Quando uma empresa possui algum problema e não consegue identificá-lo, ela contrata um especialista. Assim, consultoria é uma espécie de serviço que profissionais realizam para fazer análises e apontar as possibilidades de soluções para o caso em questão.

Referências Bibliográficas Consultadas

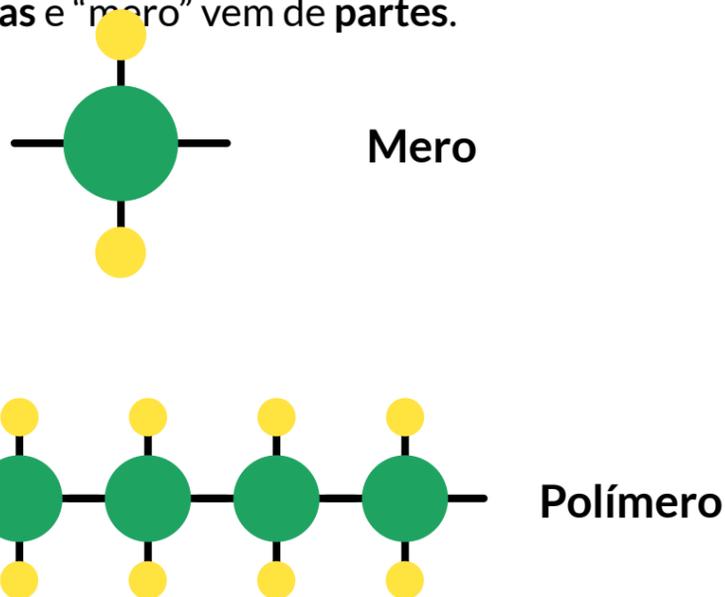
CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2016.

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

MATERIAIS POLIMÉRICOS

Os polímeros já estão na nossa vida há bastante tempo. Há indícios de que desde a antiguidade, os egípcios e romanos usavam esse tipo de material. Outro momento em destaque foram as viagens marítimas no século XVI, através das quais os navegantes tiveram contato com o látex e levaram para a Europa, um polímero natural advindo de uma árvore chamada *Hevea Brasiliensi*, conhecida como seringueira. Outros materiais como madeira, algodão e couro, são exemplos de polímeros naturais.

Mas o que é um **polímero**? A medida em que os átomos, como o carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, entre outros, se unem por ligações covalentes, formam uma molécula orgânica gigante, chamada **macromolécula**. Dentro dessa macromolécula existem pequenas estruturas que se repetem e são chamadas de “meros”. Portanto, polímero é uma macromolécula constituída de várias unidades que se repetem, unidas por ligações covalentes. A palavra polímero vem do grego, na qual “poli” vem de **muitas** e “mero” vem de **partes**.



Com o passar do tempo, devido às necessidades do homem, a forma de obtenção e produção desses materiais foi evoluindo até chegarmos ao que temos, sendo que os polímeros também podem ser obtidos de origem sintética, ou seja, produzidos pelo ser humano. A maioria dos polímeros utilizados no cotidiano são de origem sintética, são exemplos de produtos

produzidos com polímeros: sacolas plásticas, esponjas, embalagens de alimentos, roupas, brinquedos, lentes de óculos, painéis e revestimentos internos de automóveis, entre outros.

Os polímeros são resultados de reações químicas entre pequenas moléculas orgânicas, que são chamadas de **monômeros**. Geralmente, os monômeros são de origem fóssil, que é um tipo de fonte não renovável. Porém, é possível produzir polímeros de fontes renováveis, como o milho e a cana-de-açúcar; nestes casos, o produto obtido a partir dessas matérias-primas vegetais se chama **biopolímero**.

Em relação ao desempenho mecânico dos materiais poliméricos, estes podem ser classificados como plásticos, elastômeros ou fibras. Os elastômeros são as borrachas que conseguem sofrer grande deformação. As fibras são materiais que possuem um comprimento grande e uma espessura fina. Já os plásticos estão sólidos na temperatura em que são utilizados.

Você sabia que muitas pessoas confundem polímeros com plásticos?

Na verdade, o plástico é uma das classes de materiais poliméricos.

Os plásticos são classificados de acordo com seu comportamento mecânico em função da temperatura experimentada. Desta forma, eles são divididos em duas categorias: os termoplásticos e os termofixos.

Os **termoplásticos** possuem ligações químicas secundárias entre as cadeias poliméricas. Assim, quando esses materiais entram em contato com o calor, as ligações secundárias fracas são rompidas e estes amolecem (dependendo do valor da temperatura, até ficam líquidos) e depois, ao resfriarem, se solidificam novamente. Eles podem ficar moles, líquidos, rígidos várias vezes sem perder suas propriedades e, por isso, são materiais ditos recicláveis.

Já os **termofixos**, ou também conhecidos como termorrígidos, são plásticos que possuem ligações cruzadas entre as cadeias. As **ligações cruzadas** são do tipo primárias covalentes (que são fortes), o que torna esses materiais mais resistentes

tes que os termoplásticos. Por conta disso, esses polímeros não conseguem ser reciclados, uma vez que quando o calor é adicionado a eles, perdem essas ligações entre as cadeias e se degradam, não conseguindo retornar à forma original da peça quando resfriados.

Algumas garrafas plásticas, produzidas com polipropileno ou PET, são termoplásticos e podem ser recicladas.

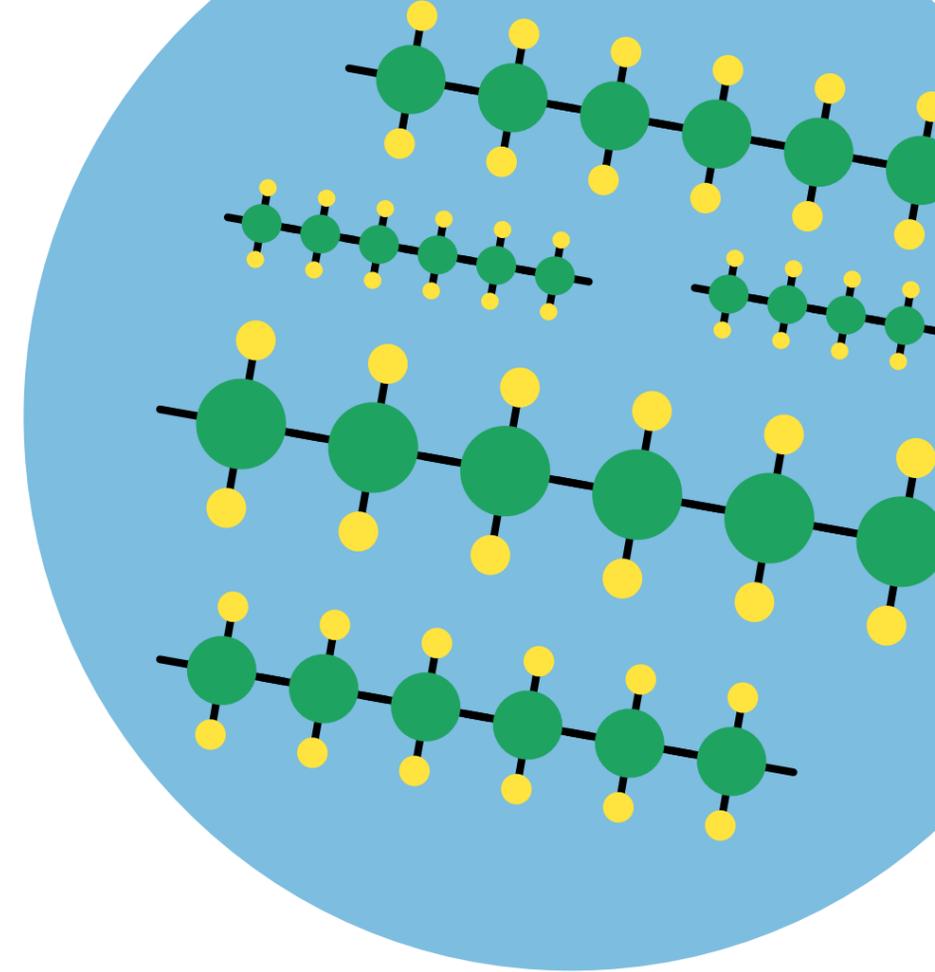


Foto de

Um exemplo de formação de ligações cruzadas é o processo chamado de vulcanização. É um processo usado na borracha, criado por Charles Goodyear, no qual as ligações cruzadas são formadas entre as cadeias da borracha. Graças a essa modificação, é possível utilizar esse material em pneus de carros, pois como as propriedades são melhoradas, fazem com que eles suportem o peso do automóvel, o atrito e a temperatura



Foto de Mike no Pexels



Referências Bibliográficas Consultadas

CANEVAROLO JÚNIOR, Sebastiao V. Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 2. ed. São Paulo, SP: Artliber Editora, 2006.

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2016.

MATERIAIS CERÂMICOS

O homem era um ser nômade durante a idade da pedra lascada. Era necessário lapidar pedaços de rochas para usar como ferramentas para caça e proteção pessoal. A medida em que o tempo ia passando, o ser humano começou a fixar moradia em determinadas localidades e os materiais cerâmicos foram importantes para essa mudança

Pedras lascadas utilizadas como ferramentas



José-Manuel Benito Álvarez (España) -> Locutus Borg, CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons

Em alguns lugares do mundo, havia uma maior quantidade de barro e as rochas com propriedades necessárias para construção das ferramentas eram escassas. Assim, o homem percebeu que ao misturar argila com água seria possível moldar objetos de diferentes formatos e que estes eram endurecidos após ter contato com o calor das fogueiras. Esses foram os primeiros materiais cerâmicos produzidos. Tal conhecimento antigo foi importante e é empregado até hoje para produzir vários utensílios cerâmicos de nosso dia a dia, como xícaras, pratos, telhas, tijolos, entre outros.

Quando falamos a palavra cerâmica, vem a nossa cabeça uma louça de cozinha ou até mesmo materiais de construção, mas o universo das cerâmicas é bem maior do que imaginamos. Essa categoria inclui todas as peças e artefatos produzidos a partir das argilas ou de outros tipos de pós rochosos, tais como: concretos, cimentos, vidros, materiais que resistem a altas temperaturas, porcelanas, dispositivos semicondutores e

até mesmo biomateriais.

Os materiais cerâmicos são divididos em duas classes:

As **cerâmicas tradicionais**, que estão presentes desde a antiguidade e fazem parte do nosso cotidiano, são materiais em que, durante a sua produção, a matéria-prima é obtida na natureza e não precisa de controle na pureza. Louças, azulejos, telhas, tijolos e vasos são exemplos de materiais cerâmicos tradicionais.

Xícara feita de argila, produto cerâmico tradicional



Imagem de Rhodivam, acervo pessoal.

Além das cerâmicas tradicionais, desde 1950, há o desenvolvimento e fabricação de materiais cerâmicos com propriedades exclusivas e especiais, estes materiais são chamados de **cerâmicas avançadas**. Para possuir tais propriedades, esses materiais são produzidos de maneira singular, ou seja, são produzidos em laboratório e suas matérias-primas passam, necessariamente, por um maior controle em relação à sua composição. As cerâmicas avançadas possuem aplicações sofisticadas, como por exemplo, algumas são capazes de resistir a altas tem-

MATERIAIS METÁLICOS

Após a descoberta do fogo, das técnicas de extração dos metais das rochas e fundição, o homem passou a manusear materiais metálicos para o uso diário. Dessa maneira, iniciou-se a idade dos metais e alguns deles foram utilizados durante esse período.

O cobre, por exemplo, que por ser facilmente modelado e rígido, era destinado para a fabricação de armamentos e ferramentas; já o ouro, por ser resistente e brilhoso, chamava a atenção dos homens; e a prata era destinada a fins decorativos e ao escambo.

Com o passar do tempo, o homem também percebeu que podia misturar dois metais diferentes e formar uma **liga metálica**, a qual tinha características diferentes e interessantes, como por exemplo, o bronze, uma liga formada com cobre e estanho, o qual é mais resistente que o cobre puro.

Escultura Lupa Capitolina, seu material é o bronze.



Imagem de Mathias Lemm no Pixabay

Os metais são compostos formados por elementos químicos metálicos (ferro, alumínio, cobre, ouro, zinco, entre outros) ligados por meio de ligações metálicas. Por vezes, adiciona-se um outro elemento químico (carbono, oxigênio, nitrogênio), o que altera as propriedades do material. Os átomos estão arran-

jados de maneira ordenada, formando uma nuvem de elétrons que promove uma mobilidade eletrônica. Assim, os materiais metálicos são bons condutores elétricos e térmicos.

Dentre as propriedades dos metais, podemos citar que a maioria é resistente a esforço mecânico e a impactos. Além disso, outros metais podem sofrer deformações sem fraturar, e por isso, são chamados de materiais dúcteis.

Alguns metais também possuem características elásticas, como no caso de uma mola. Se a puxamos, ela sofre um aumento de tamanho. No momento em que essa força é retirada, a mola volta a ter o formato original. Essa característica é típica de materiais conhecidos como resilientes.

Os materiais metálicos podem ser divididos em dois tipos: ferrosos e não ferrosos. A principal liga ferrosa é formada por ferro e carbono, conhecida como o aço, é utilizada tanto na construção civil quanto no uso doméstico, por exemplo: facas, palha de aço e painéis de aço inoxidável.

Por outro lado, têm-se os não ferrosos, compostos por ligas de elementos como alumínio, chumbo, estanho e zinco, entre outros. As ligas não ferrosas são subclassificadas dependendo do elemento químico principal que a compõe.

Por exemplo, as ligas de alumínio são muito leves e maleáveis. As ligas de cobre conduzem bem a eletricidade. Já as ligas de níquel são super resistentes à corrosão, assim podem ser usadas para revestir superfícies que estão em contato com substâncias ácidas.



Imagem de Rhodivam, acervo pessoal/

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução.
John Wiley & Sons, Inc., 2016.

MATERIAIS COMPÓSITOS

Embora se pense que a história dos compósitos é bem recente, os materiais compósitos já eram manuseados no Egito Antigo quando o homem fabricava tijolos com barro e palha. Porém, a sua evolução e o seu desenvolvimento comercial, como conhecemos hoje, só aconteceu durante a Segunda Guerra Mundial.

Um **compósito** é feito da união de dois ou mais materiais distintos, quando juntos apresentam melhores propriedades do que quando os materiais estão sozinhos. Os materiais que constituem os compósitos devem ser quimicamente diferentes.

As matérias-primas usadas para formar os compósitos podem ser cerâmicas, metálicas e/ou poliméricas. As melhorias nas propriedades quando se unem os materiais são diversas. Por exemplo, o aumento da resistência às forças aplicadas e às altas temperaturas, diminuição do peso, entre outras.

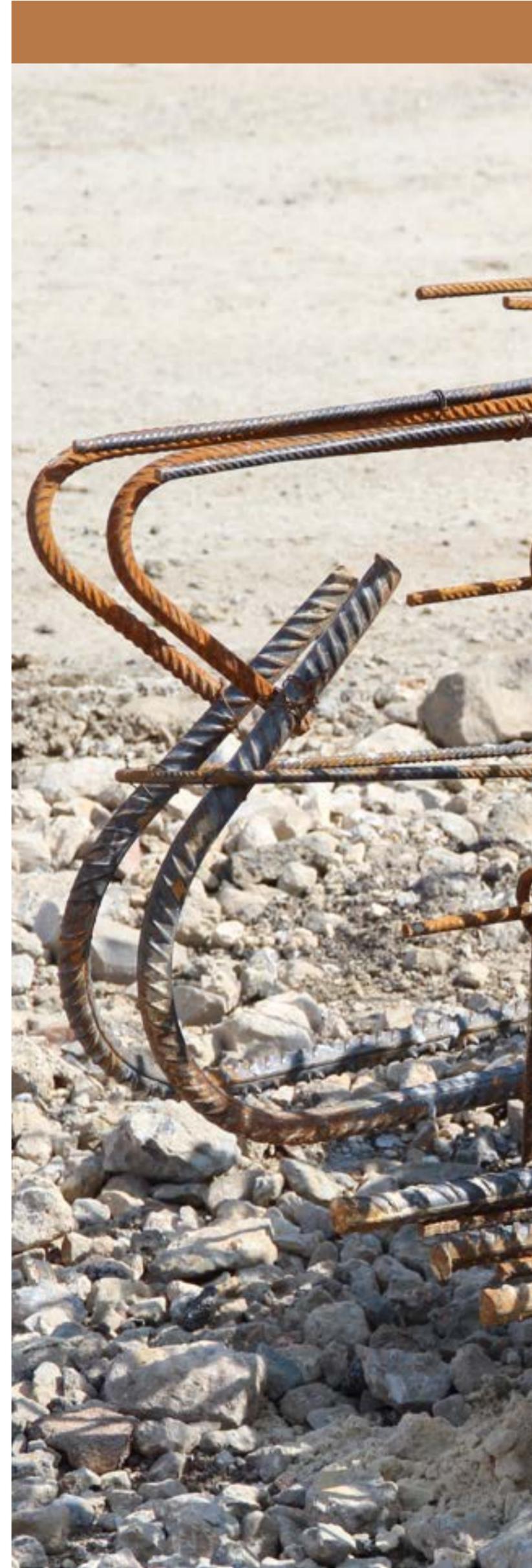
Para entender como funcionam as propriedades dos compósitos, precisamos saber quais materiais o formam e como eles se comportam. Assim, a união entre as matérias-primas contribui para fornecer um material com propriedades ainda melhores de acordo com a sua aplicação. Além dessa combinação, o formato da peça, a organização e a distribuição dos materiais no compósito são importantes para o resultado final.

Os materiais que formam os compósitos são chamados de fases. O material principal, usado em maior quantidade, é chamado de **fase matriz**, enquanto o material que tem como função auxiliar a fase matriz é chamado de **fase reforço (ou fase dispersa)**.

O concreto armado é um exemplo de compósito que temos em nosso cotidiano. Usado para a construção de vigas e lajes, o concreto armado é formado por uma viga metálica envolta por concreto. A viga metálica é um material com boa resistência a forças de tração, já o concreto é um material duro e resistente a forças de compressão, mas pode sofrer quebra pelo impacto. Quando juntamos a viga metálica e o concreto, a resistência às forças como um todo, aumentará.

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2016.







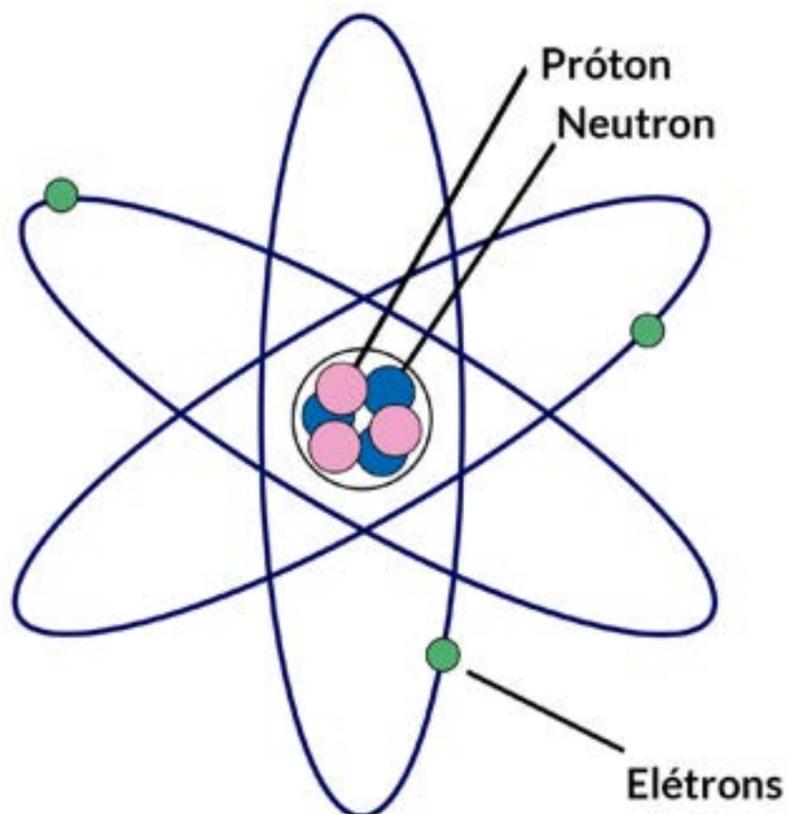
ORGANIZAÇÃO E DESORGANIZA- ÇÃO DOS ÁTOMOS NO ESTADO SÓLI- DO

ESTRUTURA ATÔMICA

Grande parte das características e propriedades dos materiais, como ponto de fusão, resistência mecânica e dureza dependem de diversos fatores. Dentre eles, estão **os elementos químicos, o tipo de estrutura atômica e o tipo de ligação química presentes no material.**

Os átomos são formados por partículas, sendo as principais nêutrons, prótons e elétrons. Os nêutrons não possuem carga elétrica, já os prótons têm carga positiva e ambos se localizam na região central do átomo, chamada de **núcleo**. Os núcleos apresentam carga positiva e, ao seu redor, encontram-se camadas de elétrons que têm carga negativa, essa região se chama **eletrosfera**. Em seu estado neutro, o átomo tem o mesmo número de prótons e de elétrons.

Estrutura dos átomos. A região interna se chama núcleo e a região onde os elétrons ficam situados chama eletrosfera.



Os **gases nobres** apresentam estabilidade eletrônica e, por esta razão, não reagem com outros elementos químicos. Com exceção do gás hélio que só tem dois elétrons na última camada, os demais gases nobres têm oito elétrons.

Os átomos buscam a configuração eletrônica dos gases nobres e, para isso, fazem ligações químicas entre si, às vezes doando, recebendo e, até mesmo, compartilhando elétrons para que alcancem oito elétrons em sua camada de valência. Essa regra da busca dos átomos por oito elétrons na camada de valência é conhecida como **regra do octeto**.

A exceção fica por conta do Hidrogênio, que como possui apenas 1 elétron, precisa só de mais 1 para ficar semelhante ao Hélio na sua camada de valência e ficar estável quimicamente.

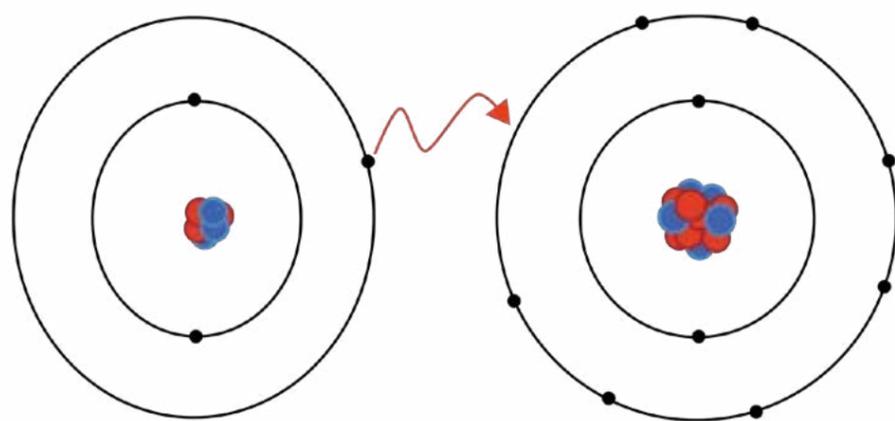
LIGAÇÕES QUÍMICAS

As ligações químicas podem ser divididas em ligações primárias (ligações fortes) e ligações secundárias ou intermoleculares (ligações fracas).

