



LOM3013 – CIÊNCIA DOS MATERIAIS

Prof. Dr. Durval Rodrigues Junior

***Departamento de Engenharia de Materiais (DEMAR)
Escola de Engenharia de Lorena (EEL)
Universidade de São Paulo (USP)
Polo Urbo-Industrial, Gleba AI-6 - Lorena, SP 12600-970
durval@demar.eel.usp.br***

Escola de Engenharia de Lorena
Materiais
Disciplina: LOM3013 - Ciência dos Materiais

Créditos Aula:	4
Créditos Trabalho:	0
Carga Horária Total:	60 h
Tipo:	Semestral
Ativação:	01/01/2012

Objetivos

Apresentação dos fundamentos da Ciência dos Materiais visando a introdução ao estudo das características e das propriedades dos materiais, bem como fornecer subsídios para o estudo das demais disciplinas do ciclo profissional.

Docente(s) Responsável(eis)

6495737 - Durval Rodrigues Junior
 5983729 - Fernando Vernilli Júnior
 984972 - Hugo Ricardo Zschommler Sandim

Programa Resumido

Ligação atômica. Estrutura cristalina. Defeitos em cristais e estruturas não-cristalinas. Difusão atômica. Diagrama de Fases. Relação microestrutura-propriedade.

Programa

1. Ligação atômica: Estrutura atômica; ligação iônica; número de coordenação; ligação covalente; ligação metálica; ligação de van der Waals.
2. Estrutura cristalina: os sete sistemas e as quatorze redes de Bravais; estruturas de metais, cerâmicas e polímeros; estruturas de semicondutores; direções e planos atômicos; Lei de Bragg e difração de raios X.
3. Defeitos em cristais e estruturas não-cristalinas: a solução sólida; defeitos de ponto; defeitos lineares (discordâncias); defeitos planares; sólidos não-cristalinos; quase-cristais; cristais líquidos; microscopia.
4. Difusão: processos termicamente ativados; produção térmica de defeitos de ponto; difusão no estado sólido; difusão em estado estacionário; caminhos de difusão alternativos.
5. Diagrama de Fases: conceito de fases, a regra das fases; o diagrama de fases: transformações eutética; eutetóide e peritética; a regra da alavanca; desenvolvimento microestrutural durante resfriamento lento.
6. Relação microestrutura-propriedade: exemplos práticos aplicados às propriedades mecânicas e elétricas.

Avaliação
Método

Aplicação de duas provas escritas

Critério

A Nota final (NF) será calculada da seguinte maneira: $NF = (P1 + P2)/2$

Norma de Recuperação

A recuperação será feita por meio de uma prova escrita (PR) e a média de recuperação (MR) calculada pela fórmula: $MR = (NF + PR)/2$

Bibliografia

1. Allen, S.M., Thomas, E.L., The Structure of Materials, MIT-Wiley, 1998.
2. Ashby, M.F., Jones, D.R.H., Engenharia de Materiais, Elsevier Editora, 2007.
3. Ashby, M.F., Shercliff, H., Cebon, D., Materials: Engineering, Science, Processing and Design, Butterworth-Heinemann, 2010.
4. Askeland, D.R., Phule, P.P., Ciência e Engenharia dos Materiais, CENGAGE, São Paulo, 2008.
5. Brandon, D.D., Kaplan, W.D., Microstructural Characterization of Materials, 1st. ed., Wiley, 1999.
6. Brick, R.M., Pense, A.W., Gordon, R.B., Structure and Properties of Engineering Materials, McGraw-Hill, 1977.
7. Callister, W.D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução, 5ª ed., LTC Editora, 2002.
8. Guy, A.G., A Ciência dos Materiais, LTC Editora, 1982.
9. Padilha, A.F., Materiais para Engenharia: Microestrutura e Propriedades, Hemus Editora, 1997.
10. Padilha, A.F., Técnicas de Análise Microestrutural, Ed. Hemus, 1985.
11. Reed-Hill, R.E., Princípios de Metalurgia Física, Guanabara Dois, 1982.
12. Shackelford, J.F., Ciência dos Materiais, 6a. ed., Pearson Education do Brasil, 2008.
13. Smith, W., Hashemi, J., Foundations of Materials Science and Engineering, 5th. ed., McGraw-Hill, 2009.
14. VanVlack, L.H., Princípios de Ciência e Tecnologia de Materiais, 4ª ed., Campus, 1984.
15. Wulff, J., The Structure and Properties of Materials, John Wiley, 1966.