As **ligações primárias** se dividem em iônicas, covalentes e metálicas.

A ligação do tipo iônica ocorre quando um elemento metálico doa elétrons a outro elemento não-metálico ou hidrogênio. Tal ligação necessita de muita energia para que seja rompida e, por isso, é uma ligação muito forte. Os materiais cerâmicos são formados por ligações predominantemente iônicas, embora, também possam conter ligações covalentes.

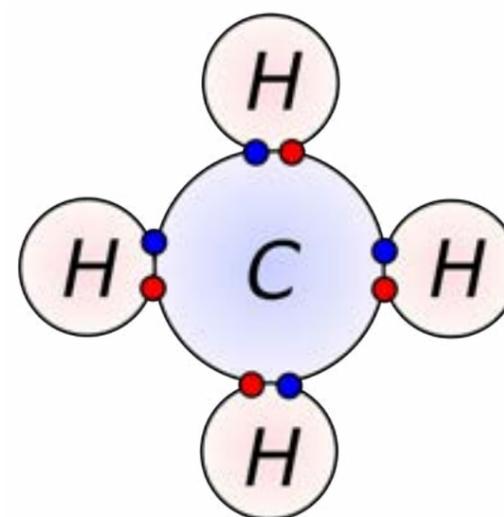
Representação da ligação iônica



EliseEtc / vetorizado de Ionic bonding.png, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

A ligação do tipo covalente forma compostos por meio do compartilhamento de elétrons para o alcance de estabilidade, segundo a regra do octeto e, ocorre geralmente, entre elementos não metálicos. Essas ligações também são fortes e geralmente encontram-se, maciçamente, nas estruturas dos materiais poliméricos e, também, nas estruturas cerâmicas que apresentam caráter misto iônico/covalente.

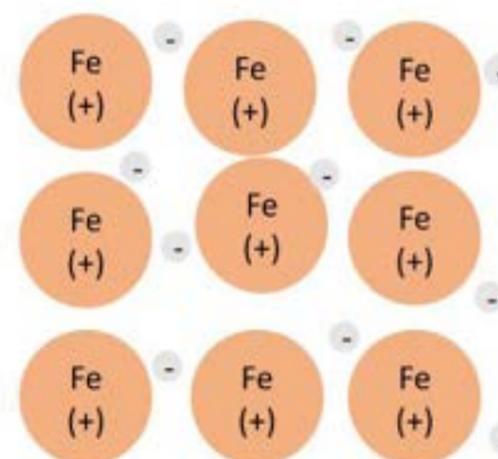
Representação da ligação covalente



Covalent.svg : DynaBlasttrabalho derivado: Ortisa (falar), CC BY-SA 2.5 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>>, via Wikimedia Commons

A ligação metálica é a mais fraca entre as primárias e ocorre somente entre os elementos metálicos. Os elétrons desses elementos formam uma nuvem eletrônica e mantêm unidos os seus átomos.

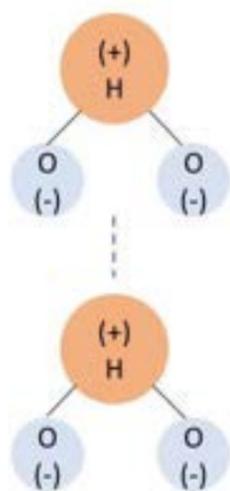
Representação da ligação metálica



As **ligações secundárias** são as mais fracas entre as ligações químicas. Elas acontecem quando uma parte positiva da molécula se une com a parte negativa de outra. Existem 3 tipos de forças de atração entre as moléculas: Dipolo-Dipolo, Ligações de Hidrogênio e Dipolo Induzido. São forças importantes pois interferem nas propriedades dos compostos e materiais.

Dentre as ligações secundárias, as **pontes de Hidrogênio** são as mais fortes e são um tipo especial de Dipolo-Dipolo. Ela ocorre quando um hidrogênio de uma molécula se liga a um átomo muito eletronegativo (flúor, oxigênio ou nitrogênio) de outra molécula. Já as ligações dipolo induzido são as mais fracas entre as ligações secundárias e ocorrem entre moléculas apolares.

Representação da ligações de ponte de Hidrogênio. A linha tracejada azul representa a força de atração entre a parte negativa da molécula de água e a parte positiva de outra molécula.



Referências Bibliográficas Consultadas

PERUZZO, Tito Miragaia; CANTO, Eduardo Leite Do. Química na Abordagem do Cotidiano: Volume 1. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

SOLIDIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Você sabia que a solidificação é bem mais que uma mudança de fase?

Você já se perguntou por que a água congela quando é colocada em um freezer com temperatura abaixo de 0 °C? Ou outro exemplo, você já se perguntou como dar forma a um copo de vidro? Todas essas perguntas são respondidas pelo meio do processo chamado de **solidificação**.

A solidificação é um processo espontâneo no qual acontece uma mudança de estado físico quando as condições são favoráveis. Nesse caso, o líquido se transforma em um sólido por ser um estado mais estável que o anterior. Assim, os átomos, íons ou moléculas se aproximam uns dos outros e tendem a ocupar posições que trazem mais equilíbrio.

Em um exemplo básico, a água, citada anteriormente, congela a 0 °C, permanecendo nesse estado enquanto estiver abaixo dessa temperatura. Esse fenômeno acontece porque a fase sólida é mais estável nessas condições. Ao entrar em contato com o ambiente gelado, a mudança de fase não ocorre de forma imediata em todo o volume da água. Dessa forma, as regiões que estão mais próximas da parede do copo começam solidificar primeiro do que a interior.

Gota líquida de água em processo de solidificação formando e crescendo os cristais de gelo a partir das zonas mais frias.

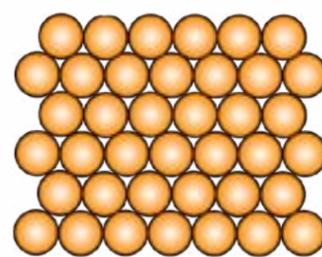


Imagem de rihaij por Pixabay

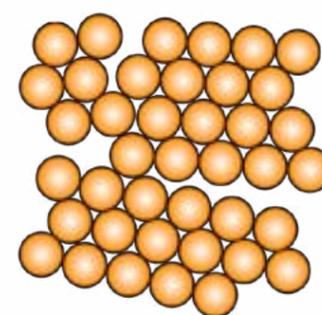
Portanto, a solidificação não ocorre de forma instantânea, ela começa por pequenas partículas estáveis da nova fase que surgem e, que ao longo do tempo, vão crescendo até que haja o desaparecimento da fase antiga. Essas etapas são chamadas de **nucleação** e **crecimento**, respectivamente. Vale ressaltar que a nucleação e o crescimento das fases não ocorrem somente na solidificação, mas sim em todas as transformações de fases.

Mas por que entender solidificação? Voltando para os materiais, a estrutura e as propriedades dos mesmos são diretamente afetadas por alguns fatores durante a produção, como temperatura, tempo e pressão. Ao final do processo de solidificação, podemos formar vários tipos de materiais com características diferentes, dependendo dos parâmetros que ele sofreu.

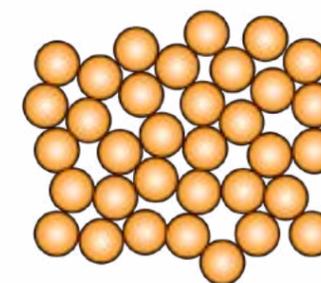
Quando há tempo suficiente para os elementos químicos ou moleculares dos materiais ocuparem seus lugares de estabilidade, uma estrutura cristalina organizada é formada. Mas, se a temperatura é diminuída bruscamente, os átomos, íons ou moléculas não possuem tempo para se ordenar e ficam sem forma. Em outros capítulos, iremos comentar sobre diversos materiais que possuem características diferentes, como materiais monocristalinos, policristalinos ou amorfos.



Monocristalino



Policristalino



Amorfo

Cristal_ou_amorphe.svg : CdangTodo o resto: Sbyrnes321, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

Portanto, a solidificação não é apenas um fenômeno de transformação de fase. Também é vista como um processo muito importante dentro da indústria quando temos que produzir materiais sólidos com formatos definidos e propriedades desejadas por meio de materiais no estado líquido. Um exemplo disso é a produção de vidros, no qual a matéria-prima é fundida, logo após é moldada no formato desejável e em seguida se solidifica.

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2016.

ESTRUTURA CRISTALINA

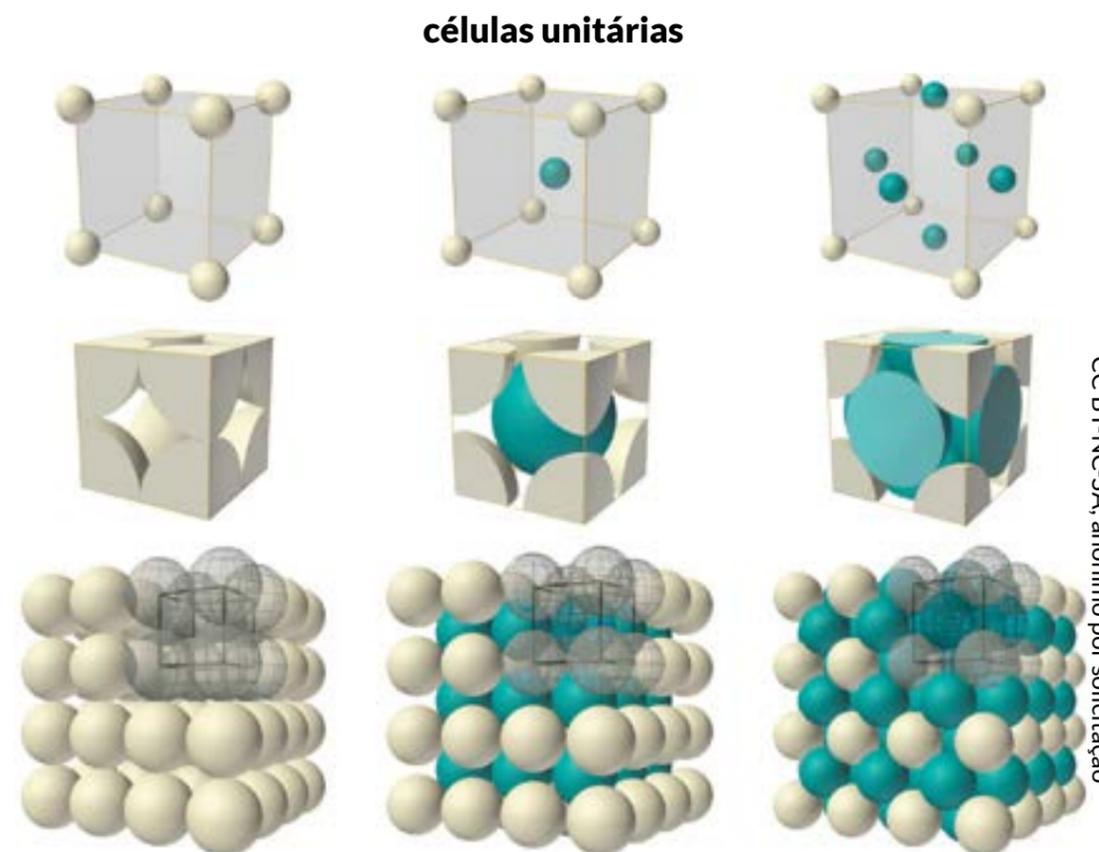
Sabe-se que muitas propriedades dos materiais estão ligadas diretamente com a maneira em que seus átomos ou íons estão localizados no espaço tridimensional. Quando os átomos ou íons estão ordenados em um arranjo tridimensional repetitivo ao longo de grandes distâncias atômicas, diz-se que o material é **crystalino** ou que tem **estrutura cristalina**. Ao contrário, quando os átomos ou íons estão distribuídos de forma desordenada no espaço, o material é **não cristalino** ou **amorfo**.

Isso influi nas propriedades do material, como exemplo, uma cerâmica cristalina geralmente será **opaca** (isto é, não permite a passagem de luz através dela) ou **translúcida** (permite a passagem de luz de forma parcial), mas uma cerâmica de mesma composição, porém não cristalina, provavelmente será **transparente** (permite totalmente a passagem de luz).

A estrutura cristalina se caracteriza pela repetição de um arranjo ordenado de átomos ou íons. Assim, imaginando que se pudéssemos fatiar a estrutura cristalina em pequenas partes, iríamos encontrar uma unidade que se repete e que chamamos de **célula unitária** (é uma unidade básica que representa a estrutura cristalina).

Por uma questão de visualização e melhor entendimento, os átomos ou íons são representados como esferas sólidas ou pontos. Os átomos organizados formam as células unitárias que têm formato de sólidos geométricos (cubos, paralelepípedos ou prismas). Os átomos ou íons ficam posicionados nos vértices das figuras ou até mesmo dentro deles. Lembre-se: essa pequena figura geométrica representa uma parte pequena do material. Ela se repete para frente, para trás, para esquerda, para direita, para cima e para baixo, várias e várias vezes até termos o material formado.

Células unitárias cúbicas de três tipos: (a) cúbica simples; (B) cúbica de corpo centrado; e (c) cúbica de face centrada. Sendo que para cada uma, há três representações: na primeira, os átomos que formam a célula unitária estão representados por bolas pequenas mostrando as arestas e o interior do cubo; a segunda mostra como os átomos tocam uns aos outros e que um átomo pode fazer parte de mais de uma célula unitária; e a última mostra um agregado de várias



CC BY-NC-SA: anônimo por solicitação

Por que a platina é mais densa que o ouro e o alumínio?

Você sabia que a densidade de um material está ligada à sua massa atômica e como seus átomos estão arranjados na estrutura cristalina? Para medir a densidade de um corpo devemos **dividir o valor da sua massa pelo volume que ele ocupa**. Isto é válido tanto para uma peça que cabe em nossas mãos, como para poucos átomos presentes na célula unitária.

Os átomos do ouro, do alumínio e da platina se arranjam da mesma forma e sua menor parte pode ser representada por um cubo. Essas diferenças de massas e raios atômicos são determinantes para justificar o fato de suas densidades serem distintas.

Tabela das massas, raios atômicos e respectivas densidades da platina, ouro e alumínio.

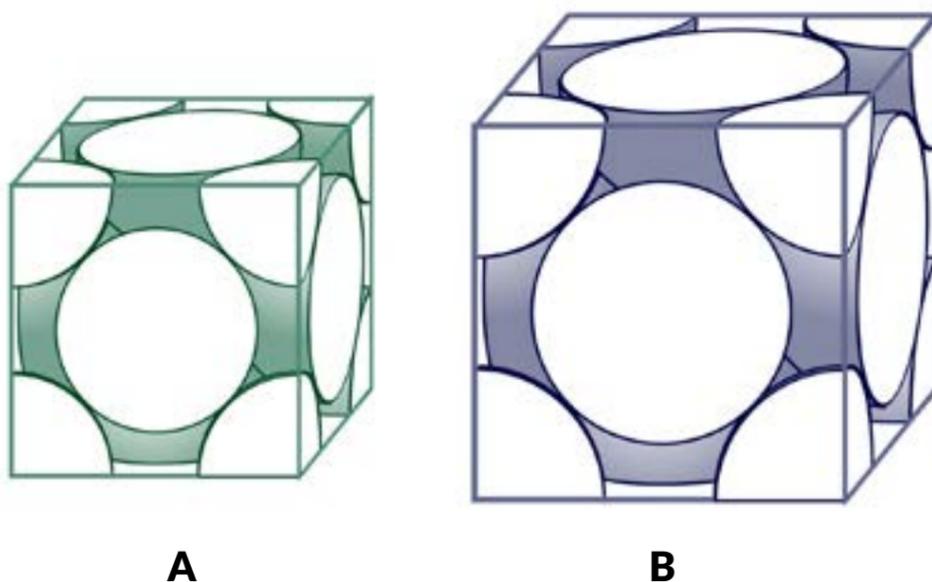
| Elemento | Massa atômica (u.m.a.) | Raio atômico (nm) | Densidade (g/cm ³) |
|----------|------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Platina | 195,08 | 0,139 | 21,45 |
| Ouro | 196,97 | 0,144 | 19,32 |
| Alumínio | 26,98 | 0,143 | 2,71 |

*nm g/cm³ u.m.a Fonte. Compilado Callister

Ao compararmos o Ouro com o Alumínio, é possível perceber que os mesmos apresentam raios atômicos bem semelhantes (0,144nm e 0,143nm, respectivamente). Seus átomos ocupam um volume bem parecido e o que os diferenciam na densidade é a massa atômica, já que a massa do Ouro é bem maior do que a do Alumínio.

Ao compararmos a Platina (A) com Ouro (B), percebemos que estes apresentam massas atômicas similares, contudo, o raio atômico de A é menor que o de B. A diferença em seus raios atômicos se traduz no volume ocupado pelos seus átomos, como a Platina tem raio atômico menor, o volume ocupado por seus átomos também será inferior. Veja a imagem abaixo:

Célula Unitária da (A) Platina; (B) Ouro.



A densidade é inversamente proporcional ao volume. Então, o menor volume ocupado pelos átomos de Platina origina que sua densidade é maior do que a do Ouro.

Cdang, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2016.

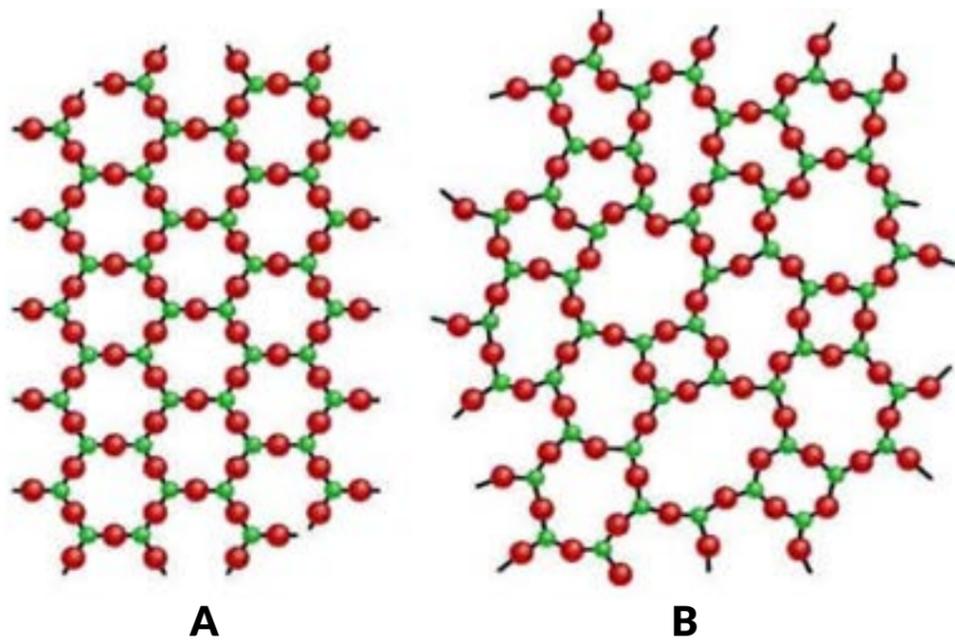
SÓLIDOS NÃO CRISTALINOS OU AMORFOS

Os átomos ou íons de alguns materiais, como os vidros e os polímeros, apesar de apresentarem uma certa organização entre si, não apresentam organização repetitiva a longas distâncias atômicas como nos materiais cristalinos, ou seja, não apresentam uma estrutura bem definida. Por não serem cristalinos, são considerados **materiais amorfos**.

Normalmente, esses materiais passaram por um processo de **solidificação de forma rápida**.

A figura abaixo, representada pelas estruturas cristalina e amorfa do dióxido de silício (SiO_2), retrata bem o contraste entre uma estrutura cristalina ordenada e uma desordenada irregular, respectivamente.

Figura. Representação esquemática em duas dimensões do SiO_2 quando (a) apresenta estrutura cristalina; (b) é amorfo.



Julenkarlasaray, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons

Você sabia que os polímeros não são 100% cristalinos? O poliestireno, sabão e parafina são alguns exemplos que possuem partes cristalinas, mas dentro de sua estrutura coexistem regiões amorfas. Outro exemplo de material amorfo é o vidro.

Você sabia que os vidros também são capazes de se cristalizar?

Sim, é possível. Isso ocorre devido o processo de **devitrificação**, que se dá quando ocorre a transformação de um vidro no estado amorfo para um estado levemente cristalizado por meio do aumento da temperatura. Esse processo é um **tratamento térmico**.

Esse tratamento é usado para que o vidro possa ganhar partes cristalinas. Como vimos anteriormente, quando o material ganha certa organização atômica, ele pode adquirir uma certa opacidade, dependendo do tratamento térmico que ele sofreu.

Como exemplo de materiais devitrificados, podemos citar as placas **vitrocerâmicas**, que são obtidas quando o vidro é submetido a um aumento de temperatura e com isso, ocasionam a sua cristalização. Esses materiais possuem maior resistência devido ao fato de que sua estrutura possui uma maior ordenação se comparada à estrutura dos vidros amorfos.

Fogão com placa de aquecer feita de vitrocerâmica.



Feito por Felix Reimann. 29.12.2005. Farbanpassung mit THE GIMP.

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & amp; Sons, Inc., 2016.

MATERIAIS MONOCRISTALINOS VERSUS MATERIAIS POLICRISTALINOS

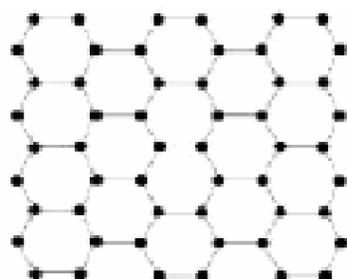
Quando um material possui uma estrutura com arranjo organizado repetido de átomos, percorrendo toda a sua extensão sem ser interrompida, podemos então chamá-lo de **monocristal**. Graças a essa singularidade, esses materiais possuem propriedades únicas que são utilizadas em diversas aplicações.

Os monocristais podem ser encontrados tanto na natureza, como a pedra de safira, quanto em produções artificiais, como os diamantes sintéticos monocristalinos. Para serem produzidos artificialmente, é necessário grande controle de temperatura, maior pureza da matéria-prima e alguns métodos especiais para a sua produção.

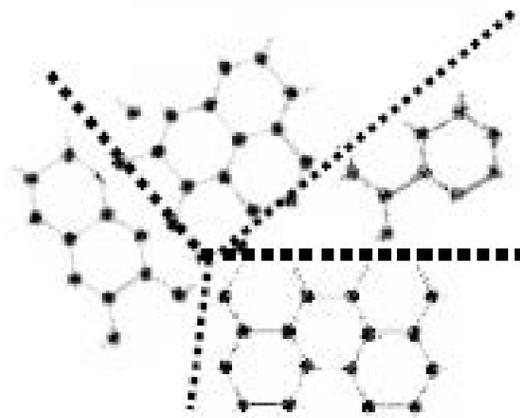
Muitos materiais monocristalinos são utilizados na indústria devido a suas propriedades únicas de aplicação, como é no caso do silício usado na fabricação de semicondutores e em alguns equipamentos eletrônicos. Um monocristal de silício apresenta estrutura cristalina mais bem ordenada do que um policristal feito do mesmo material. Essa maior ordem na estrutura gera maior eficiência do semicondutor.

Por outro lado, quando o material possui vários cristais ou grãos, este é denominado de **policristal**. Geralmente, a maioria dos materiais sólidos, como metais e cerâmicas, são policristalinos.

Esquema mostrando como os átomos podem se arranjar em um único cristal ou em vários cristais



MONOCRISTAL
Anisotropia



POLICRISTAL
Isotropia
Estadística

CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons

Durante a solidificação de um material policristalino, primeiramente, há a formação de vários núcleos compostos por um grupo de átomos organizados na estrutura cristalina típica do material. Ocorre que os núcleos estão posicionados em diferentes direções, então, cada um destes apresenta determinada orientação para sua estrutura cristalina. À medida que a solidificação avança, os átomos do líquido vão se agregando aos núcleos, obedecendo a estrutura inicial de cada um, até que sejam interrompidos por outro grão que também está em crescimento. Nas extremidades de grãos adjacentes, os átomos estão desalinhados; essa área é chamada de **contorno do grão**.

Grãos de um Metal



Zureks, CC BY-SA 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, via Wikimedia Commons

Os policristais também podem ser encontrados tanto na natureza, quanto em produções artificiais. Entre os policristalinos naturais temos o diamante carbonado, de coloração escura e opaca, encontrado no Brasil e na República Central Africana. É possível fabricar artificialmente diamantes do tipo policristalino.

Se compararmos um diamante policristalino carbonado com um monocristalino, o primeiro, formado por muitos grãos, é mais duro e tenaz que o segundo. Assim, os diamantes policristalinos são bastante utilizados na indústria metalúrgica em ferramentas de corte e na indústria petroquímica, na perfuração de poços de petróleo.

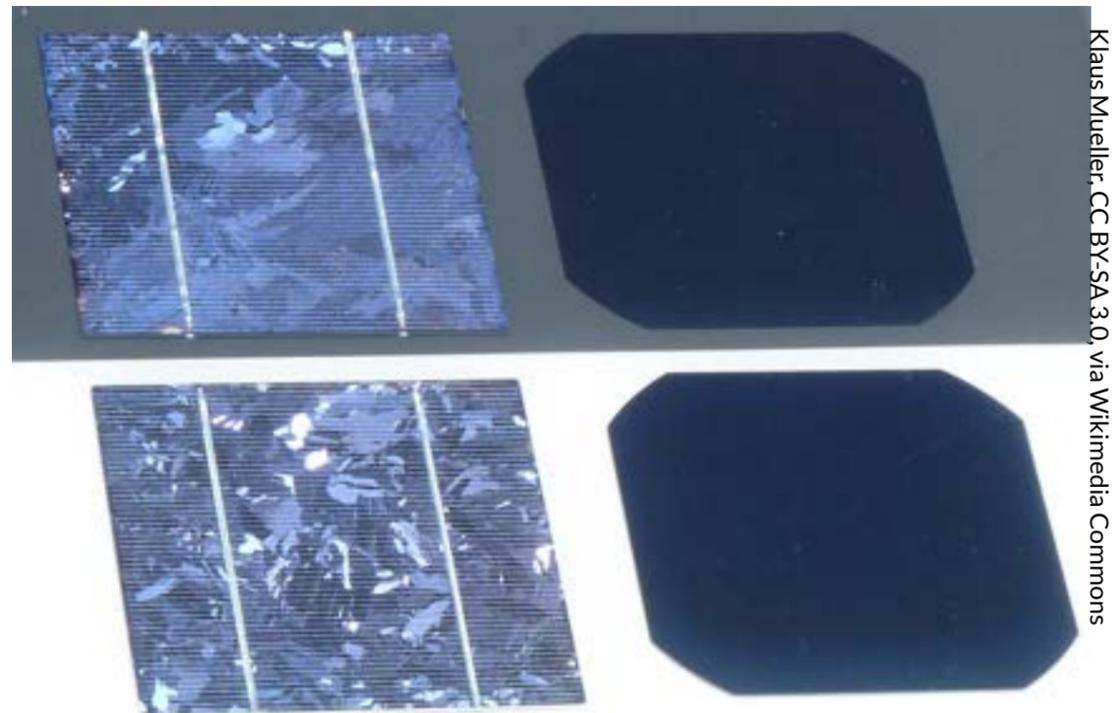
Grãos e Contorno de Grãos

Devido ao crescimento de vários grãos ao mesmo tempo, estes começam a se chocar, formando uma fronteira entre si, uma região chamada **contorno de grão**. Os contornos de grãos são considerados imperfeições na estrutura porque interrompem a uniformidade e influenciam nas características dos materiais.

Contorno de grão deve ser compreendido como a fronteira que separa um grão dos outros grãos adjacentes a este; normalmente, no entorno de um contorno há uma grande quantidade de átomos com ligações incompletas. Como os átomos dessa região possuem “vizinhos que apresentam as mesmas orientações” apenas de um lado, diferente dos átomos que ocupam o interior do grão, eles estão carentes para completar suas ligações, logo é um lugar que possui alta reatividade e interação. Devido a isso, essa região facilita a presença de impurezas e influencia o processo chamado de difusão. Assim, é nos contornos de grãos que se iniciam os processos de reações que ocorrem durante a queima dos produtos cerâmicos.

Sua quantidade atinge diretamente nas propriedades dos materiais, como por exemplo, um produto com bastante contorno de grão geralmente é mais rígido do que outro produto feito do mesmo material, mas com menor quantidade de grãos e contornos.

Comparação de células solares cristalinas: As células da esquerda são policristalinas de silício (multi-Si), enquanto as da direita são feitas de monocristal de silício (mono-Si)



Referências Bibliográficas Consultadas

RANGEL, J.J.A.; MONTEIRO, S.N.; BOBROVNITCHII, G.S.; SKURY, A.L.D. Características microestruturais do diamante carbonado produzido com grafite brasileiro. *Matéria* (Rio J.) vol.13 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762008000100020.

Callister, William D., 1940-

WILLIAM D. CALLISTER, JR.; DAVID G. RETHWISCH. Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada. tradução Sergio Murilo Stamile Soares. - 4. ed. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro : LTC, 2018.

A close-up photograph of a welder in a workshop. The welder is wearing a light blue shirt and safety glasses, and is using a grinding tool on a metal piece. A large amount of bright, golden sparks are flying off the tool, creating a dynamic and energetic scene. The background is slightly blurred, showing a window and some workshop equipment.

MÉTODOS DE FABRICAÇÃO DOS MATERIAIS

FABRICAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS

Introdução ao processamento de materiais poliméricos

Após a Segunda Guerra Mundial, devido a sua versatilidade, alta capacidade de modelagem e seu baixo custo, a produção e o consumo de plástico cresceu, trazendo desenvolvimento e participação nos avanços tecnológicos nas indústrias.

Mas você sabe como ocorre o processo para obtenção desses produtos? Para que seja possível a transformação da matéria-prima em um produto, faz-se importante o estudo das técnicas de obtenção dessa matéria-prima, dos processamentos e o desenvolvimento dessas técnicas.

Matérias-primas poliméricas

Podemos dividir a fabricação dos materiais poliméricos em 3 etapas e subetapas.

1º Etapa - Extração e Obtenção dos Monômeros:

Temos 3 fontes de matéria-prima para a produção de **monômeros** e posteriormente polímeros:

- Fontes naturais, por exemplo: celulose, borracha natural e amido;
- Carvão mineral;
- Petróleo.

Entre as fontes apresentadas, o petróleo é a mais importante. Ele é formado por várias substâncias que têm diferentes pontos de ebulição e, a medida que o aquecemos, a substância com menor ponto de ebulição evapora e é separada das demais. Esse processo é chamado de destilação fracionada. O subproduto mais importante da **destilação fracionada** para a produção de polímeros é a **nafta**.

A nafta passa pelo processo de quebra (craqueamento)

nas indústrias petroquímicas gerando frações gasosas que contêm moléculas de diferentes tipos. As que possuem ligações covalentes duplas ou triplas (insaturadas) são separadas e aproveitadas para a síntese de polímeros. Como exemplo de moléculas insaturadas temos o etileno, propileno, butadieno.

2º Etapa - Síntese de Polímeros:

A produção de polímeros ocorre nas indústrias petroquímicas por meio do processo chamado de **polimerização**. Neste processo, um conjunto de reações químicas ocorre, assim moléculas simples (monômeros) reagem entre si, formando uma macromolécula.

Temos dois tipos básicos de polimerização: a adição e a condensação.

Poliadição: quando os monômeros possuem ligações duplas na cadeia, essas podem se romper e ficar livres para se ligar um com o outro monômero. Esse tipo de união não gera “sobras” da molécula.

Policondensação: quando as ligações se dão pela quebra e a união de partes reativas dos monômeros, chamamos policondensação. Quando isso acontece, essa junção gera “sobras” das moléculas que não fará parte do polímero. Geralmente, o subproduto formado é a água.

3º Etapa - Fabricação de Produtos de Materiais Poliméricos:

Nas indústrias de transformação da matéria-prima em produtos, as empresas compram os polímeros feitos nas petroquímicas na forma de grãos, líquido ou pó e os processam. Geralmente, nas indústrias, são utilizados aditivos e pigmentos também em formato de grãos que são incorporados ao polímero com o intuito de colorir ou conferir alguma propriedade específica ao produto.

E como são os principais processos de conformação dos polímeros?

Para fazer uma peça de material polimérico é preciso passar por diversas etapas. Primeiramente, ocorre a plastificação, etapa na qual o material é aquecido a uma temperatura em que ocorra o seu amolecimento para que ele possa adquirir a forma do produto. Em seguida, quando o material ganha a forma desejada da peça, ele é resfriado até a temperatura ambiente e, com isso, o produto está pronto.

Os polímeros podem passar por diversos processos de conformação, como: rotomoldagem, termoformagem, extrusão, injeção, sopro, entre outros. A escolha do melhor tipo depende das características do polímero e a forma final do produto. Iremos abordar como ocorrem alguns neste capítulo a partir de exemplos do nosso cotidiano.

Rotomoldagem

O processo de rotomoldagem permite a produção de peças ocas e leves utilizando polímeros na forma de pó ou líquida e é responsável por apenas 2% de todo o processo de transformação dos materiais poliméricos.

Um polímero bastante utilizado para a produção de produtos através da rotomoldagem é o **polietileno**. Ele é um polímero obtido pela polimerização por adição do etileno. É um termoplástico simples formado apenas por carbono e hidrogênio e devido a essa simplicidade, baixo custo e alto poder de processamento, é bastante utilizado na indústria para a geração de diversos produtos.

Os cones de trânsito de polietileno são exemplos de materiais obtidos através desse processamento. Sua primeira etapa é a carga de matéria-prima, a qual pode ser líquida ou em forma de grãos. Ela é depositada no molde, que por sua vez, é fechado e, em seguida, levado para o forno.



Imagem de Manfred Richter no Pixabay.

Dentro do forno, o molde é aquecido e rotacionado de maneira em que todo o polímero fundido seja distribuído em suas paredes e assim, adquira a sua forma. Em seguida, ainda em movimentos rotativos, o molde é submetido à etapa de resfriamento que acontece por meio de ventiladores ou até mesmo, da água. Após a etapa de resfriamento, as peças são retiradas e então, recebem os acabamentos necessários para que finalmente, possam ser expedidas ou utilizadas.

Termoformagem

O processo de termoformagem é responsável pela produção de produtos a partir da moldagem de uma chapa polimérica com o auxílio de pressão e temperatura.

Um polímero bastante utilizado para a produção de produtos através da termoformagem é o **poliestireno**. Ele é um polímero termoplástico obtido pela polimerização por adição do estireno que possui baixo custo e pode ser facilmente colorido e processado.

Recipientes descartáveis, como copos e pratinhos de festas de aniversário, são um bom exemplo de materiais poliméricos obtidos através da **conformação do poliestireno por termoformagem**.

Para que seja fabricado um copo, primeiramente deve-se

preparar uma folha plana que irá ser utilizada em sua moldagem. Para a obtenção desta folha, um sistema automatizado carrega pequenas bolinhas de poliestireno em uma máquina chamada de extrusora, para que esta derreta o material. Logo após, ela força o material derretido, semelhantemente a uma seringa, em um molde para formar uma folha de plástico duro.



CCO Domínio público

Em seguida, a folha obtida passa por um forno, onde é aquecida a fim de tornar-se maleável. Após esse processo, ela entra na máquina de termoformação, a qual, a partir de um vácuo, suga a folha para a cavidade do molde e forma os copos.

O processo de termoformagem também é apropriado para a fabricação de materiais de grandes dimensões e que não possuam desenhos complexos. O processo de termoformagem apresenta grandes vantagens, como baixo custo de implementação e de fabricação, ainda podem ser usados diferentes matérias-primas e criação de uma variedade de produtos.

Extrusão

A extrusão é o processo mais predominante nas indústrias de transformação dos materiais poliméricos, sendo responsável por maior parte da produção nas indústrias de transformação de materiais. O processo de extrusão é um processo contínuo no qual o polímero é forçado através de uma matriz

aberta que lhe confere sua forma e dimensões finais.

O Politetrafluoretileno - PTFE, também conhecido como Teflon® , polímero obtido pela polimerização por adição, é considerado um termoplástico que possui na sua cadeia principal o elemento químico flúor, sendo esse elemento o proporcionador da resistência a altas temperaturas sem perder a sua funcionalidade. Por esse motivo, ele é aplicado como revestimento em panelas e frigideiras antiaderentes. Para a obtenção do revestimento de PTFE, utilizamos o **processo de extrusão**.

O processo de extrusão acontece em uma máquina que possui um cilindro com um parafuso giratório em seu interior. Nesse processo, existem três etapas importantes até o produto final. A primeira etapa é a de alimentação do cilindro com grãos do polímero e outros compostos que ajudarão a definir as propriedades finais do produto. A segunda etapa consiste em fundir e misturar o material por meio da elevação das temperaturas e também pela força que o parafuso faz ao girar e empurrar o polímero para frente. Por fim, após essas etapas, o polímero totalmente fundido e homogêneo será transferido para um molde, obtendo o formato do produto. No caso do PTFE, para formar uma folha de plástico bem fininha, o polímero precisa passar em uma abertura de poucos milímetros.

Somente depois, essa folha de PTFE é aplicada na superfície das panelas com a utilização de rolos e posteriormente, as peças são colocadas em fornos de secagem a altas temperaturas, o que faz com que o Teflon® fique aderido ao metal.



CCO Domínio público

Injeção

Talvez você nunca tenha se perguntado como são feitas as capinhas de proteção para os celulares, não é mesmo? Geralmente, essas capinhas são feitas de materiais poliméricos, a partir do processamento chamado de **injeção**.

Esse processo de moldagem assemelha-se ao processo de extrusão e inicia-se com a preparação da matéria-prima, que consiste em grãos de resinas poliméricas, os quais são transferidos para o sistema de alimentação da máquina injetora.

Em seguida, esse material passa por um cilindro aquecido onde ocorrerá sua fusão para que seja formada uma massa plastificada. Após a plastificação, o material é injetado por uma parafuso giratório para dentro do molde, do qual possuirá a forma. Logo após esse processo, a peça é resfriada ainda no molde e finalmente retirada dele, podendo passar por acabamentos posteriores a partir da inspeção feita pelos operadores.



CC0 Domínio público

Sopro

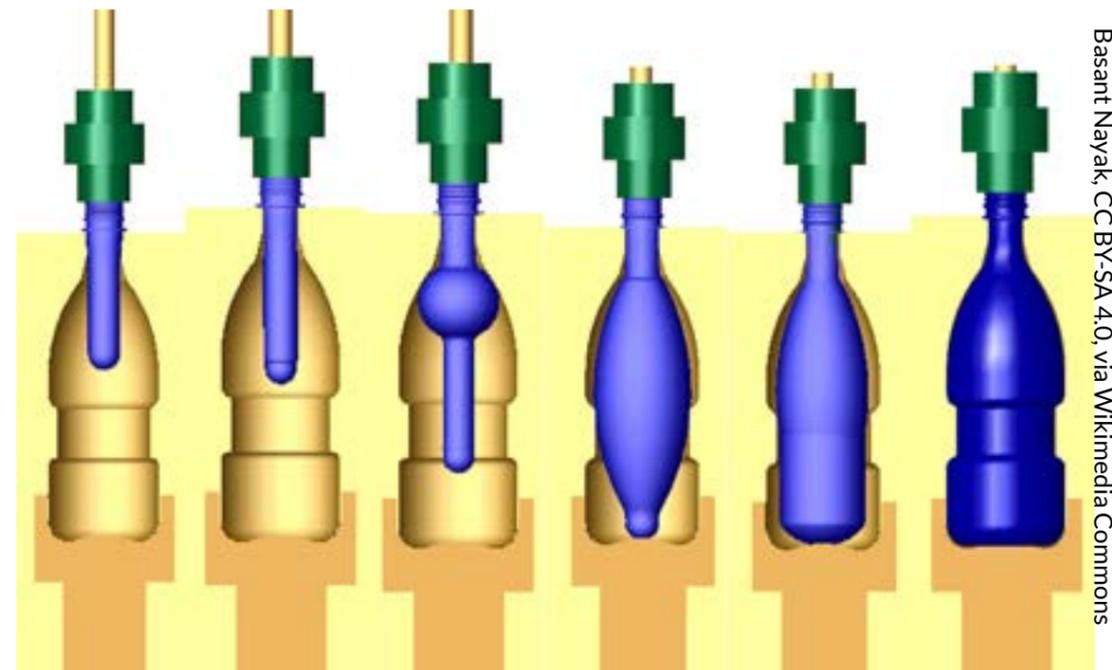
Sopro é um processo utilizado para a produção de objetos ocos no qual o ar, é soprado para expandir uma pré-forma aquecida contra as paredes de um molde. Essa técnica é utilizada na produção de recipientes para produtos de limpeza e bebidas, como água mineral e refrigerante. A garrafa PET é um

exemplo de produto produzido por esse processo combinado com o método de injeção ou extrusão.

A sigla PET, que significa polietileno tereftalato, é um polímero termoplástico que possui em sua cadeia principal a presença de um anel aromático. Este anel influencia em suas propriedades, dentre elas, a capacidade de manter os gases de um líquido dentro do recipiente. Por isso, é bastante utilizado na produção de garrafas de bebidas gasosas.

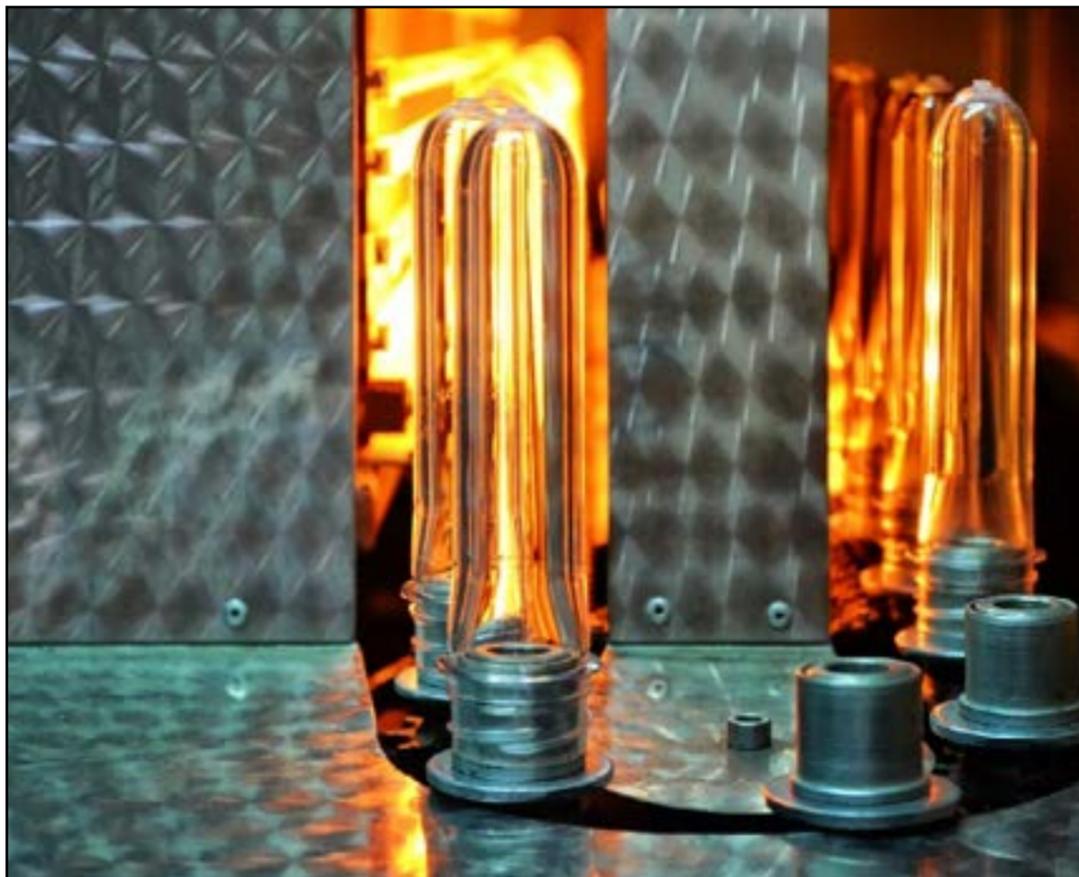
Para chegar em uma garrafa PET, precisa-se primeiro produzir uma pré-forma, esta possui formato de um tubo de ensaio e é obtida pelo método de injeção ou extrusão. Logo após, a pré-forma é fixada em um molde com o formato da garrafa e é aquecida, em seguida um **ar quente é soprado** dentro dela para que possa ser expandida e tome o formato do molde. Após o final desse processo, as peças são resfriadas e desmoldadas. A figura abaixo mostra as etapas que ocorrem no sopro.

Passo a passo do processo de sopro



Basant Nayak, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons

Transformação da pré-forma em garrafas após o processo de sopro



CC0 Domínio público



CC0 Domínio público

Referências Bibliográficas Consultadas

CANEVAROLO JR,S. V. Ciência dos Polímeros – Um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 2ª edição., São Paulo: Artliber, 2002.

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2016.

FARHAN, Alexandre. Transformação: Diferentes Processos podem ser aplicados na termoformagem. Plástico.com.br, 2020. Disponível em: <https://www.plastico.com.br/transformacao-diferentes-processos-podem-ser-aplicados-na-termoformagem/3/>.

HOSS, Gabriel. O Segredo das Coisas. Copos e Talheres Descartáveis, 2004. Disponível em: <https://youtu.be/y7sbNw04ex4>.

Movimento Plástico Transforma. Extrusão Tubos Conexões, 2019. Disponível em: <https://youtu.be/uf4w04VMFkY>.

Mais Polímeros. O Plástico e o Processo de Injeção – de olho na qualidade do produto final, 2019. Disponível em: <http://www.maispolimeros.com.br/2019/09/03/plastico-processo-de-injecao>.

FABRICAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS

Matérias-primas cerâmicas

Introdução ao processamento de materiais cerâmicos

As cerâmicas estão entre os materiais mais antigos utilizados pelo ser humano. O termo cerâmica vem da palavra grega *keramikos*, que significa “matéria queimada”, indicando que tradicionalmente sua fabricação envolve altas temperaturas.

Mas, como mesmo se produz uma cerâmica? Existem diversos processos para criar uma peça cerâmica e essa escolha depende de vários fatores, dentre eles, o econômico, o formato final da peça, as propriedades e características desejadas dos produtos.

Basicamente, temos três matérias-primas naturais que formam a composição de vários produtos cerâmicos tradicionais, como vaso sanitário, azulejo, xícara, entre outros. Estas matérias-primas são **argila**, **feldspato** e **quartzo**. Este grupo de matérias-primas é tão famoso que tem até um apelido: **triaxial cerâmico**.

A **argila** quando misturada com água forma uma massa plástica que tem uma consistência ideal para ser moldada e manter a forma após ser manuseada, ou seja, a argila é essencial para dar a forma do produto cerâmico. O **feldspato** apresenta a qualidade de fundir em temperaturas relativamente baixas, assim, no processo de queima, ela ajuda na junção das partículas. Já o **quartzo** ajuda a peça não diminuir de tamanho excessivamente durante a queima.



Imagem de ENRIC SAGARRA no Pixabay

O grupo triaxial cerâmico.



Argila



Quartzo



Feldspato

Imagem disponível no Pxhere // Imagem de Rafe Whysall por Pixabay // Matilde.Spagnolo, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

Os vidros têm diferentes composições, mas o **quartzo** (SiO_2) é a principal matéria-prima para fazer vidros. O quartzo está na areia, ou seja, tem grandes quantidades na natureza. Outros óxidos são adicionados a SiO_2 para compor o vidro. Para fazer o vidro comum, o das garrafas e copos, além do quartzo usamos a barrilha (que tem a composição Na_2CO_3) e o carbonato de cálcio (CaCO_3). Esse dois últimos diminuem a temperatura de fusão da massa de vidro.

As matérias-primas cerâmicas naturais depois de extraídas da jazida passam por processos de beneficiamento que

tem por finalidade diminuir o tamanho do material e retirar algumas impurezas.

A reciclagem dos vidros já é totalmente possível. Então, é possível usar uma garrafa de vidro usada para produzir outra garrafa nova. Além de não ter que extrair matérias-primas da natureza, o vidro reciclado facilita o processo de fabricação, pois diminui a temperatura de fusão.

Já as cerâmicas avançadas que se fazem ferramentas de corte ou peças que revestem o casco dos foguetes são feitas de matérias-primas que são obtidas artificialmente. As matérias-primas das cerâmicas avançadas têm que ter altíssima pureza e tamanhos de partículas específicos, pois os produtos feitos com ela não podem ter defeitos.

Um exemplo de matéria-prima cerâmica artificial que é muito utilizada na fabricação de diversos produtos é a **alumina** (Al_2O_3). Para se obter a alumina, é preciso extrair rochas ricas em óxidos e hidróxidos de alumínio, essa rocha é a **bauxita**. A rocha passa por processos de beneficiamento e vai para a indústria onde ela é moída e encaminhada para uma série de reações, conhecida com **processo Bayer**, para no final se obter a alumina. É possível fazer algumas modificações no processo Bayer e obter aluminas com diferentes características de pureza e tamanho de partícula. Cada tipo de alumina é mais apropriado para fazer determinado produto.

As técnicas e etapas de produção de materiais cerâmicos

Os processos de fabricação de materiais cerâmicos tradicionais apresentam alguma semelhança entre si. Assim, eles precisam passar por algumas etapas, por exemplo:

Preparo da massa cerâmica: após um processo de pré-beneficiamento para retirada das impurezas, as quantidades de cada matéria-prima são pesadas, misturadas e passam por um processo mecânico de “triturar”. Assim, utilizando geralmente um moinho, obtemos uma massa com partículas de tamanho menor que o original e partimos para as próximas etapas.

Conformação: etapa em que os pós cerâmicos ganham a

forma da peça desejada. Existem diversas formas de dar o formato de uma peça. Falaremos um pouco mais de alguns processos de conformação mais adiante.

Secagem: etapa que antecede a queima e é tão importante como os outros processos. É aqui que acontece a retirada da água do material de forma lenta, removendo parte da umidade das peças. Mas você se pergunta “por que a existência dessa etapa se a cerâmica irá ser queimada, e assim, sua água também sairá?” Bom, de fato, a água sairia durante a queima, porém de forma rápida, o que geraria danos no material, como a formação de trincas e defeitos no interior da peça. Com a secagem, a saída da água se dá de forma gradativa, evitando que defeitos sejam criados.

Queima: Com o aumento da temperatura, fornecemos energia suficiente para aproximar as partículas do material e para ocorrer algumas reações entre elas. Assim, as partículas “grudam” umas nas outras e a resistência mecânica da peça aumenta. Por isso, se você comparar uma pecinha de argila que você mesmo fez e deixou secar ao ar livre com uma telha que passou realmente pela queima, essa última é mais dura.

Para a fabricação dos vidros, as etapas são outras. Isso porque, diferente das peças cerâmicas, como telha e tijolo, o vidro geralmente passa pelo **processo de fundição**. Lembre-se que fundição é diferente de queima. Na fundição, o material muda de estado físico, ele sai do sólido para líquido com o aumento da temperatura. Já na queima, a temperatura é elevada, mas não ao ponto do material fundir completamente.

Conformação de materiais cerâmicos: como se dá a forma de um produto cerâmico?

Os processos de dar o formato desses materiais cristalinos podem ocorrer de diversas maneiras, porém há 3 (três) técnicas principais de fabricação. Essas técnicas são conhecidas como conformação a seco, conformação plástica e conformação líquida, que basicamente diferem uma da outra de

acordo com a quantidade de líquido que tem a massa que está sendo conformada e a complexidade do formato do produto que se deseja fabricar.

Conformação - A seco ou prensagem

A conformação a seco em sua maioria envolve a técnica de **prensagem**, que consiste em preencher com pó cerâmico um molde no formato da peça desejada e pressioná-lo com a finalidade de diminuir os espaços vazios entre as partículas. Os pós que estavam soltos ficam mais unidos e no formato desejado. Logo após, a peça é retirada e segue para as etapas de secagem e queima.

Um bom exemplo que podemos utilizar para descrever o processo de prensagem é a fabricação do **porcelanato**. O início da produção desse material se dá por meio da pesagem das matérias-primas, em seguida, são despejadas no moinho para serem trituradas juntamente com água e outros compostos. Após essa trituração, as matérias-primas estão totalmente misturadas e com grande quantidade de água, essa mistura é conhecida como **barbotina**. Então, a barbotina passa por uma peneira vibratória para a retirada de impurezas.

A próxima fase do processo consiste em transformar a barbotina em pó, etapa que ocorre em um equipamento chamado **atomizador**. Nesse momento, a barbotina é espirrada para todos os lados e passa por um ar quente, resultando em uma rápida secagem em uma temperatura próxima a 80°C, tornando-se um pó.

Chegando na etapa de **prensagem**, o pó finalmente ganha o formato desejado. Então, as peças formadas passam por um secador com temperaturas em torno de 100°C.

Existem diferentes tipos de porcelanatos. Alguns recebem uma camada de esmalte após a secagem, que serve tanto para decorar a peça, como para protegê-la de ser manchada quando cai um material produto de limpeza ou alimento no chão. Outros porcelanatos possuem poucos poros e nem precisam da esmaltação para os proteger. Assim, estes podem apenas passar por uma etapa de polimento para que eles fiquem

brilhantes, como um granito polido.

Em seguida, são colocadas no forno para passar por processo de **queima**, nessa etapa ocorre a diminuição da porosidade da peça, as reações entre suas partículas e o aumento da resistência mecânica.

Conformação Plástica - Extrusão

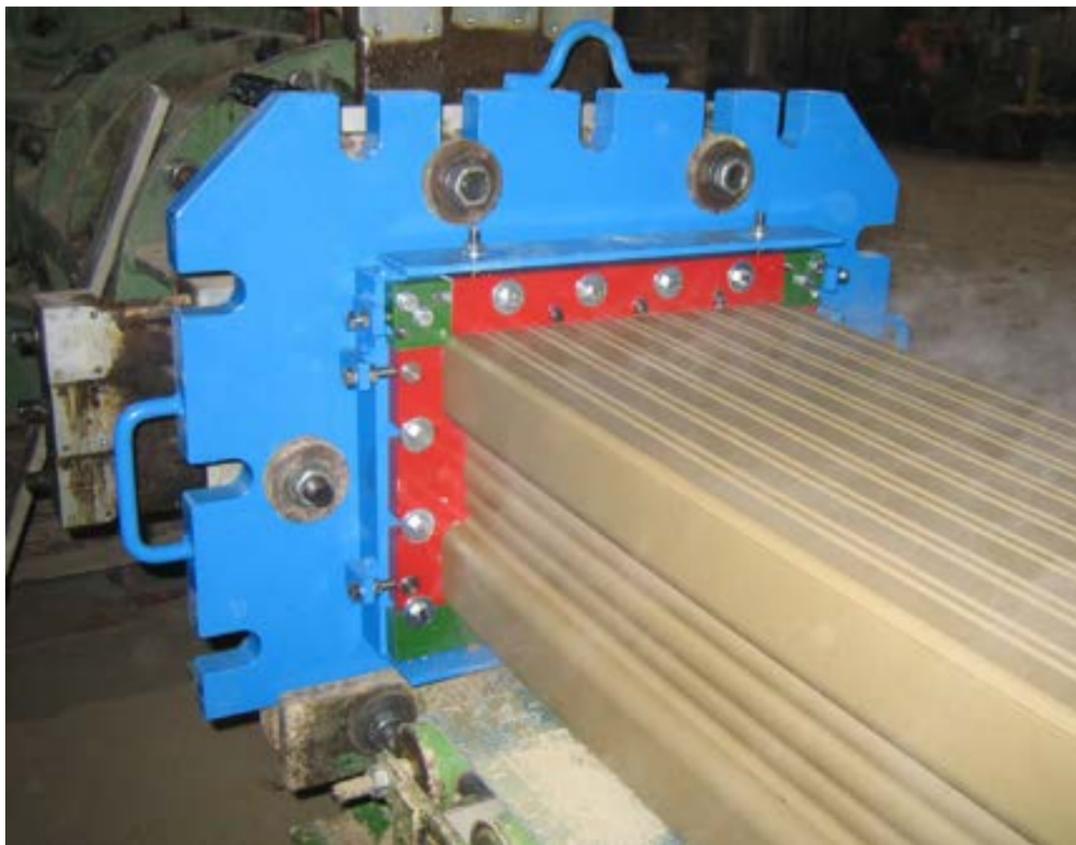
Talvez você já tenha se perguntado como são feitos os tijolos tão utilizados nas construções, não é mesmo? A técnica utilizada na fabricação dos tijolos é bem antiga, vem desde meados do século XIX, em que os tijolos e outros materiais artesanais eram moldados manualmente. A partir de avanços tecnológicos, essa técnica foi aprimorada e passou-se a utilizar a **conformação plástica**.

A fabricação do tijolo ocorre por meio de uma das técnicas de conformação plástica mais utilizada que é a **extrusão**. A produção inicia-se com etapas de beneficiamento, onde a mistura das argilas são moídas. Elas também podem passar em um separador magnético que retira qualquer impureza metálica que possa ser encontrada no meio da massa cerâmica.

Para o processo de extrusão, como a argila não consegue ser moldada quando está seca, é necessário acrescentar uma quantidade de água para que o barro fique na consistência de massinha de modelar. Para isso, essa mistura passa por um equipamento formado por 2 grandes cilindros de aço, chamado laminador, que tem como função espremer e homogeneizar a massa plástica.

Esse barro é enviado para a máquina de extrusão, que é conhecida como maromba. Nesse equipamento, a massa formada continua sendo misturada e vai sendo empurrada para frente por um parafuso giratório que tem dentro dela. No final da extrusora, existe um molde que irá dar o formato do produto. A medida que a massa vai sendo empurrada, ela passa pelo molde e ganha o formato de um tijolo sem fim. Por isso, logo em seguida, esse tijolão ainda mole fica sendo fatiado no tamanho adequado por meio de fios de arame.

Tijolo saindo continuamente da máquina extrusora



Mnngsfrht, CC0, via Wikimedia Commons

Agora é hora das peças formadas passarem por uma gigantesca estufa, onde ocorre a secagem. Aí, os tijolos são encaminhados então para a **queima**, que ocorre em fornos gigantes com um sistema de ventilação que proporciona que o ar quente circule de forma uniforme. Esses fornos atingem temperaturas muito elevadas (cerca de 900°C). Após a queima, é necessário deixar os tijolos dentro do forno descansando por até 2 dias, depois estão prontos para serem vendidos.

Conformação Líquida - Colagem

Conformação líquida é utilizada para fabricação de peças que possuem formas complexas, necessitando que a massa cerâmica esteja na consistência líquida para que percorra todo o interior do molde e adquira essa forma complexa. A massa cerâmica líquida é chamada de barbotina e a conformação líquida também é conhecida como colagem.

A fabricação de materiais por conformação líquida consiste na utilização de um molde (geralmente de gesso) em que a barbotina será depositada até formar uma espessura deseja-

da para determinada peça.

Podemos citar como exemplo para descrever esse processo, xícaras e privadas.

Produção manual de xícaras por meio do processo de colagem cerâmica



Imagem de Rhodivam, acervo pessoal.

Você já se perguntou como uma privada é feita?

O início da sua produção acontece no processo de criação da forma. Cada bacia é desenhada no computador e, a partir daí, é desenvolvido um modelo de gesso para iniciar as fases de teste. Com a aprovação do modelo, este vai para o local onde serão feitas as matrizes, que servem de cópia para os outros moldes de gesso.

A **barbotina** preparada vai para a área de conformação (algumas fábricas chamam essa área de fundição) onde inicia a produção do vaso. A barbotina é colocada na matriz de gesso na qual será aplicado um ar comprimido para retirar o excesso de massa, deixando a parede do vaso oco por dentro. Este espaço oco é por onde a água vai passar durante o seu uso quando se acionar a descarga.

Após passar pela área de conformação, a privada precisa

secar por 20 horas em secadores. A próxima fase é a esmaltação, o esmalte serve para dar o brilho e ajudar a limpeza no uso doméstico.

Chegando na fase final do processo de desenvolvimento, as peças são levadas para o forno onde cada peça leva 14 horas para entrar e sair do forno, chegando na temperatura máxima de 1230°C.

Após estarem prontas, as privadas serão analisadas para checar se há alguma rachadura, vazamento ou tamanho incorreto. E assim, com estes quesitos aprovados, as peças finalmente vão para os depósitos e podem ser comercializadas.

E o vidro? Como se faz?



Nos materiais vítreos, há também as etapas de pesagem e mistura das matérias-primas, mas há uma diferença essencial. Nos materiais cerâmicos tradicionais, com a mistura das matérias-primas, a massa é preparada, depois a peça é conformada, secada e queimada. Já nos vidros, a mistura de matérias-primas é levada para um forno para que sejam totalmente fundidas, em seguida, ocorre a conformação e o resfriamento rápido, deixando o material com o aspecto sólido.

Os processos de conformação dos vidros são vários e dependem da forma do produto. **As garrafas são feitas com prensagem e sopro, já chapas de vidro para janelas são feitas por laminação e fibras de vidro, por extrusão de filamentos ou aspersão por centrifugação.**

Posteriormente à conformação, o vidro pode passar por

alguns tratamentos térmicos. O recozimento é um tratamento térmico semelhante ao usado em metais. Este processo consiste em aquecer a peça em temperaturas suficientes (normalmente, 500 °C) para eliminar tensões internas.

Os vidros temperados apresentam maior resistência que os vidros comuns. Isso é alcançado ao aumentar a temperatura do vidro e resfriar rapidamente suas superfícies. Assim, a área externa esfria rapidamente, enquanto o interior da peça, ainda quente, esfria lentamente. A diferença da velocidade de resfriamento gera que o tamanho da superfície da peça fica um pouco maior que o interior da peça. Assim, os átomos do interior do corpo puxam comprimindo os átomos da superfície. Assim, para um vidro temperado quebrar, a tensão externa deve ser forte o suficiente para primeiro superar as forças de compressão que a superfície do vidro está submetido, para depois conseguir que uma trinca se propague e o vidro quebre. Portanto, essa técnica deixa o material mais resistente à quebra e arranhões, muito adequado para ser usado em portas. O vidro temperado é comumente conhecido comercialmente como um vidro de segurança.

Tomando como exemplo as **fibras de vidro**, há dois tipos de conformação: as fibras de pequeno tamanho usadas para fazer lã de vidro são feitas por meio da aspersão por centrifugação e as fibras de longo comprimento são extrudadas em filamentos.

Na aspersão por centrifugação, depois que a mistura das matérias-primas já está totalmente fundida, ela escoam para dentro do cilindro cheio de furinhos em suas paredes. A medida que o cilindro gira rapidamente, o vidro sai por esses pequenos orifícios em formato de pequenas fibras. Com estas, é feita a lã de vidro, usada para fazer isolamentos térmicos e acústicos.

As fibras longas são produzidas por extrusão de filamentos. A massa mole de vidro é colocada num molde que tem pequenos orifícios (parece um chuveiro). As fibras que escoam pelos orifícios são recobertas por vários produtos químicos para lubrificá-las e protegê-las, agrupadas, puxadas e enroladas em uma bobina. Essas fibras longas servem para fazer compósitos ao serem aplicados junto com resinas poliméricas, bem como,

servem para cabos, tecidos e fibras ópticas.

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2016.

RODRIGUES, José de Anchieta; LEIVA, Daniel Rodrigo. Engenharia de Materiais para Todos. 1. ed. São Paulo: EdUFSCar, 2010.

THENÓRIO, Iberê; FULFARO, Mari. Manual do mundo. Como é feito o tijolo, 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-ZRIW6PdEEh8&t=323s>

THENÓRIO, Iberê; FULFARO, Mari. Manual do mundo. Como é fabricado o porcelanato, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DngLAWj7iws>

THENÓRIO, Iberê; FULFARO, Mari. Manual do mundo. Como é feita uma privada, 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=X4SvstybSPk>

FABRICAÇÃO DE MATERIAIS METÁLICOS

Introdução à fabricação dos materiais metálicos

Parte dos produtos que usamos hoje pertencem à família dos metais. Mas você sabe como são produzidos estes materiais? Você já pensou como é feito o aço ou uma barra de metal? Como dar forma a um motor de um carro? Como dar um acabamento em uma peça metálica? Todas essas perguntas envolvem os processos de fabricação dos metais.



CC0 Domínio público

Os metais foram evoluindo ao longo do tempo à medida que se demandava mais das atividades do mesmo. Novos materiais surgem a cada dia para atender as necessidades do homem e, para acompanhar estas mudanças, os processamentos dos metais também precisaram ser aprimorados. Então, novas técnicas de fabricação foram criadas para melhorar as qualidades dos aços e das **ligas metálicas**.

Os processamentos dos materiais metálicos são variados.

Você pode fundir o metal, conformar o material por meio do uso de forças, utilizar a soldagem, produzir uma peça por meio da união e queima de vários pós metálicos, dar acabamento em peças por meio da usinagem e assim por diante.

O tipo de fabricação dos materiais é escolhido dependendo de inúmeros fatores, como o tipo de peça a ser produzida, a aplicação final do material, a quantidade da produção, entre outros. Para a indústria, todas as etapas são necessárias, influenciando na qualidade e no custo do produto final.

Algumas matérias-primas utilizadas para fabricação de materiais metálicos:

Você sabe como o aço é produzido?

O aço é um material metálico que possui diversas aplicações no dia a dia. É um material bastante versátil devido a variedade de sua composição química e ao tratamento que ele passa. É uma liga metálica constituída basicamente de ferro e carbono. O ferro sozinho é um material de baixa dureza e resistência, porém, com a adição do carbono, ele adquire melhores **propriedades mecânicas**.

O aço é fabricado dentro das indústrias siderúrgicas. Há duas categorias desse tipo de fábrica, as integradas e semi-integradas. Essa divisão acontece porque o aço pode ser obtido de 2 maneiras, ou pelo minério de ferro ou por meio da reciclagem de sucatas.

A **usina integrada** é aquela que obtém o aço a partir do minério de ferro. O ferro é encontrado na natureza em forma de óxido de ferro, principalmente como um minério chamado hematita, que possui uma coloração avermelhada. Assim, o minério de ferro precisa passar por processos que envolvem temperatura e pressão para que se torne utilizável.

Para explicarmos a produção do aço devemos dividir suas etapas de produção em três, sendo estas a **preparação da carga no alto-forno, redução do minério de ferro e refino**.

Além do minério de ferro, carvão mineral (o **coque me-**

talúrgico) e carvão vegetal são as matérias-primas da primeira etapa de produção. Nesta etapa de preparação da carga, as matérias-primas passam por diversos processos para que haja uma separação das impurezas e também um ajuste no seu tamanho de grão.

Já a segunda etapa acontece no alto-forno, onde dentro dessa estrutura o óxido de ferro se transforma em oxigênio e ferro, ou seja, o **minério é reduzido**. Este ferro fica misturado com carbono advindo do coque metalúrgico e carvão, formando uma mistura líquida conhecida como ferro gusa. Após essa etapa, o ferro gusa ainda irá passar por outro procedimento de limpeza, retirando ainda mais suas impurezas.



CC0 Domínio público

A última etapa do processo acontece na aciaria, local onde o ferro gusa é refinado, ou seja, transformado em aço. O equipamento principal desse processo é o forno conversor a oxigênio. Dentro desse forno, ocorrem inúmeras reações que retiram as impurezas, como silício e manganês. Além de controle de pureza, é nessa fase que podemos adicionar vários elementos químicos para fazer parte da composição final do aço, como adicionar o cromo para formar o aço inoxidável.

Na usina semi-integrada, a matéria-prima usada para produzir o aço é a sucata, a qual chamamos também de ferro secundário. Dentro das usinas semi-integradas, não há necessidade da etapa de redução do minério de ferro. Assim, a sucata é transformada em aço por meio de um forno que funde o

metal, reciclando o aço que antes não tinha mais utilidade.

CC0 Domínio público



Como produzir alumínio metálico?

O alumínio metálico é um dos metais não ferrosos mais utilizados comercialmente nos dias de hoje. Mas você sabe como o alumínio metálico é obtido?

As primeiras etapas estão relacionadas a extração de um minério chamado bauxita, nela contém, além de diversas impurezas, o óxido de alumínio hidratado ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). No momento da extração, o minério está coberto por uma camada de rochas, que será removida para que a bauxita possa ser extraída.

Em seguida, a bauxita é levada para a indústria onde ela começará a ser tratada para separar suas impurezas do óxido de alumínio. Para tratarmos das suas impurezas, inicialmente devemos passar a bauxita por um beneficiamento conhecido como moagem, que quebra o minério em partes menores. Depois disso, utiliza-se um processo **denominado como Bayer**, que por meio de várias reações químicas, irá fazer a separação do óxido de alumínio das impurezas. No final do processo teremos a alumina (Al_2O_3) como produto.