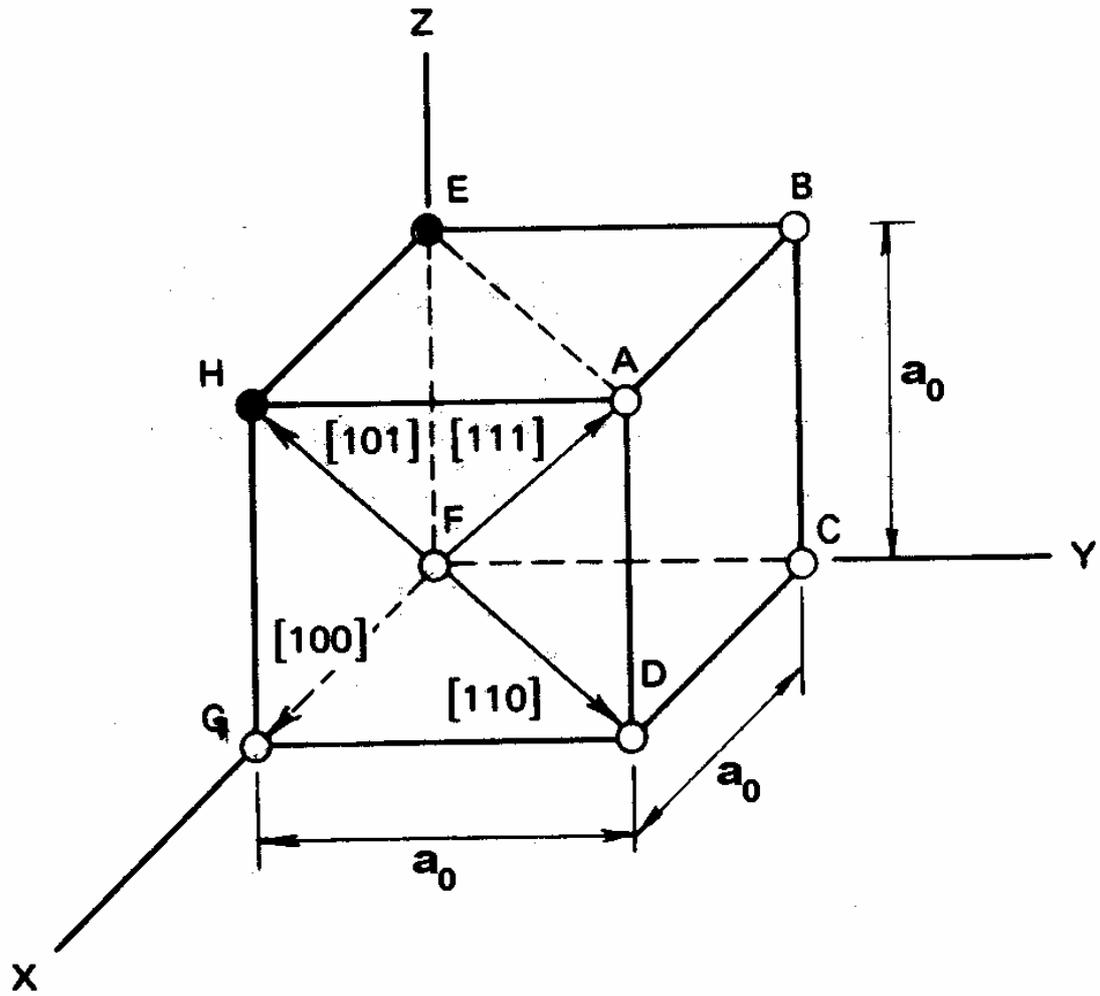


Fig. Representação esquemática do sistema de eixos perpendiculares que permitem especificar os planos e as direções cristalográficas.