Mas ainda não chegamos no alumínio metálico que é utilizado para produzir as latinhas de refrigerante, por exemplo.

A alumina que saiu do processo Bayer, junto com outros reagentes, sofrerá um processo de eletrólise, transformando-se em alumínio metálico. Dentro dessas etapas, utilizam-se altas temperaturas e energia para que chegue no alumínio desejado.

Devido ao processo de retirada do alumínio metálico dentro da bauxita ser caro e gerar impactos ambientais negativos, existe outro método de obtenção deste material, que é por meio da **reciclagem**. O Brasil é um dos pioneiros da reciclagem do alumínio.

Alguns processamentos de materiais metálicos:

Fundição

Você sabe como são produzidas as hélices de usinas hidrelétricas?

As usinas hidrelétricas são de grande importância para a geração de energia do Brasil. Elas transformam a energia da queda das águas em energia elétrica que em seguida é distribuída pelas cidades. No interior das usinas, existe um sistema que faz essas transformações, dentro desse mecanismo possuem várias hélices que se movimentam e promovem essa reação. Essas hélices precisam ser extremamente resistentes às forças da água e também à corrosão, sendo produzidas por meio de um processo chamado de **fundição**.

A fundição é um dos processos mais antigos e versáteis utilizados para a produção de materiais metálicos. Consiste em injetar um metal líquido dentro de um molde, no qual após o resfriamento, o mesmo irá adquirir o formato desejado. Inicialmente, devemos nos atentar a preparação e o material do molde. É um processamento que pode ser utilizado com várias **ligas metálicas**, desde que se controle a temperatura de fusão e a capacidade que o metal líquido consegue escorrer dentro do molde.

Geralmente, os moldes utilizados na fundição podem ser feitos de vários materiais. Dentre eles estão: a areia aglomera-

da com argila, de material cerâmico, aço, ferro-fundido, entre outros. Contudo, as dimensões e o tamanho das cavidades do molde devem ser analisados, pois no momento da solidificação, o metal pode contrair de forma que não complete o molde.



CC0 Domínio público

Por conseguinte, a velocidade da solidificação depende de vários fatores, dentre eles, o tipo de liga metálica, temperatura e a composição do molde. Após o período de resfriamento, a peça é retirada do molde e vai para outras etapas para que o acabamento seja feito.

Conformação

Sabia que você já pode ter utilizada a técnica de conformação ao longo da sua vida? Pois é, em algum momento você pode ter precisado dobrar um pedaço de ferro ou arame para que ele fosse utilizado depois. Assim, dando um novo formato para que ele atendesse às suas necessidades. Isso que você fez é um dos princípios das técnicas de conformação, que comentaremos logo abaixo.

A conformação é uma etapa de fabricação dos materiais na qual a força aplicada na peça é o fator mais importante. Dessa maneira, esse tipo de processamento provoca a deformação permanente de uma peça com a finalidade de modificar o formato inicial até adquirir o formato desejado.

A figura ilustra uma região interna de um equipamento evidenciando o metal conformado.



CC0 Domínio público

Durante a produção, vários tipos de forças podem ser aplicadas. Compressão, tração, dobramento, torção e flexão são aplicados na peça para que chegue em um resultado final.

Mas você deve estar se perguntando “os materiais não irão fraturar com esse tipo de processamento?” De fato, isso é uma das questões a ser analisada antes de realizar as etapas de

conformação. Nesse tipo de processo, geramos uma deformação permanente na peça, chamada de **deformação plástica**. Nesse sentido, a força aplicada durante a etapa de conformação mecânica muda as posições originais dos átomos que compõem o material. Caso ele seja muito rígido, poderá quebrar, todavia, se o material for maleável (chamado de material dúctil), ele conseguirá deformar sem fraturar.

Para ajudar o material se deformar e não fraturar, a temperatura é aumentada, assim os átomos vão ter mais energia para se movimentar e se adequar a novas posições.

Dependendo do formato final desejado ao produto, o material é forçado a entrar num determinado molde. Isso define o tipo de conformação. Os mais importantes tipos de conformação são laminação, forjamento, trefilação e extrusão

A **laminação** é uma etapa de conformação mecânica em que uma barra metálica, chamada de lingote, passa entre dois cilindros para reduzir a espessura da peça. Esse processo pode ser utilizado várias vezes em uma peça metálica a fim de que a chapa metálica adquira formato e a espessura cada vez mais fina e desejada para o uso. É utilizado para fabricação de chapas metálicas.



CC0 Domínio público

O **forjamento** é uma técnica bastante antiga que foi utilizada para produção de espadas e ferramentas. Nela acontece

a deformação da peça por meio de esforços repetitivos (marteladas no material, por exemplo) quando a mesma ainda está quente.



CCO Domínio público

Na **trefilação**, os materiais são puxados e esticados, reduzindo assim sua espessura. Esse método é usado para produzir peças com formas mais simples, como no caso os fios elétricos.

Já a **extrusão** é o inverso da trefilação. Essa técnica produz peças com formatos mais complexos. É uma atividade que força o material a passar por uma abertura de uma máquina com uma geometria que definirá o formato da peça.

Metalurgia do pó

As engrenagens do motor são imprescindíveis para o funcionamento de um carro e precisam ser produzidas em grande escala. Mas, você sabe como essas peças são produzidas? Então, muitas dessas engrenagens são produzidas pela metalurgia do pó.

Metalurgia do pó é um processo mecânico bastante utilizado na produção de várias peças com peculiaridades (peças metálicas em que a estrutura é porosa, por exemplo, que podem ser utilizadas como filtros). São etapas de fabricação que possuem uma enorme economia de tempo, matéria-prima e

energia, já que durante o processo não necessita de altas temperaturas (pois o metal não é fundido) e não há perda de matéria-prima (uma vez que não necessita fazer o acabamento da peça logo o após o processo).

Esta técnica se baseia na prensagem de metais em pó em uma máquina que já contém o formato desejado da peça, em seguida, é queimado. Para explicarmos melhor esse processamento, iremos dividir a metalurgia do pó em três etapas: A obtenção dos pós, a compactação e sinterização.

Inicialmente, esses metais são obtidos por processos físico-químicos. Dessa forma, o tipo de metal que iremos utilizar é importante para o resultado final, pois as características do metal irão influenciar diretamente na sua formação.

Já a etapa da compactação ou prensagem, como falado, é um processo fundamental, uma vez que uma quantidade de pó é colocada em um molde e logo após é prensada em temperatura e pressão controlada, fazendo com que os grãos do metal se unam. Após a compactação, os produtos formados são chamados de peças verdes, pois apesar de apresentarem um formato, elas não possuem resistência e podem se desarranjar facilmente.

Por fim, temos a **sinterização** que possui por finalidade aquecer a peça verde. Essa etapa ocorre dentro de fornos, que promovem a ligação dos pós metálicos, fazendo com que a peça verde ganhe resistência a impactos e as características próprias dos materiais metálicos.

Soldagem

Já imaginou ter que produzir uma tubulação de uma indústria de gás? Você sabia que seus canos percorrem vários quilômetros? Pois é, por meio do processo de fundição seria impossível, não é mesmo? Como forma de contornar este problema, foi pensado em utilizar o processo de soldagem para a junção de várias tubulações em tamanhos menores com a finalidade de tornar a construção dessas estruturas possíveis.

A soldagem é uma técnica importante para o ajuste e a manutenção dos materiais metálicos, prolongando assim a

vida útil deles. Este processo tem como objetivo unir duas peças metálicas para a formação de uma única peça, podendo ser da mesma liga ou não. Por seu custo ser mais acessível, este método é bastante utilizado. Além disso, é usado em todos os ramos da indústria (alimentícia, petroquímica etc.), como nas construções civis.

Existem vários parâmetros que influenciam o processo: a temperatura de soldagem, o metal que será adicionado, a velocidade do processo. Podemos citar alguns tipos, dentre eles, soldagem por fusão, soldagem no estado sólido, brasagem e solda branca.



Imagem de Wikimágenes por Pixabay

Acabamento das peças

Imagine que você ficou em primeiro lugar em uma maratona e recebeu como prêmio uma medalha feita de material

metálico. Assim, na hora que você receber, olha para ela e vê várias informações que estão contidas na mesma. Então, você saberia explicar como são feitos todos esses detalhes escritos na sua medalha?

Após as peças metálicas, como a medalha citada acima, passarem por processamentos para a sua formação, elas poderão passar por outras etapas, como o **acabamento da peça**. Dentre os processos de acabamento, temos o mais conhecido, a usinagem.

Imagem de AxxLC por Pixabay



A **usinagem** é um processo em que a peça é modificada com a retirada dos seus excessos, chamados de **cavaco**. Assim, como nos outros tipos de processamento, essa etapa também depende de vários parâmetros, como a velocidade da técnica, o tipo de corte, e as propriedades do material que será usinado. Podendo então ser realizada tanto manualmente, quanto com o auxílio de máquinas.

Dessa forma, a usinagem promove ao material uma maior exatidão nas suas medidas, além de melhorar o seu aspecto visual. Por outro lado, esta técnica ainda pode possibilitar a modificação na estrutura da peça, como a abertura de furos, por exemplo, tornando este processamento muito utilizado na indústria.

Como o processo de usinagem faz a retirada de partes do material, este não possui uma aplicação. Entretanto, é possível

recolher os cavacos (imagine jogar pedaços de ouro ou prata fora, não dá certo não é?) e reciclá-los.

Cavacos gerados pelo processo de usinagem.



Imagem de gabrielroma por Pixabay

a falha do outro. Na **têmpera**, a peça metálica é resfriada bruscamente, propiciando uma maior rigidez, apesar de torná-los frágeis. Para reduzir essa fragilidade, fazemos uso do **revenimento**, que reduz a fragilidade do material. Nessa técnica, há o reaquecimento das peças já temperadas e, em seguida, são resfriadas lentamente.

Tratamentos térmicos

Você já deve ter notado que os metais possuem aplicações específicas que exigem da sua performance ser um material bem resistente aos impactos sem fraturar. Uma broca de furadeira, por exemplo, é uma peça metálica que precisa realizar um furo em materiais duros sem quebrar. Assim, para que esse material da broca seja extremamente resistente, ela passou durante a sua fabricação por técnicas chamadas de tratamentos térmicos.

Tratamentos térmicos são técnicas que possuem o intuito de melhorar as características do material, como a dureza e a resistência mecânica, por meio do resfriamento e aquecimento que modificam a sua estrutura. Existem vários tipos de tratamentos térmicos, porém a escolha do tratamento depende da aplicação final da peça.

Como exemplo, temos o aço, que passa por dois tratamentos térmicos, a têmpera e o revenimento, no qual um compensa

Referências Bibliográficas Consultadas

RODRIGUES, José de Anchieta; LEIVA, Daniel Rodrigo. Engenharia de Materiais para Todos. 1. ed. São Paulo: EdUFSCar, 2010.

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & amp; Sons, Inc., 2016.

MOURÃO, Marcelo Breda. Introdução a siderurgia. 1. ed. São Paulo: ABM- Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2007.

FABRICAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS

Introdução sobre a fabricação de materiais compósitos

Assim como os outros materiais, temos uma parcela considerável de produtos produzidos a partir de compósitos. Esses materiais são utilizados quando precisamos unir dois ou mais materiais que, quando juntos, possuem melhores propriedades do que separados. Mas você sabe como são produzidos? Assim como os metais, cerâmicas e polímeros, os compósitos possuem processamentos que visam dar forma e as características ao produto.

Os processamentos dos compósitos são variados e precisam estar em sintonia com os materiais que os compõem. Imagine produzir um produto em que em seu interior possui argila e plástico, os dois possuem etapas e processos diferentes. Muitas vezes acontece que a produção dos materiais compósitos é realizada em etapas distintas e depois utiliza outra técnica para juntá-los.

Ocorrem muitos acidentes no trânsito envolvendo motocicletas, sendo que, muitas vezes, fatais. Contudo, nós sabemos que tais estragos podem ser amenizados pelo uso do capacete. Mas, você sabe por que este meio de proteção é tão eficaz e o motivo de seu preço variar tanto? Será que os capacetes mais baratos têm qualidade inferior do que os mais caros?

A resposta a essas perguntas é que existem capacetes feitos de materiais e processos de fabricação diferentes. Além do estofado, que protege e dá conforto ao usuário, também temos o corpo do capacete, ou seja, a sua carcaça, que também é chamada de casco.

Os capacetes mais baratos têm a sua carcaça geralmente feita por uma resina polimérica muito resistente, conhecida como ABS (sigla, em inglês, do composto Acrilonitrila Butadieno Estireno). Estes cascos têm uma capacidade média de ab-



sorção ao impacto.

Agora, se você quiser mais proteção, terá que pagar um pouco mais caro para comprar um capacete com o casco feito de resina misturada com fibras. Apesar da carcaça aparentemente ser formada por um único material, se olharmos pelo microscópio, veremos que ela é composta por dois materiais distintos, ou seja, é um compósito. Um dos materiais tem como função dar coesão e formato à peça, ao mesmo tempo que envolve o outro material, que tem comprimentos longos e espessuras bem fininhas. O primeiro é resina (que é a fase matriz) e o segundo é a fibra que melhora a resistência da carcaça do capacete. Esse produto tem uma qualidade superior em proteger a cabeça do motoqueiro. As fibras podem ser tanto de vidro, como de carbono, sendo que esta última confere ainda mais proteção, entretanto, são mais caras.

Preparo dos componentes que irão formar os compósitos

Como os compósitos podem ser feitos de múltiplos materiais, não cabe nessa enciclopédia descrever como obter todos os materiais possíveis de formar um compósito. Vamos falar rapidamente do que são feitos alguns compósitos.

Em termos de composição, tanto a matriz, como o reforço, podem ser de cerâmica ou de metal ou de polímero.

Como exemplo de material compósito de matriz cerâmica, temos o concreto utilizado nas construções de casas. Ele é formado por uma mistura de cimento, brita e areia, sendo que o cimento é a fase matriz, enquanto a brita e a areia representam, neste caso, as fases de reforços. Há também compósitos feitos a base de matriz de carbono que envolvem partículas de reforço feitas a base de fibra de carbono; este tipo de material compósito pode ser utilizado para a fabricação de peças de motor de foguetes ou velas de barcos. Mas, é importante que se registre que, na maioria dos casos, as fases matrizes mais comuns são, normalmente, feitas a base de metais ou de polímeros.

Vela de embarcações produzidas com Kevlar e fibras de carbono.

Foto da vela laminada: Henry Heatly de Chicago, Estados Unidos da América, CC BY-SA 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>>, via Wikimedia Commons // Foto do barco: Agência Brasil Fotografias, CC BY 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>>, via Wikimedia Commons



De metal, temos, como exemplo, as ligas especiais de alumínio, titânio, cobre e magnésio que envolvem fases de reforço que podem ser na forma de partículas ou de fibras. Algumas peças de motor de um carro são feitas de matriz de liga alumínio reforçada com fibra de carbono e óxido de alumínio. Estas peças resistem tanto ao desgaste, como à variação de temperatura.

Assim, os compósitos mais comumente utilizados são formados por matrizes feitas a base de polímero. Aí, o polímero pode ser tanto uma borracha, como um termoplástico ou, o mais comum, de termorrígido.

A borracha, como matriz, é reforçada com negro de fumo e outros componentes para formar o pneu, que é um compósito. **Negro de fumo** é um material produzido pela combustão incompleta de alguns derivados de petróleo, é basicamente composto por carbono e responsável pela cor preta do pneu. A borracha pode ser obtida naturalmente por meio de sua extração no látex das seringueiras ou, artificialmente, pelos derivados do petróleo.

Se formos levar ao pé da letra, a maioria dos plásticos que conhecemos são na verdade compósitos, pois na fabricação destes, constantemente se incorpora pós de carbonato de cálcio e/ou outros aditivos. Já compósitos com matriz termofixa de resina são os que mais vemos em nosso dia a dia, o capacete da moto, a carcaça de uma caminhão, o para-choque do carro, a prancha de surf são exemplos de produtos feitos de compósitos. Para a grande maioria dos polímeros, sejam eles plásticos ou termofixos, suas matérias-primas advêm do petróleo.

A fase matriz envolve a fase de reforço que pode estar na forma de partículas, fibras ou plaquetas. Além disso, é importante mencionar que a fase de reforço pode ser de cerâmica, metal ou polímero. Sendo que em se tratando da fase dispersa, as fibras são as mais comumente utilizadas. Estas podem ser de vidro, de carbono ou de aramida.

O vidro fundido é forçado a passar por pequenos orifícios e é esticado, formando as fibras de vidro. Já para fabricar fibras de carbono, primeiro se faz fibra de um composto que contém carbono, depois ocorrem reações químicas, deixando a fibra de C puro. Já para as aramidas, primeiro se faz a extrusão do material deixando com o formato de fios, depois os mesmos são esticados e passam por pequenos orifícios, o que diminui mais ainda sua espessura, formando as fibras de aramida.

Geralmente, nos compósitos de termofixo, as fibras ou partículas de alguma forma são embebidas ou recobertas pela resina e, posteriormente, são feitos alguns processos que ge-

ram as peças no formato pronto para o uso. Para alguns produtos e processos, as fibras são longas e contínuas; em outros, estão picotadas e curtas. As fibras longas podem ainda ser trançadas e formar um tecido de fibra. E as fibras curtas podem ser colocadas de forma aleatória e juntas por um ligante formando uma manta.

Fabricação de peças de materiais compósitos

Dá para imaginar que como os compósitos podem ser formados de tantas coisas diferentes, há vários métodos que podem ser usados para se obter uma peça de compósito. Vamos falar sobre algumas delas.

Produção manual

Se você procurar vídeos no youtube, vai achar como se produz um capacete de fibra de forma manual. **Super importante, nós não recomendamos você fazer seu próprio capacete e usá-lo para andar de moto. Pois, além do material, o capacete é projetado com um formato especial. Somente aliando bons materiais, com um excelente formato e técnicas de produção rigorosa, é que se obtém um capacete capaz de proteger a cabeça de um motoqueiro.** Mas, se você quiser fazer um capacete de brinquedo com suas próprias mãos, o youtube te ajudará.

Essa técnica de produção manual é usada para fazer muitos outros produtos que não são feitos em larga escala, como o casco de um navio.

É preciso ter um molde com o contra-formato da peça. O contra-formato é como se fosse o negativo da peça, onde deixará a peça oca. O molde, então, é limpo e recoberto com um lubrificante que ajudará depois a peça se desgrudar. Aí, uma fina camada de resina, chamada de gel coat (cobertura em gel), é passada sob o molde. A próxima etapa consiste em colocar de forma intercalada as camadas de resina e fibras, estas últi-

mas estão na forma de manta ou tecido. É preciso ter cuidado para impregnar muito bem a fibra e retirar todas as bolhas de ar, pois se esses defeitos continuarem na peça, eles podem ser pontos de fragilidade do produto. Depois de tudo isso, coloca o contra-formato e deixa a peça final na temperatura correta para que aconteça um fenômeno chamado de **cura**, que é o enrijecimento do produto. Quando a peça estiver totalmente rígida, é retirada do molde.

Algumas adaptações a esse processo podem ser feitas, por exemplo, depois de intercalar as camadas de resina e fibra, a peça pode ser colocada num sistema de vácuo, que ajudará na remoção das bolhas de ar. As pranchas de surf são feitas assim.



Pultrusão

Pense numa viga enorme de uns 4 metros de comprimento, super leve, que pode ser carregada por uma única pessoa e, ao mesmo, resistente o suficiente para ser usada como uma coluna que suporta o peso do prédio. Isso é possível e já é feito com material compósito.

Geralmente, usamos um processo de **pultrusão** para fa-

zer uma peça com comprimento grande e de formato continuamente igual de compósito. Depois de pronta, a peça compósito pode ser usada em várias coisas, como cabos de ferramentas para trabalho em alta voltagem ou uma viga para a construção de um prédio.

Este método se inicia com bobinas de fibras, que se parecem com carretéis de linha gigantes. As fibras de várias bobinas são puxadas e passam por um tanque cheio da resina. Aí, as fibras impregnadas de resina continuam sendo puxadas e, primeiro, entram numa máquina que tem a abertura no formato bem aproximado da peça desejada. Depois, passam por outra máquina que tem a temperatura ideal para que reações ocorram na resina e esta endureça; ao mesmo tempo, dentro desta máquina são feitos ajustes no formato da peça, deixando-o exatamente no formato desejado. Depois de sair dessa última máquina, a peça é cortada no comprimento desejado para o uso.

Enrolamento filamentar

Um tubo suporta a pressão do líquido que passa dentro dele. Se o tubo tem um diâmetro pequeno e será ligado na rede hidráulica de uma casa, essa pressão é pequena e ele pode ser feito só com plástico mesmo. Mas, imaginem, se o diâmetro do tubo for grande e o líquido que for passar dentro dele for injetado com uma grande pressão, aí precisaremos reforçar as paredes desse tubo, fabricando o mesmo de material compósito. A técnica de **enrolamento filamentar** é usada para fazer peças ocas de compósitos de fibras.

Neste, as fibras que estão em bobinas são puxadas por uma máquina. Normalmente, primeiro, passam pelo banho de resina, depois são enroladas continuamente ao redor de um mandril circular(uma espécie de molde do tubo). Depois de enrolar várias vezes e a peça ficar com a espessura desejada, ela é transferida para uma máquina que fará que reações aconteçam na resina e essa endureça. Após isso, o mandril é retirado e a peça oca está pronta.

Esse banho de resina também pode ser dado após as fi-

bras serem enroladas no mandril por pincelamento ou tra técnica. Além disso, a própria fibra que está na bobina poderia já ter sido pré-impregnada com resina, aí já está pronta para ser enrolada no mandril e passar para as outras etapas.

E como se faz um pneu?

O processo de fabricação de pneu é diferente do que vimos até agora. Até porque, apesar dele ser um compósito, ele possui estrutura e propriedades bem diferentes dos compósitos a base de termofixos reforçados com fibras.

Aqui nesta enciclopédia, quando falamos em pneu, só estamos falando da parte externa, de coloração preta, das rodas dos veículos. Este pneu que se parece pode parecer homogêneo, ou seja, feito de uma coisa só, na verdade, é formado por várias partes. Para se ter uma ideia, o pneu de um carro é formado por 50 partes enquanto que para uma retroescavadeira o número de partes pode chegar a 175.

Só o preparo da borracha envolve várias etapas. A borracha natural ou sintética é misturada com vários produtos. É preferível adicionar componentes à borracha em duas etapas. Na primeira, borracha, **negro de fumo** e outros aditivos são misturados completamente. Na segunda, ocorre a mistura dos componentes anteriores com o enxofre. Esse processo é conhecido como **vulcanização**, que tem como finalidade criar vários “pontos de amarração” entre as cadeias poliméricas. Estes pontos de amarração são elementos químicos unidos por ligação covalente que conectam duas longas cadeias e são chamadas de **ligações cruzadas**. Estas proporcionam maior resistência e rigidez à borracha e mantém a habilidade da borracha em se alongar.

As várias partes que compõem o pneu são agrupadas. Na parte exterior do pneu, há o recobrimento de borracha sólida. Abaixo deste recobrimento, tem a carcaça que é a estrutura interna do pneu composta por várias camadas de cabos recobertos com borracha. Além disso, abaixo da carcaça, tem outro revestimento de borracha.

Depois da borracha preparada, são feitas as etapas de

pré-forma dos componentes. Cada um tem sua característica, composição e forma de preparo. Só para exemplificar, há o talão que é composto por um cabo de aço contínuo revestido de borracha. Também existem as lâminas que são tecidos contínuos (têxteis, náilon, fibra de vidro, aço) revestidos de borracha, preparados pelo processo de calandragem. Posteriormente, as lâminas são pré-cortadas na forma e tamanho adequados.

A **calandragem** consiste em espremer a borracha e os tecidos entre dois ou mais rolos, misturando-os e deixando o material na espessura desejada; o sistema parece com o que é feito para fazer massas na cozinha.

Depois de todos os pré-componentes preparados, é feita a montagem da carcaça num equipamento que tem um fuso giratório. Um a um dos componentes, inclusive os talões e lâminas, são colocados ao redor deste fuso em posições específicas.

A seguir, a peça montada é enviada para a moldagem e cura. Os moldes dos pneus normalmente tem duas partes, uma fixa na região inferior e, a outra, na superior. O pré-pneu é colocado entre essas duas regiões do molde que fecham e fazem uma pressão sobre ele. Dessa forma, o pneu ganha padrões de ranhuras e desenhos. Além disso, o molde tem um sistema de aquecimento que proporciona a cura da borracha. Após isso, o pneu está pronto, pode ser resfriado e retirado da prensa.

Referências Bibliográficas Consultadas

Groover, Mikell P. Introdução aos processos de fabricação / Mikell P. Groover ; tradução Anna Carla Araujo ; tradução e revisão técnica André Ribeiro de Oliveira ... [et al.] - 1. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2014. il. ; 28 cm.

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

PROPRIEDADES ÓPTICAS

nossas vidas, vamos entender um pouco mais sobre eles?

Refração, reflexão e absorção

A reflexão ocorre quando uma determinada superfície (sólida ou líquida) que foi atingida por uma radiação de luz devolve essa mesma radiação para o meio. Esta devolução ou retorno da radiação luminosa pode ocorrer tanto de forma regular quanto difusa.

CC0 Domínio público



Imagem de Bruno /Germany no Pixabay

Introdução - O que é a luz?

Desde o nosso nascimento, percebemos a presença da luz. Mas se caso alguém te perguntasse o que é a luz, você saberia explicar? A luz é um tipo de emissão de energia que se propaga por meio das **ondas eletromagnéticas**. Estas podem irradiar tanto através dos meios materiais, quanto no vácuo.

Qualquer corpo que possa emitir luz é considerado uma fonte luminosa. Há dois tipos: as primárias e as secundárias. As fontes primárias são aquelas nas quais a luz emitida são originadas dela mesma, como no caso do sol. As fontes secundárias refletem a luz recebida de uma fonte primária, como exemplo, temos a lua, cujo brilho é um reflexo da luz do sol.

A luz interage com os materiais e, assim, alguns fenômenos ópticos acontecem. Temos os seguintes fenômenos: **reflexão, refração e absorção**. Estes influenciam nas observações do nosso dia a dia, como o reflexo em um espelho, a cor de uma roupa ou, até mesmo, nas técnicas utilizadas na pesca.

Para saber de que forma tais fenômenos implicam nas



Como exemplo de uma reflexão regular temos os espelhos, no qual vemos nossa imagem refletida nitidamente. O que acontece é que os raios quando chegam à superfície refletora, sofrem uma mudança de direção, mas permanecem de forma alinhada.

Já na reflexão difusa ou irregular, os raios são refletidos em várias direções, ou seja, desalinhados. Esse último fenômeno pode ser visto na formação de uma imagem borrada na superfície de um metal polido, pois este possui uma superfície mais rugosa em comparação aos espelhos.

Foto por Bicanski de Pixnio



O processo de **refração** pode ser descrito por meio da variação de velocidade e direção na propagação da luz de um meio para o outro, como no caso da luz do sol, que atravessa o ar e a água. Um exemplo na prática muito conhecido deste fenômeno são as lentes das câmeras fotográficas. Para que os raios luminosos formem uma imagem, dentro deste equipamento existe um conjunto de lentes feitas de vidro que redirecionam a luz. Esse efeito físico é a refração, pois a luz que vem do ambiente sofre desvios nesse conjunto óptico antes de chegarem até o sensor.

Imagem de Samuel F. Johanns por Pixabay



Por fim, na **absorção** da luz, como o próprio nome já diz, os corpos absorvem a energia luminosa transformando-a em outro tipo de energia. Podemos dizer que, nas superfícies opacas, rugosas ou de cor escura, esta absorção ocorre de maneira

mais intensa. A energia luminosa pode se transformar em energia térmica, aumentando a temperatura do material. Assim, é por isso que você evita as roupas pretas em dias de verão, já que quando a luz do sol bate na peça, seus raios são absorvidos, elevando a temperatura.

Dependendo da organização e/ou desorganização atômica da estrutura do material, os fenômenos de refração, reflexão e absorção ocorrem em maior ou menor grau. Assim, a interação dos raios luminosos com o material gera a aparência visual dos materiais.

Como a cristalinidade afeta na transparência e na opacidade dos materiais?

Observamos que os materiais podem se apresentar na forma transparente, translúcida ou opaca. No primeiro caso, a luz atravessa o material de forma regular e assim, podemos ver o que está atrás deste material, como no caso dos aquários. Nos materiais translúcidos, como os vidros foscos, a luz não passa uniformemente e, conseqüentemente, não conseguimos ver nitidamente o que está atrás deste objeto. Por fim, temos os materiais opacos, que são aqueles que não permitem que a luz atravesse suas estruturas, como acontece nas portas de madeira e nas paredes de alvenaria.

A cristalinidade dos materiais afeta a forma como a luz se propaga através das estruturas dos mesmos. Se a estrutura do material for policristalina com defeitos, a passagem da luz é dificultada devido aos desvios (refrações) que ocorrem quando os raios de luz atravessam os contornos de grãos e os defeitos. Portanto, caracterizando este material como opaco.

Já nos materiais amorfos, bem como nos monocristais, a propagação da radiação é facilitada, pois não há empecilho para a passagem da luz pelo material e enxergamos esse tal material como sendo transparente.

Entretanto, se tivermos um **material policristalino sem defeitos** ou um **vidro com adição de determinadas substâncias**, a luz encontra algumas barreiras nos contornos de grãos ou nos aditivos, respectivamente, que não impedem totalmen-

te a passagem da luz, mas desvia sua direção. Assim, teremos a formação de uma imagem não nítida, ou seja, **translúcida**.

Três amostras feitas do mesmo material, mas fabricadas de modo diferentes que geraram estruturas e interação com a luz diferenciadas. A primeira, a esquerda, é monocristalina e é transparente; a do meio é policristalina e translúcida; e, a terceira, opaca, policristalina com defeitos.



Fibra óptica e a internet

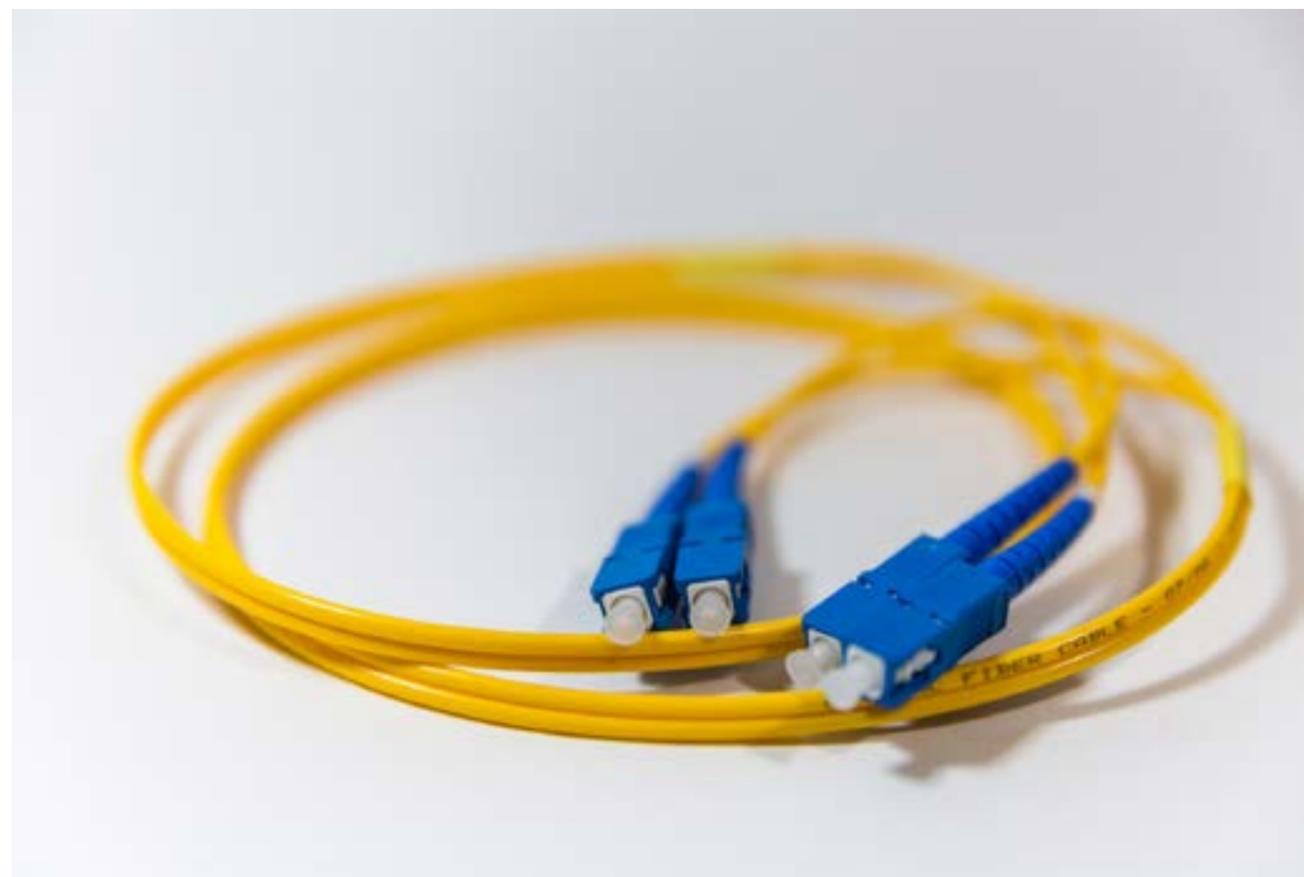


Imagem de PawinG por Pixabay

Você já se perguntou como as informações chegam em segundos no seu celular? Então, a resposta para essa pergunta está relacionada com os tipos de cabos que promovem a transmissão da internet. Com os avanços tecnológicos, os cabos de cobre têm sido substituídos pelos de fibra óptica, com o intuito de melhorar a eficiência da transmissão dos sinais.

Antes, as pessoas usavam os fios metálicos para transmitir dados e isto era possível pela **condução de elétrons** dentro do material. Nas fibras ópticas, os dados são transformados em partículas energéticas que compõem a luz, que são os **fótons**. Você já ouviu a expressão que quando algo é muito veloz, "ele é mais rápido que a velocidade da luz"? Pois é, a internet que faz a transmissão de dados via fibra óptica é muito mais rápida e transporta muito mais dados do que usa a condução elétrica.

Para uma mensagem online do seu amigo chegar até você não é tão fácil assim. Vamos descobrir como funciona? A primeira coisa que acontece é que essa mensagem do seu amigo, que é eletrônica, precisa ser transformada em códigos digitais (aqueles bits de 0 e 1). Depois, os sinais elétricos são conver-

tidos em um sinais ópticos por meio de um conversor. Em seguida, esses sinais luminosos são transportados pela fibra óptica até chegar no receptor. Quando chegam nessa etapa, a luz volta a ser códigos e, conseqüentemente, são transformados na mensagem para você lê. O transporte por fibra óptica faz toda a diferença no sistema de telecomunicações, pois consegue conduzir os pulsos de luz por distâncias longas, mantendo a potência e a nitidez do sinal.

E qual é a estrutura das fibras ópticas que permite que isso ocorra? Bom, os cabos possuem 3 partes cilíndricas principais. O núcleo fica na região central e é feito de vidro de sílica de alta pureza, é onde efetivamente passa o sinal óptico. A ideia é que os sinais luminosos caminhem somente dentro do cabo, assim não ocorrem perdas de sinais. Isso é alcançado recobrando o núcleo com uma camada com índice de refração diferente dele, que faz com que se um raio luminoso caminhe numa direção para fora do cabo, ele sofra reflexão e volte a se locomover na direção correta. Além dessas 2 camadas, existe uma mais externa que protege o sistema por um todo contra danos e acidentes.

Dessa maneira, tais cabos promovem uma maior qualidade na transmissão de dados, fotos, vídeos e áudios, sendo então capaz de transmitir uma grande capacidade de informação. Além disso, são fios resistentes e sua instalação é prática. Por outro lado, a fabricação de fibras ópticas é bem mais cara em comparação com outros cabos.

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & amp; Sons, Inc., 2016.

PROPRIEDADES ELÉTRICAS

Você já se perguntou por que quando você pega em alguns materiais você leva um choque e em outros não? Isso tudo acontece porque alguns materiais conduzem mais eletricidade do que outros.

Com o estudo do fenômeno de condução elétrica, foi possível explorar o seu uso nas mais diversas áreas tecnológicas. Você sabia que até o século XIX não havia energia elétrica nas casas e nas indústrias e as pessoas usavam velas para iluminar o ambiente e as fábricas utilizavam máquinas movidas a vapor ou a carvão. O uso da energia elétrica só se desenvolveu e difundiu-se há mais ou menos 100 anos. Os estudos sobre condutibilidade elétrica continuaram e atualmente outros produtos puderam ser desenvolvidos, tais como: células solares, sensores, capacitores, cartão de memória, chips de computador e satélites.

O estudo das propriedades elétricas do material engloba a sua resposta, ou seja, a facilidade com que esse material transmite corrente quando aplicado um campo elétrico sobre ele. Esse campo emprega forças que atuam sobre as partículas, resultando no seu movimento e as carregando eletricamente.

Quando essa corrente tem origem a partir do fluxo de elétrons, dizemos que temos o fenômeno de **condução eletrônica**. Quando é originado a partir do movimento de íons carregados, temos a **condução iônica**. Dependendo da natureza e o estado físico do material, ele pode apresentar uma resistência em conduzir eletricidade, o que chamamos de **resistividade elétrica**. Na maioria dos materiais sólidos, a condução eletrônica é a mais eficiente.

A condutividade elétrica no material depende do número de elétrons livres para o processo de condução. Os elétrons compõem a eletrosfera e essa possui camadas e subcamadas que têm níveis energéticos diferentes. Quanto maior o nível energético, menor é a atração do elétron pelo núcleo. Ao fornecer um pouco de energia ao átomo, o elétron pode ser deslocado para um nível de maior energia, diminuindo ainda mais sua atração pelo núcleo, se tornando elétron livre e sendo ca-

paz de conduzir eletricidade.

As aplicações dos materiais dependem diretamente dos elétrons livres e, por essa quantidade de elétrons livres, os materiais são classificados em três categorias: **condutores, semicondutores e isolantes elétricos**.

O tipo de ligação metálica facilita a excitação dos elétrons com pouca quantidade de energia. Por isso, os metais têm muitos elétrons livres e são bons condutores. Dentre os metais se destacam o cobre e o alumínio. O cobre é mais eficiente, mas é muito caro. Por isso, ladrões assaltam casas e rede elétrica para roubar fios. Para evitar os roubos, atualmente, os fios são feitos de alumínio que também são capazes de conduzir eletricidade e são mais baratos.



Imagem de PublicDomainPictures por Pixabay

Quando promovemos o aquecimento, há um acréscimo de energia disponível no sistema e com isso, há a excitação dos elétrons, fazendo com que esses materiais conduzam mais eletricidade. Porém, nos isolantes elétricos, a quantidade de energia necessária para o elétron se tornar livre é muito grande. Assim, normalmente, esses materiais não conduzem eletricidade.

Em algumas situações, esperamos que o material seja isolante, exemplo, os fios condutores de eletricidade são recobertos com uma camada de polímero, um isolante que nos protege de choques elétricos.

A diferença entre um semicondutor e um isolante é a energia necessária para a migração dos elétrons livres, que é bem maior no isolante do que nos semicondutores.

Um exemplo de material semicondutor bastante utilizado é o **silício**. Além de ser abundante, ele é utilizado como matéria-prima para a fabricação de circuitos eletrônicos, chips e painéis solares. Para melhor entendimento da aplicação do silício como semicondutor, é importante ressaltar que os semicondutores têm sua funcionalidade de condutor e também de isolante, a depender da tensão elétrica que for aplicada.



Imagem de Ulrike Leone por Pixabay

Em seu estado sólido, o silício encontra-se sempre ligado a outros 4 átomos do mesmo elemento por meio de ligações covalentes. Assim, os átomos alcançam estabilidade química e molecular, logo, o material comporta-se como um isolante. Ao fornecer um pouco de energia ao material, algumas ligações são rompidas e o material passa a conduzir eletricidade.

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & amp; Sons, Inc., 2016.

PROPRIEDADES MAGNÉTICAS

Você já se perguntou por que quando você encosta uma moeda em um ímã, esses dois corpos se atraem? Ou por que alguns materiais sofrem repulsão entre si? Isso tudo acontece porque uma parcela dos materiais é afetada quando entra em contato com um campo magnético.

O magnetismo é um fenômeno que ocorre quando os materiais exercem influência de atração ou repulsão sobre outros. Embora seja mais comum associarmos materiais como o ferro e os aços a esse fenômeno, todos os materiais são influenciados quando há a presença de um campo magnético, ainda que em graus diferentes. O níquel, cobalto e algumas ligas especiais são exemplos de materiais com grandes características magnéticas.

Antes de falar sobre os tipos de materiais e suas características magnéticas, precisamos comentar alguns conceitos. Imagine o átomo como um sistema solar, onde o Sol é o núcleo e a Terra seria um elétron que está na eletrosfera. O elétron, assim como a Terra, realiza um movimento de translação (em volta do Sol) e rotação (em torno de si). Esses movimentos geram um campo magnético, cada elétron tem o seu campo, esse fenômeno é conhecido como **momento magnético**.

Os momentos magnéticos individuais dos elétrons somados podem gerar um comportamento magnético ou não no material. Se os movimentos dos elétrons forem em uma única direção, eles se combinam e formam um campo magnético maior ao ponto de ser atraído ou repellido por um ímã. Já se forem em direções opostas, eles se anulam e, assim, o material não sofre atração ou repulsão magnética.

Sendo assim, os materiais são classificados em: **ferromagnéticos**, **paramagnéticos** e **diamagnéticos**.

Objetos feitos de ouro naturalmente não apresentam propriedades magnéticas. Quando colocamos um ímã muito forte perto de anéis, brincos e relógios feitos de ouro, os momentos

magnéticos de seus elétrons se alinham na direção contrária ao campo externo do ímã, sofrendo, assim, uma pequena repulsão. Estes são chamados de diamagnéticos.

Assim como os diamagnéticos, os materiais paramagnéticos, como o alumínio, não possuem magnetização sozinhos. Contudo, quando aplica-se um campo magnético, ou seja, colocamos um ímã perto de um copo de alumínio, conseguimos organizar os momentos magnéticos na mesma direção do campo magnético, havendo uma atração entre os corpos. Quando tiramos o campo magnético, as orientações do momento magnético ficam desorganizadas novamente.

Diferentemente dos materiais diamagnéticos e paramagnéticos, os ferromagnéticos apresentam uma grande magnetização que ocorre até mesmo na ausência de um campo magnético. Isso acontece porque os momentos são permanentes e organizados independente do campo ou não.

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2016.

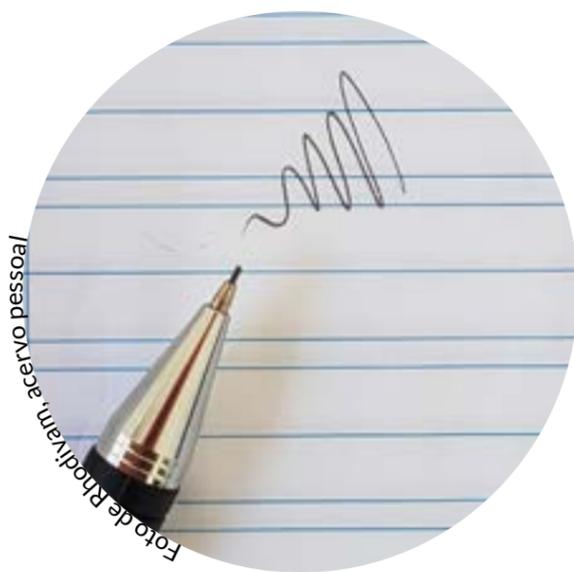
PROPRIEDADES MECÂNICAS

Quando imaginamos um travesseiro, vem logo na nossa cabeça um produto extremamente confortável e macio que se deforma para se ajustar a nossa cabeça. Em contrapartida, quando falamos sobre um vaso de vidro, nota-se que esse material é duro e se cair no chão, já era, né?

Percebemos então que os materiais nos respondem de diferentes formas quando sofrem algum esforço, por isso estudamos as **propriedades mecânicas dos materiais**.

Como temos diversas respostas mecânicas dos materiais, precisamos saber como um material irá reagir. Assim, é preciso realizar testes antes mesmo de colocar em aplicação, esses experimentos são conhecidos como **ensaios mecânicos dos materiais**. Os ensaios servem para avaliar as suas propriedades e até prever as possibilidades de acidentes. Eles são realizados em laboratórios, em indústrias ou em órgãos de controle, como o Inmetro, executados no próprio produto ou em modelos que simulam a vida real, os quais são chamados de **corpos de prova**.

A propriedade mecânica de dureza - Ou por que alguns materiais são duros e outros são moles?



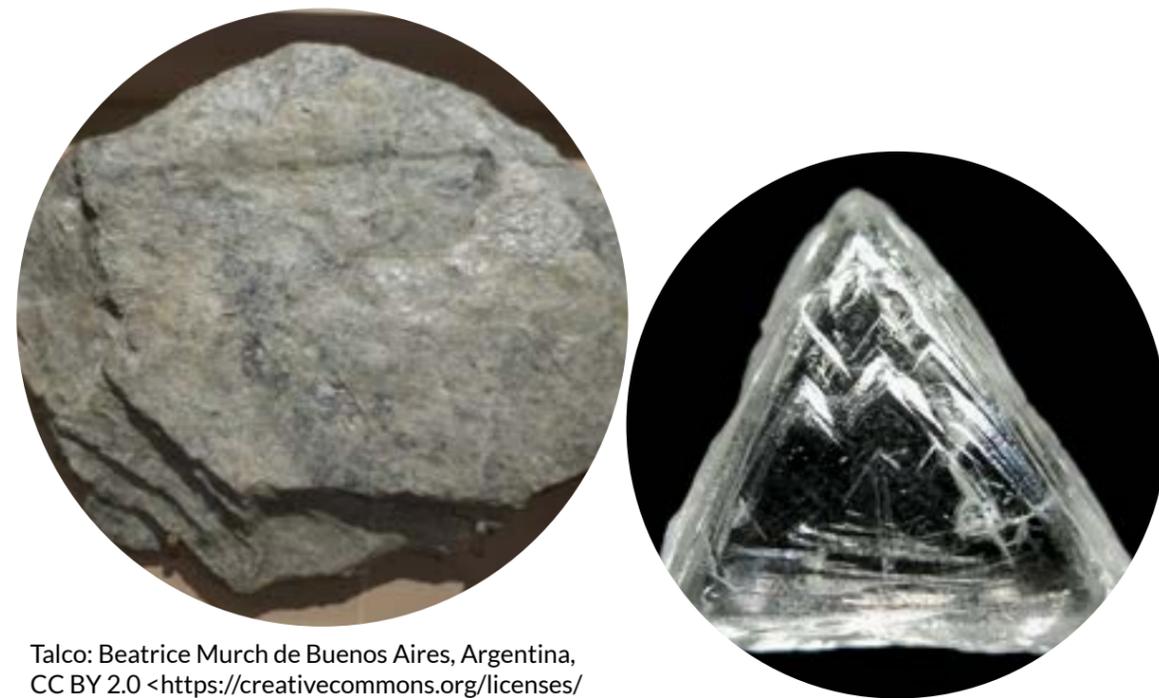
Pensa rápido: Quem risca quem? O papel risca a grafite ou a grafite risca o papel? Se você respondeu que o papel risca a grafite, você acertou! Quando encostamos a grafite no papel, este vai sendo depositado, pois o papel é mais duro que a grafite.

Outro exemplo de dureza que temos no dia a dia, são os materiais abrasivos. Os abrasivos são usados para fazer o acabamento de superfícies, por meio de lixamento ou corte de materiais. Você já deve até ter usado uma lixa, no caso palha de aço, para arear a panela. Para executar essas funções, eles precisam ser extremamente duros e resistentes ao impacto para cortar ou lixar. Geralmente, essas peças de corte são feitas de materiais como aço, alumina ou até mesmo diamante.

A **dureza** é uma das propriedades mecânicas dos materiais. De forma resumida, é a capacidade que os materiais possuem de riscar ou de serem riscados por outro material. Existem diferentes técnicas para analisar a dureza dos materiais. Algumas destas aplicam uma pressão no corpo de prova com ferramentas compostas por materiais duros e de formato especial para verificar qual a dimensão da marca deixada após o ensaio.

Existe uma outra técnica de dureza que classifica e enumera de forma crescente os materiais de acordo com a capacidade de riscar ou ser riscado, sendo chamada de **dureza Mohs**. Foram selecionados 10 minerais para fazer parte dessa classificação. O número 1 é o talco, aquele usado para assaduras de bebês, este é frágil e consegue ser riscado por todos os outros materiais. Já o líder, que está na posição 10, é o diamante que risca qualquer outro material.

Imagem do talco (esquerda) e o diamante (direita)



Talco: Beatrice Murch de Buenos Aires, Argentina, CC BY 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>>, via Wikimedia Commons //
Diamante: Rob Lavinsky, iRocks.com - CC-BY-SA-3.0, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

Materiais frágeis e dúcteis - Ou por que conseguimos esticar alguns materiais e outros não?



Imagem de evondue por Pixabay

Você já esticou um elástico ou até mesmo pressionou uma mola e depois que tirou a força desses objetos eles voltaram ao seu tamanho original?

O que acontece no material é que quando aplicamos uma força, esta pode causar um espaçamento entre os átomos, sem romper as ligações atômicas. Dizemos que o material entrou em **regime elástico** porque a força aplicada nele gerou uma deformação, mesmo que temporária. Mas se a força aplicada no material for muito forte, esta consegue movimentar os átomos de suas posições originais e, conseqüentemente, rompem as suas ligações químicas e criam novas. Assim, os átomos não voltam mais para seus lugares que antes estavam e, devido a isso, vemos ao olho nu a deformação no material. Chamamos essa fase de **regime plástico**.

Como exemplo, podemos citar uma sacola plástica de supermercado, em que você já deve ter observado esses dois regimes. Quando você colocou e depois retirou alguma

fruta não muito pesada dentro da sacola, ela esticou e depois voltou ao seu tamanho original. Mas, se você encheu a sacola de litros de leite, ela esticou tanto que ficou deformada para sempre.

Alguns materiais sofrem uma deformação visível antes da ruptura. Ou seja, antes de se rasgar, vão esticando, aumentando de tamanho, ficando fininhos ou até o ponto de mudar de cor. Os materiais que apresentam esse comportamento são chamados de **materiais dúcteis**.

Existem diversos materiais com esse comportamento, como alguns metais e grande parte dos polímeros. Essa característica de mostrar uma grande deformação é bastante interessante para aplicações no dia a dia pois, além de existirem atividades que precisamos de materiais que sejam moldados facilmente, temos a questão de perceber que determinado produto ou peça apresenta falha antes de se romper, evitando acidentes inesperados.

Por outro lado, você já viu como um vidro ou um tijolo quebra? Esse tipo de material se quebra em diversos pedaços, não sofrem deformação antes da fratura propriamente dita e, ainda podemos dizer que sua fratura, em dois ou mais pedaços, ocorre de maneira brusca. Materiais com este tipo de comportamento são conhecidos como **materiais frágeis**. Em escala atômica, as ligações químicas existentes nesses materiais são extremamente fortes e, quando aplicamos uma força, elas rompem e os átomos não conseguem formar novas ligações. Assim, o material se rompe sem mostrar uma deformação, ou seja, trincou de vez.

Mas, você pode pensar “ué, se as ligações desses materiais são extremamente fortes, por que eles quebram facilmente?” A resposta para isso são as imperfeições dos materiais. Por mais que o processo de fabricação seja controlado, iremos encontrar imperfeições na microestrutura do mesmo (trincas, contornos dos grãos, átomos desordenados, tensões internas, entre outros) que não enxergamos a olho nu. Esses elementos diminuem a resistência mecânica do material.

Uma xícara, por mais perfeita que aparente, ela tem microtrincas dentro da sua estrutura. E existe uma diferença no

comportamento das microtrincas se a xícara é tracionada ou se é comprimida. Quando a tracionamos, a tensão irá abrir ainda mais as microtrincas e essas irão se propagar até a xícara quebrar. Se comprimirmos a xícara, existe a tendência de fechar as microtrincas, portanto, a cerâmica não romperá tão facilmente. Então, os materiais cerâmicos são mais resistentes a forças de compressão do que a tração.

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & amp; Sons, Inc., 2016.



Imagem de zephylwer0 por Pixabay

PROPRIEDADES TÉRMICAS

Neste capítulo vamos falar um pouco sobre a resposta de um material ao receber calor e como um material se comporta diante de determinadas temperaturas. Essas características podem ser mensuradas por meio da determinação das seguintes propriedades dos materiais: temperatura de fusão, capacidade calorífica, condutividade térmica e expansão térmica.

Certamente, você já deve ter notado que alguns materiais quando expostos ao calor apresentam aumentos de temperatura diferentes. Você já se perguntou, por que uma concha de alumínio, quando esquecida dentro da panela, aquece mais rápido que uma concha de plástico? Isso está ligado ao fato da sua **capacidade calorífica**, também conhecida como **calor específico**, que é a propriedade que indica a habilidade de um material

em absorver calor. Por meio da capacidade calorífica é possível saber qual a quantidade de energia necessária para se obter um determinado aumento na temperatura.

Além de diferenças na capacidade de absorver calor, os materiais também conduzem calor de forma diversa. A **condutividade térmica** é definida como a capacidade de um material transmitir calor, ou seja, o processo pelo qual o calor passa de áreas com temperaturas mais altas para áreas de temperaturas mais baixas. No caso da concha, a condutividade térmica do metal é maior que a do polímero. Existem 2 meios principais de conduzir o calor, os quais o influenciam diretamente na capacidade de um material ser um bom ou mau condutor térmico.

O primeiro é devido a pequenas vibrações dos átomos presentes na estrutura cristalina. Ao aumentarmos a temperatura de uma peça, fornecemos energia para a mesma, aumentando a vibração dos átomos mais próximos à superfície que foi aquecida. Os átomos mais agitados transferem energia

cinética para seus átomos vizinhos que passam a vibrar ainda mais. Dessa forma, o calor é conduzido como uma espécie de onda vibracional, transferindo calor das zonas quentes para as zonas frias, até que toda a peça atinja uma temperatura única.

A condução térmica também pode ocorrer por meio dos **elétrons livres**. Assim, ao aquecer uma peça, se a mesma contém elétrons livres, estes irão aumentar sua energia cinética e se encaminharão para as zonas mais frias da peça. Nessas zonas, os elétrons livres colidem com os átomos que já estão lá, aumentando, assim, a sua vibração e, portanto, ocorrendo a condução do calor.

Como os metais são os materiais que contêm elétrons livres e também possuem estrutura cristalina bem ordenada, são bons condutores de calor. Enquanto isso, nos polímeros ocorre o contrário, pois por não possuírem estrutura cristalina organizada e nem elétrons livres, acabam tendo uma condução térmica mais baixa e, a princípio, poderiam ser utilizados como isolantes térmicos.

Contudo, os polímeros se degradam em temperaturas relativamente baixas, portanto não escolha um plástico como um isolante térmico se seu uso for em temperaturas altas.

Já as cerâmicas apresentam uma baixa condutividade térmica. Nelas acontecem a propagação do calor por meio das vibrações dos átomos de sua estrutura cristalina, entretanto a presença de defeitos, como os poros, atrapalha a propagação do calor. Dessa maneira, se você está em busca de um bom isolante térmico, adquira uma cerâmica porosa.

Bloco de cerâmica porosa



Tecnologia de biofiltro, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

Outra importante propriedade é a **expansão térmica**, que é a capacidade de um material variar seu tamanho quando exposto ao aumento ou a diminuição de temperatura. Assim, com mudanças na temperatura, podemos ver uma alteração nas dimensões dos materiais (contração ou expansão), já que os átomos alteram suas distâncias em relação aos outros. Um exemplo comum disso, são as linhas férreas que quando expostas ao sol, sofrem dilatação. Por isso, em sua construção é preciso colocar espaços entre os trilhos para que eles consigam se expandir sem sofrer deformação.

Para cada material, existe um coeficiente de expansão térmica que indica o quanto esse material pode alterar seu volume ou seu comprimento quando submetido a variações na temperatura. Em geral, os polímeros apresentam os mais altos coeficientes de expansão, seguidos dos metais e, por último, os materiais cerâmicos.

O conhecimento sobre este coeficiente também pode ser usado para evitar que os materiais venham a ser danificados. Entre um refratário de vidro pyrex® e uma vasilha de vidro comum, qual você coloca dentro do forno para fazer uma lasanha? O refratário de vidro pyrex® é a resposta certa, pois este tem um coeficiente de expansão térmica menor que o vidro comum. Portanto, no pyrex®, o aumento e a diminuição da temperatura não irá provocar grandes mudanças nas dimensões e, conseqüentemente, não irá trincar.

Temperatura de fusão dos materiais - Por que as panelas são de metais ou de cerâmicas e não de polímeros?

Vamos te dar um exemplo prático para que você possa perceber a relação entre o tipo de ligação química e a temperatura de fusão. Se colocado sobre a chama do fogão, em poucos segundos, um copo plástico derrete completamente, já uma lâmina de uma faca de metal não funde, só aquece e pode sofrer alterações em sua coloração. Já nos fornos e churrasqueiras, são utilizados tijolos feitos a base de cerâmicas que aguentam

temperaturas muito mais altas do que a da chama de um fogão.

Em relação ao exemplo anterior, os polímeros são feitos de ligações secundárias e covalentes. Logo, a energia térmica presente na chama do fogão é suficiente para quebrar as ligações secundárias e, conseqüentemente, fazer o material derreter. Já os metais são feitos de ligações metálicas e, assim, a chama do fogão não funde o material porque não fornece energia suficiente, ou seja, capaz de romper a energia deste tipo de ligações químicas. As cerâmicas são formadas por ligações iônicas e/ou covalentes, que são muito fortes e, por isso, necessitam de muita energia para quebrá-las, por isso, podemos usá-las para ser um produto que será utilizado em altíssimas temperaturas.

Dessa maneira, durante um processo de fusão de um metal, a panela não derrete, pois geralmente essa é feita de materiais cerâmicos e a maioria das cerâmicas possuem um alto ponto de fusão. As argilas, por exemplo, possuem ponto de fusão maior que 1.500°C.

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & amp; Sons, Inc., 2016.



VIDA ÚTIL DOS MATERIAIS



FONTE: YOUYUBE (VOCÊ JOGA FORA? OLHA ISSO!) | Paulo Bianchi

Por que uma cadeira de plástico esquecida por muito tempo no quintal muda de cor e quebra com facilidade quando sentamos nela?

Uma cadeira esquecida por muito tempo no quintal exposta ao sol sofre alterações em sua cor e fica frágil, pois a radiação da luz solar fornece energia suficiente para romper as ligações secundárias que existem nas estruturas dos polímeros. O rompimento dessas ligações ocasiona a perda da integridade estrutural do material. Se você analisar, muitos polímeros quando expostos a determinadas condições vão perdendo, gradativamente, as suas características.

A degradação dos polímeros pode ocorrer por diversos

agentes, esses podem ser físicos (radiação solar, atrito mecânico, entre outros), químicos (ácidos, solventes e poluentes térmicos) ou biológicos (fungos e bactérias). Assim, de acordo com os causadores da degradação, os polímeros podem sofrer alterações, tanto superficial, quanto na sua estrutura. No exemplo mencionado inicialmente, a alteração superficial é visualmente caracterizada pela mudança na cor da cadeira. Quando a cadeira quebra houve, então, uma alteração na sua estrutura e, conseqüentemente, suas propriedades foram comprometidas.

Por outro lado, nem todo desgaste é maléfico. Nós consumimos muitos plásticos no dia a dia e, muitas vezes, esses não são descartados de forma correta ou não vão para a reciclagem. Devido a isso, como os polímeros permanecem no planeta por bastante tempo, estão sendo desenvolvidos os **polímeros biodegradáveis**, que são nada mais que materiais poliméricos que conseguem ser degradados com mais facilidade por meio de ações biológicas.

Sendo assim, fungos, bactérias e outros organismos conseguem digeri-los, transformando-o em compostos benéficos à natureza, como um adubo para as plantas. Além deste material, temos também o **biopolímero**. Não confunda esses dois, pois este último é um material proveniente de fontes renováveis, como o milho, por exemplo. Existem tanto biopolímeros que não se degradam facilmente, como biopolímeros biodegradáveis.

Socorro! Os parafusos da minha bicicleta estão enferrujando, por quê?

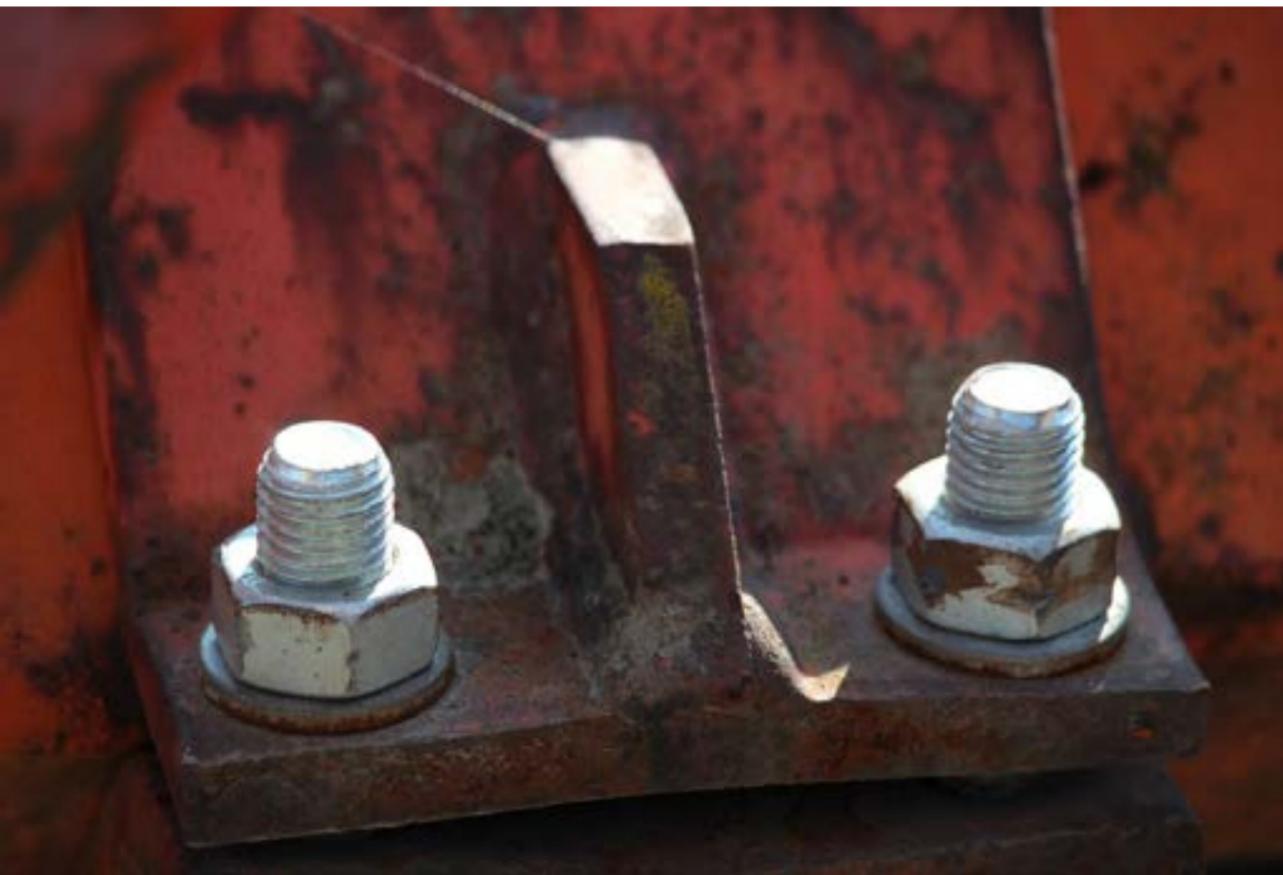


Imagem de Florin Birtovescu por Pixabay

Você já deve ter notado a presença de ferrugem, um certo desgaste em determinados materiais na sua vida, como um parafuso em uma bicicleta. Você sabe como se chama esse fenômeno e qual o motivo disso acontecer?

Provavelmente essa situação aconteceu porque esse parafuso entrou em contato com água. Desta forma, os elétrons dos átomos de ferro que estão na superfície da peça da superfície que compõe o parafuso reagiram com os átomos de oxigênio presentes na atmosfera ou nas moléculas de água e, assim, formaram o óxido de ferro. Esse óxido possui a coloração avermelhada, como vemos no parafuso quando está enferrujado, por exemplo.

Esse fenômeno é denominado corrosão, ele pode ser considerado um processo químico que ocorre de maneira espontânea, em consequência de ter sido exposto a uma situação. A danificação do material pode ser parcial ou total, ocasionando uma diminuição da sua vida útil.

Para entendermos os tipos de corrosão, é necessário ter em mente dois conceitos básicos em reações de oxirredução: agente redutor e agente oxidante. O agente redutor é aquele que perde elétrons, ou seja, sofre oxidação. Já o agente oxidante é aquele que sofre redução ao receber esses elétrons. No exemplo acima, o ferro é o agente redutor e sofreu oxidação. Já o oxigênio é o agente oxidante e sofreu redução.

A corrosão pode acometer diversos metais e pode ter diversos comportamentos, dependendo de como a mesma aconteceu. Ela pode atingir o material de diversas maneiras, seja ela em toda a superfície ou somente em determinadas regiões. Soldas, dobras ou cantos vivos são locais mais susceptíveis à corrosão. Além disso, o resultado da corrosão pode ter diversos formatos e tamanhos, como por exemplo, temos a **corrosão por pites**, na qual o metal fica com sua superfície cheia de buraquinhos de pequenos diâmetros e grandes profundidades.

Os materiais metálicos, em geral, têm afinidade e querem reagir com oxigênio que está na atmosfera, alguns mais que outros. Um anel de ouro é muito mais resistente à corrosão do que um feito de latão.

O meio em qual o material está instalado tem grande influência no processo de corrosão, pode tanto acelerá-lo ou retardá-lo. Os moradores que vivem próximo ao litoral brasileiro sofrem muito com a corrosão pois, devido aos sais presentes na água do mar, a corrosão se torna acelerada e muitos objetos metálicos (carcaça da geladeira, grades das janelas) tendem a ter sua vida útil diminuída nesses locais.

Os materiais cerâmicos, em temperatura e condições ambiente, são estáveis quimicamente e não querem reagir com outros elementos, por isso, quase não sofrem corrosão. Mas, se expostos a altas temperaturas ou ambientes com presença de substâncias ácidas ou básicas, os mesmos já são mais susceptíveis às reações de oxi-redução. Temos como exemplo da resistência à corrosão das cerâmicas, as construções antigas, como o Coliseu e as pirâmides do Egito. Porém, um refratário usado em forno de fusão de vidro, submetidos a altas temperatura e óxidos reativos, ao longo do tempo vai precisar ser reparado, dessa forma a corrosão irá surgir.

Para impedir que esse fenômeno aconteça, deve-se procurar métodos específicos para cada tipo de material, como o uso de produtos neutros para a limpeza, manter os equipamentos cobertos, evitar o contato com a água e, a depender do caso, revesti-los com tintas ou outros materiais que servem como uma barreira protetora para as reações químicas.

FALHA DOS MATERIAIS

Geralmente, não queremos que ocorram falhas nos materiais. Imagine que a tela do seu celular trincasse, chato, não é mesmo? Esses eventos tanto geram danos econômicos, mas também podem colocar a vida de pessoas em risco. Como por exemplo, tivemos o rompimento das barragens de Mariana (MG) em 2015 e Brumadinho (MG) em 2019. Essas tragédias aconteceram pelo fato de que a barragem já não suportava o peso dos rejeitos das minerações e, por isso, romperam. Em outros momentos, você quis abrir uma embalagem de chocolate e percebeu que é mais fácil rasgá-la na extremidade do que no meio. Todos esses fenômenos e mais outros são estudados porque afetam a vida útil dos materiais.

Tragédia com barragem em Brumadinho (2019).



FONTE: SK INDUSTRIAL LTDA

Para que se evitem acidentes e problemas relacionados aos materiais, sempre que algum produto ou peça é lançado no mercado, ele precisa passar por inúmeros testes e avaliações antes de chegar nas prateleiras. Isso é conhecido na engenharia como **Ensaio Mecânico dos Materiais**. São atividades importantes para verificar as características mecânicas

dos materiais e o se o mesmo conseguirá suportar os esforços aos quais será submetido quando estiver sendo utilizado em sua aplicação final. Conforme já fora mencionado em capítulos anteriores os ensaios mecânicos consistem em técnicas padronizadas que podem ser realizadas/executadas em laboratórios ou dentro de indústrias.

São os resultados dos ensaios mecânicos que os materiais são definidos, por exemplo, como dúcteis ou frágeis. Veja bem, perceber que um material está se deformando é um bom aviso de que provavelmente ele vai falhar. Assim, em materiais frágeis, é muito difícil saber isso, já que não existe nenhum indicativo antecedente.

Além disso, existem fatores que devem ser controlados para reduzir os riscos de ruptura do material. A definição de materiais apropriados com geometrias adequadas (reduzindo os pontos que concentram forças e dando um bom acabamento na superfície) e avaliar os lugares nos quais estão inseridos são medidas importantes para prolongar a vida de peças e produtos.

Dependendo das condições experimentadas, o produto poderá falhar de 3 maneiras distintas: por fratura, fadiga ou fluência.

A fratura acontece quando um objeto se quebra após colocar uma força maior do que ele pode suportar em temperatura ambiente. Por isso, é importante saber qual o máximo valor de tensão que os materiais suportam sem se romper e também tentar deduzir como será sua possível fratura.

A falha por fadiga acontece quando os materiais estão submetidos às forças que mudam frequentemente de intensidade. Imagine uma ponte onde passam automóveis de diferentes formatos e tipos. Os pesos dos veículos são considerados forças que oscilam e que a ponte está constante-



FONTE: LIFT RIGHT CONCRETE

mente a suportar.

A fadiga se dá pela presença de trincas no material. São trincas minúsculas, na maioria das vezes invisíveis ao olho nu quando em seus estágios iniciais, que são geradas e conseguem se propagar até que a ruptura enfim ocorra. Existem fatores que podem influenciar a falha por fadiga, desde a presença de uma parte oxidada ou deteriorada, até uma superfície mal acabada que concentra muita tensão.

A fadiga é uma falha indesejável pois, **independente do material ser dúctil ou frágil**, ele se romperá de maneira repentina sem ocorrer uma deformação prévia. O ensaio mecânico de fadiga tem o objetivo de aferir a resistência de um material a este tipo de falha. Nesse ensaio, a peça é colocada em uma máquina que puxa e comprime o material ou submete-o a uma combinação, simultânea, de solicitações de flexão e rotação até a ocorrência da ruptura..

Por último, a fluência é uma falha formada pela junção de dois fatores: altas temperaturas e uma **força menor que o limite de resistência característico do material**. Assim como as outras, é um fratura indesejável e acomete a todos os materiais. Para peças que sofrem esse fenômeno, estas podem apresentar deformações permanentes muito intensas. A técnica utilizada para identificar esse tipo de evento é o **ensaio mecânico de fluência**. Neste ensaio, o material é colocado em uma máquina que irá puxá-lo, com a presença de um forno, que fará a peça experimentar forças trativas e altas temperaturas simultaneamente até que finalmente ocorra a ruptura por fluência.

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & amp; Sons, Inc., 2016.

GENTIL, V. Corrosão. 6ª ed. rev. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017



A SOCIEDADE E OS MATERIAIS: PENSANDO NA SUA REUTILIZA- ÇÃO E RECICLA- GEM

INTRODUÇÃO

A Terra oferece tudo que precisamos para viver, entre eles estão as matérias-primas que utilizamos para produzir os materiais. Essas matérias-primas são naturais, algumas conseguem se renovar rapidamente e são chamadas de **fontes renováveis**, como a madeira. Outras demoram milhares de anos para se formar, como o petróleo e os minérios, são as **fontes não-renováveis**. Dessa forma, pensando na manutenção dos recursos na Terra, é preciso adotar medidas para que tenhamos insumos hoje e para as próximas gerações.

Milhares de plásticos, vidros e metais são jogados fora todos os dias e não possuem um destino correto após o fim do seu ciclo de vida. Pensem bem: onde estão todas as embalagens plásticas que você usou e descartou? Muitos destes plásticos ainda não “sumiram” da Terra por total, pois para eles se degradarem por completo, é preciso uma média de centenas de anos.

As empresas e a sociedade precisam ter responsabilidade no descarte dos resíduos sólidos para que os impactos ambientais possam ser reduzidos. Usar medidas sustentáveis como redução do consumo, reutilização e reciclagem de materiais são formas de se preocupar com o planeta.

Alguns polímeros conseguem ser reciclados ou reutilizados, com eles podemos fazer novos produtos ou dar uma nova aplicação. As sucatas dos metais que sobram do processo de fabricação da peça metálica podem ser fundidas novamente e gerar novos produtos. Para a maioria das cerâmicas (com exceção do vidro que pode ser 100% reciclado), a reciclagem não é viável; mas, podemos reutilizá-las triturando os seus resíduos e posteriormente incorporando em outros produtos para dar novas características. Nesse tópico, iremos abordar algumas atividades, técnicas de reciclagem e reutilização de alguns materiais mais conhecidos.

Reciclagem do vidro

Como já comentado na enciclopédia, o vidro é um material que pode ser reutilizado e reciclado. As garrafas de refrigerante, por exemplo, quando em estado perfeito, voltam para a indústria, passam por um processo de limpeza e são usadas novamente.

Esse processo é bom para as empresas e também para o meio ambiente, visto que não há necessidade de produzir novas garrafas, assim reduzindo custos.

Quando as garrafas estão quebradas, podemos reciclar esse material. Nesse caso, os vidros passam pelas seguintes etapas: são separados de acordo com a sua composição e cor, lavados para retirar impurezas (seja o rótulo, sujeira ou outros materiais que possam estar juntos) e depois são triturados e moídos, tornando-se matéria-prima. Assim, podemos citar alguns benefícios da reciclagem:

- Redução de etapas do processo de produção do vidro;
- Menor gasto energético para o processo de fundição;
- Redução na liberação do dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera.

Reciclagem do alumínio

O alumínio é um dos materiais mais utilizados para a produção de produtos metálicos. Entretanto, a extração e produção que envolvem várias etapas, como o processo Bayer e a eletrólise, causam grandes impactos ambientais.

Para realizar a extração da rocha bauxita é preciso desmatar a vegetação local e retirar a camada superficial do solo. Por lei, as áreas da jazida devem ser recuperadas. Além disso, as etapas de beneficiamento e o processo Bayer liberam muitos resíduos nocivos que podem poluir o ambiente. O processo de eletrólise demanda muita energia elétrica. Embora, a utilização das águas para formação de energia seja uma fonte re-



Fonte: InfoEscola

novável, essa etapa se torna muito cara para as empresas.

Pensando assim, podemos obter alumínio metálico por outro método: a reciclagem. O alumínio é um metal que podemos reciclar e transformar em outros produtos.

Inicialmente, ele é coletado, passa por etapas de limpeza e separação de impurezas (como outros metais e substâncias indesejáveis). Depois, o alumínio é triturado e transformado em fragmentos menores que partem para o processo de fundição.

A fundição ocorre em um forno a aproximadamente 750°C. Após essa etapa, o alumínio no estado líquido é depositado em uma panela e transportado para uma parte da indústria que irá transformá-lo em chapas. Essa chapas podem ser transformadas em diversos produtos, como por exemplo, em novas latinhas de refrigerante.



Fonte: ABAL (Associação Brasileira do Alumínio)

Reciclagem dos polímeros

Como já comentado em outras partes da enciclopédia, os materiais poliméricos podem ser divididos em 2 **categorias: os termoplásticos e os termofixos**. Os termoplásticos são aqueles que podem ser reciclados.

Dessa forma, como parte inicial da reciclagem desses polímeros, existem vários tipos de termoplásticos e estes precisam ser separados. Não sei se você já percebeu, várias embalagens e produtos poliméricos possuem um símbolo com um número dentro de um triângulo. Esses símbolos mostram de qual polímero é feito aquele produto e assim o consumidor pode separar e descartar a embalagem para facilitar a reciclagem. Assim, separamos eles em sete tipos:



Depois da separação, os polímeros precisam ser lavados para retirar as impurezas. Logo em seguida são triturados em tamanhos bem próximos aos **pellets**. Nesse novo formato, eles podem ser processados pelos diferentes métodos para fabricar novos produtos.

Ainda temos os polímeros não recicláveis, como as esponjas para lavar louça ou polímero Etileno Acetato de Vinila (o EVA, que é usado para fazer tapetes infantis e calçados). Embora não sejam recicláveis, estes podem ser reaproveitados

quando não possuem mais vida útil, embora isso não aconteça com frequência. As universidades fazem estudos de como reutilizar esses materiais. Muitos deles, de forma resumida, passam por etapas de separação, lavagem e trituração. Logo após, são adicionados em outros materiais, formando um compósito, com a função de preencher ou dar propriedades diferentes ao novo produto.

A região do Cariri, localizada no Nordeste brasileiro, é um polo calçadista. O reaproveitamento do EVA vem sendo objeto de estudo. Na Universidade Federal do Cariri - UFCA, ele foi adicionado a outro polímero chamado Époxi e foi analisado como seria seu comportamento, resultando em um compósito que se deforma com mais facilidade do que o epóxi puro.

Os polímeros, que são basicamente matéria orgânica, podem gerar energia quando incinerados. Contudo, a liberação de gases e substâncias nocivas na queima dos produtos poliméricos é problemático ambientalmente e perigoso para a saúde humana. Superar esses problemas é um desafio para a indústria e ciência dos materiais.

Reciclagem dos compósitos

Como os produtos com compósitos são formados com dois ou mais materiais diferentes, fica difícil a sua reciclagem. Pois a forma de separá-los é algo bastante complexo.

Assim como nos materiais poliméricos e nos materiais cerâmicos não recicláveis, a reutilização tem sido uma trajetória aplicada. Dessa maneira, eles são lavados, separados, moídos e partem para serem usados com função de preencher ou dar propriedades diferentes ao material, formando um novo compósito. Quando isso não ocorre, grande parte desses materiais são incinerados ou enviados para aterros sanitários.

Referências Bibliográficas Consultadas

CALLISTER, W. D., *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. John Wiley & Sons, Inc., 2016.

SILVA, H. N. da et al. APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE EVA DA INDÚSTRIA DE CALÇADOS COMO AGENTE DE TENACIFICAÇÃO DE POLÍMEROS TERMORRÍGIDOS. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, natal, 2016. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/204-062.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2020.

Plásticos não recicláveis: quais são e o que fazer. Ecycle. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/722-plasticos-nao-reciclaveis> . Acesso em 10 de novembro de 2020.



GLOSSÁRIO

Alumina: óxido de alumínio, principal componente da bauxita.

Amorfo / Materiais amorfos: são os materiais que não possuem átomos ou íons distribuídos de forma ordenada e repetitiva no espaço.

Argila: materiais naturais de textura terrosa, compostos por argilominerais e outros minerais não argilosos. Possuem partículas finas e quando em contato com a água, geram plasticidade.

Aspersão Por Centrifugação: processo utilizado para produção de fibras de vidro por meio do escoamento do material fundido para dentro do cilindro cheio de furos em suas paredes. A medida que o cilindro gira rapidamente, o vidro sai por esses pequenos orifícios em formato de pequenas fibras.

Atomizador: equipamento utilizado para transformação de líquidos em pós de formato esférico.

Barbotina: Mistura de um líquido, normalmente água, e pós cerâmicos que possui fluidez, usada na moldagem de peças cerâmicas de formato complexo.

Bauxita: uma rocha de coloração avermelhada, composta principalmente por óxidos e hidróxidos de alumínio, usada para obtenção de alumina e de alumínio metalúrgico.

Biopolímero: polímero produzido a partir de fontes renováveis, como o milho ou cana-de-açúcar.

Calandragem: processo de conformação que consiste em espremer chapas de um material entre dois ou mais rolos contra-rotantes aquecidos, deixando o material na espessura desejada.

Cavaco: material removido durante o processo de usinagem.

Célula Unitária: unidade básica que representa a estrutura cristalina.

Cerâmicas Avançadas: são materiais cerâmicos

com propriedades exclusivas e especiais; suas matérias-primas são produzidas sinteticamente e passam por um maior controle de pureza em sua composição.

Cerâmicas Tradicionais: são materiais cerâmicos cujas as matérias-primas são obtidas na natureza.

Ciência Dos Materiais: ramo da ciência que estuda as relações entre composição e estrutura dos materiais com as suas propriedades.

Compósito: material feito pela união de dois ou mais materiais distintos - cerâmicas, polímeros ou metais - com o objetivo de se obter um produto com melhores propriedades.

Conformação: processo mecânico utilizado para dar forma aos materiais. São técnicas que geram o formato desejado para o produto.

Conformação Líquida (Cerâmicas): processo utilizado em materiais cerâmicos para fabricação de peças que possuem formas geométricas com complexas, necessitando que a massa esteja na consistência líquida (barbotina) para que percorra todo o interior do molde e adquira essa forma complexa.

Conformação Plástica (Cerâmicas): etapas em que as cerâmicas ganham a forma da peça desejada quando o material possui certa maleabilidade para ser moldado, semelhante a uma massinha de modelar.

Contorno De Grão: fronteiras entre os grãos, ou seja, imperfeições na estrutura que interrompem a uniformidade e influenciam nas características dos materiais.

Crescimento de fases: Os núcleos dos grãos, que são as partículas estáveis da nova fase, aumentam de tamanho. É a etapa posterior a nucleação e, geralmente, é preciso elevar a temperatura do material para que ocorra.

Cura: etapa de endurecimento do polímero pela

formação das ligações químicas.

Deformação Plástica: deformação permanente do material após aplicação de uma força sobre o mesmo.

Destilação Fracionada: processo usado para separar substâncias que apresentam diferentes propriedades físicas, como por exemplo, ponto de ebulição.

Devitrificação: transformação de um vidro no estado amorfo para um estado cristalino por meio do aumento da temperatura. Esse processo pode ser indesejado caso o produto de interesse seja um vidro ou, desejado, no caso das vitrocerâmicas.

Difusão: movimento dos átomos em uma determinada direção consistindo num fluxo da matéria.

Eletrosfera: região mais externa do átomo onde os elétrons se localizam.

Engenheiro De Materiais: profissional responsável pelas etapas de produção dos materiais, bem como a criação de novos produtos.

Enrolamento Filamentar: processo industrial utilizado na fabricação de peças ocas de compósitos reforçados com fibras.

Estrutura Cristalina: quando os átomos ou íons do material estão ordenados em um arranjo tridimensional repetitivo ao longo de grandes distâncias atômicas.

Extrusão: é um processo industrial utilizado na fabricação de materiais, em que o material é forçado a passar por uma abertura de uma máquina com uma geometria desejada que definirá o formato da peça.

Extrusão De Cerâmicas: processo industrial utilizado na fabricação de cerâmicas de forma contínua, no qual o mesmo é forçado através de uma matriz que lhe confere sua forma e dimensões finais.

Extrusão De Filamentos: processo usado para produção de fibras de vidro por meio da deposição do

vidro fundido em um molde que tem pequenos orifícios. As fibras que escoam pelos orifícios são recobertas por vários produtos químicos para lubrificá-las e protegê-las, agrupadas, puxadas e enroladas em uma bobina.

Extrusão dos Polímeros: processo industrial utilizado na fabricação de polímeros de forma contínua, no qual o mesmo é forçado através de uma matriz que lhe confere sua forma e dimensões finais.

Fase Dispersa: material usado em compósitos, envolto pela fase matriz que tem como intuito melhorar suas propriedades.

Fase Matriz: fase em um compósito que encontra-se em maior quantidade no material envolvendo completamente a fase dispersa.

Feldspato: grupo de minerais bastante utilizados em massas cerâmicas. Sua composição química contém silício, alumínio, oxigênio e metais alcalinos e alcalinos terrosos. Normalmente, esses minerais reduzem as temperaturas de fusão dos materiais.

Ferromagnetismo: Magnetizações grandes e permanentes encontradas em alguns metais (como exemplo, Fe, Ni e Co), as quais promovem um alinhamento paralelo de momentos magnéticos vizinhos.

Forjamento: técnica que promove a deformação plástica de uma peça metálica por meio de aquecimento e aplicação de força.

Fundição: é o processo de aquecer uma liga metálica até que ela se torne líquida. Após, o metal líquido é derramado em um molde, que irá resfriar e se solidificar, tomando o formato do molde.

Indústrias Siderúrgicas: são as indústrias que tem por objetivo a fabricação e o tratamento de aços e ferros fundidos.

Indústrias Siderúrgicas Integradas: indústria siderúrgica que produz o aço por meio do minério de

ferro.

Indústrias Siderúrgicas Semi-integradas: indústria que produz o aço por meio da reciclagem das sucatas.

Injeção: processo industrial utilizado na fabricação de polímeros que consiste em injetar a matéria-prima polimérica dentro de um molde com o formato desejado. Dentro do molde, ocorre a formação e solidificação da peça.

Laminação: etapa de conformação mecânica em que uma barra, chapa ou tarugo metálica passa entre dois cilindros para reduzir a espessura da peça.

Ligações Cruzadas: são ligações químicas do tipo primárias fortes entre as cadeias poliméricas.

Ligações Primárias: são ligações químicas fortes entre os átomos. Podem acontecer a partir do compartilhamento, doação ou criação de nuvens de elétrons e são divididas em iônicas, covalentes e metálicas.

Ligações Secundárias: são ligações químicas mais fracas entre os átomos ou moléculas. Elas ocorrem quando uma parte positiva da molécula ou do átomo se une com parte negativa de outra. Exemplos dessas forças são Dipolo-Dipolo, Ligações de Hidrogênio e Dipolo Induzido.

Ligas Metálicas: material formado pela mistura de dois ou mais metais diferentes. Por exemplo, o bronze, uma liga formada com cobre e estanho.

Macromolécula: são moléculas muito grandes que apresentam alto peso molecular.

Metalurgia Do Pó: processo que se baseia na prensagem de metais na forma de pó em uma máquina que contém o formato desejado da peça, para posteriormente ser queimado (sinterização).

Monocristal: é um material que possui uma estrutura com arranjo organizado, repetido de átomos,

percorrendo toda a sua extensão sem ser interrompida.

Monômeros: pequenas moléculas que formam os polímeros.

Nafta: produto obtido a partir da destilação fracionada do petróleo que é utilizada para a produção dos monômeros que formam os polímeros.

Negro De Fumo: material produzido pela combustão incompleta de alguns derivados de petróleo, como o metano, usado para a vulcanização da borracha.

Nucleação: etapa inicial quando ocorre uma mudança de fase, no qual pequenas partículas estáveis (núcleos) da nova fase começam a aparecer.

Núcleo: o núcleo é uma pequena e central parte dentro do átomo, composto por partículas de prótons (carga total positiva) e nêutrons (carga nula).

Poliadição: é um tipo de polimerização que acontece a partir de monômeros que possuem ligação química dupla ou tripla. Essas ligações se rompem, criando sítios ativos onde um monômero pode se ligar a outro formando uma cadeia polimérica linear.

Policondensação: é um tipo de polimerização que geralmente envolve mais de um tipo de monômero. Os monômeros reagem entre si, liberando pequenas moléculas, tal como água.

Policristal: é um material cristalino formado por mais de um cristal ou grão.

Polimerização: reações químicas que acontecem para formar os polímeros, nas quais os monômeros reagem entre si, formando uma macromolécula.

Polímero: macromolécula constituída de várias unidades que se repetem, unidas por ligações covalentes. A palavra polímero vem do grego, em que “poli” vem de muitas e “mero” vem de partes.

Pontes de Hidrogênio: é um tipo de ligação secundária, sendo a mais forte entre elas. Ocorrem em

moléculas que possuem hidrogênio; este elemento atrai elementos com carga elétrica negativo de outras moléculas, como o flúor, oxigênio ou nitrogênio.

Porcelanato: placas cerâmicas para revestimentos (piso) de baixíssima porosidade.

Prensagem: processo de conformação no qual um pó é comprimido em um molde para que seja adquirida determinada forma.

Processo Bayer: processo industrial utilizado para produção de alumina a partir da bauxita.

Pultrusão: processo de fabricação de compósitos de comprimento contínuo e seção transversal constante. Consiste em puxar fibras, impregna-las com resina e forçar o material compósito passar pela abertura de uma máquina com o formato da seção transversal. Dentro da máquina, ocorre a cura da resina.

Quartzo: é um mineral abundante na terra, cuja a fórmula química é SiO_2 (dióxido de silício).

Queima: processo no qual o material é submetido a altas temperaturas para que ocorra a adesão das partículas.

Regra do octeto: regra na qual os átomos buscam por oito elétrons na camada de valência para que assim possam atingir estabilidade.

Revenimento: tratamento térmico aplicado em materiais metálicos após a têmpera, que que permite corrigir a tenacidade e a dureza.

Rotomoldagem: processo industrial utilizado na fabricação de polímeros em formato de peças ocas e leves pela rotação de um molde.

Secagem: processo no qual a peça é submetida para evaporação de água que não faz parte da composição química de suas matérias-primas por meio do aumento de temperatura.

Semicondutor: material não metálico que possui

características elétricas intermediárias entre os condutores e os isolantes.

Sinterização: processo no qual a peça verde é aquecida com o intuito de fomentar a adesão dos pós.

Soldagem: processo no qual duas peças metálicas são unidas para a formação de uma única peça, podendo ser da mesma liga ou não.

Solidificação: processo espontâneo no qual acontece uma mudança do estado líquido para o estado sólido quando as condições são favoráveis.

Sopro: processo utilizado para a produção de objetos ocos no qual o ar é soprado para expandir uma pré-forma aquecida contra as paredes de um molde.

Têmpera: tratamento térmico que consiste no resfriamento abrupto dos materiais, gerando tensões dentro de sua estrutura que os fazem ficar mais duros.

Termofixo: polímero que depois de ter endurecido por uma reação química, não amolece e nem derrete após aquecimento posterior.

Termoformagem: processo industrial utilizado na fabricação de polímeros em chapas com o auxílio de pressão e temperatura.

Termoplástico: polímero que quando submetido ao aumento de temperatura amolece, podendo ser novamente conformado ou moldado e, quando resfriado, endurece.

Tratamentos Térmicos: técnicas de modificação da estrutura cristalina do material por meio de aquecimento e resfriamento, com o intuito de melhorar suas propriedades.

Trefilação: processo que reduz a largura e aumenta o comprimento dos materiais metálicos através da tração. Esse método é usado para produzir peças com formas mais simples, como no caso dos fios elétricos.

Triaxial Cerâmico: apelido utilizado para citar 3

matérias-primas bastante utilizadas em materiais cerâmicos: quartzo, argila e feldspato.

Usinagem: conformação de peças pela ação de uma máquina ou ferramenta. Compreende as ações de serrar, aplainar, torneiar, furar, entre outras.

Vidros Inorgânicos: material cerâmico que não possui estrutura cristalina. É fabricado pela fusão de matérias-primas, conformação e resfriamento rápido.

Vitrocerâmicas: são materiais cristalinos que originalmente eram vítreos e passaram por tratamentos térmicos. Assim, com o aumento de sua temperatura, os íons que compõem este material se movimentam e formam um arranjo organizado, deixando de ser vidro amorfo e virando uma cerâmica sólida parcialmente cristalina.

Vulcanização: processo irreversível feito na borracha para aumentar sua resistência e elasticidade. A adição de enxofre e outros componentes à borracha promovem que as cadeias poliméricas formem ligações cruzadas entre si.