0) INTRODUÇÃO

0.1. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DA “ESTRUTURA DOS MATERIAIS”

Sob o ponto de vista prático, as propriedades que têm maior importância na engenharia são as mecânicas, ou seja, aquelas relacionadas com a resistência que os metais oferecem quando sujeitos a esforços de natureza mecânica, como tração, compressão, torção, choque, cargas cíclicas etc., porque, com base na sua determinação e conhecimento, são projetadas, calculadas e executadas as estruturas metálicas, fixas ou móveis e todos os componentes metálicos utilizados na indústria.

De grande importância é, igualmente, o estudo de certas características físicas e químicas dos materiais, cujo conhecimento pode ser de grande utilidade para sua seleção e utilização. Essas propriedades são, em sua maioria, uma característica do cristal perfeito, ao passo que as propriedades mecânicas dependem geralmente das imperfeições que ocorrem nos metais e nos materiais em geral.

Em outras palavras: enquanto as propriedades mecânicas se relacionam com uma amostra particular do material, sendo somente idênticas em várias amostras do mesmo material quando as condições de fabricação e tratamento forem perfeitamente idênticas, as características gerais, físicas, químicas etc., se relacionam diretamente com o material, ou seja, são essencialmente idênticas em diferentes amostras do material.

As propriedades mecânicas são "sensíveis", na sua maioria, à estrutura do material. As características gerais são "não-sensíveis" à estrutura. A Tabela I apresenta uma análise da influência da estrutura dos materiais em algumas propriedades.

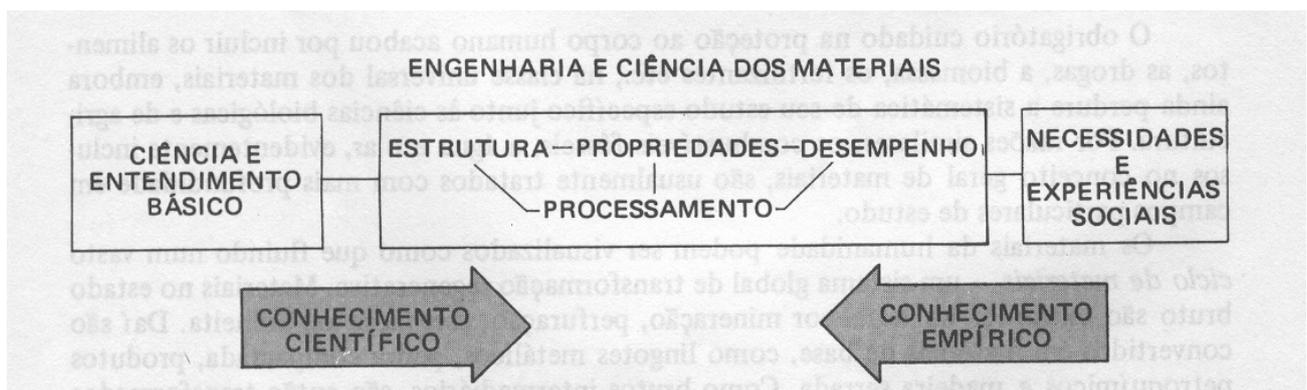


Fig. 1. Uma representação esquemática da Engenharia e Ciência dos Materiais com respeito aos fluxos de conhecimento científico e de conhecimento empírico [Van Vlack].

TABELA I - PROPRIEDADES SENSÍVEIS E NÃO-SENSÍVEIS À ESTRUTURA

<i>PROPRIEDADES</i>	<i>NÃO SENSÍVEIS À ESTRUTURA</i>	<i>SENSÍVEIS À ESTRUTURA</i>
	Densidade	
Mecânicas	Módulo de elasticidade	Resistência mecânica Plasticidade
Térmicas	Dilatação térmica (a alta temperatura) Ponto de Fusão Calor específico Calor de fusão	Condutividade térmica (especialmente a baixas temperaturas)
Elétricas	Resistividade (a alta temperatura) Potencial eletro-químico	Resistividade (a baixa temperatura), em semicondutores e metais
Magnéticas	Propriedades paramagnéticas e diamagnéticas	Propriedades ferromagnéticas
Supercondutoras	Temperatura de transição	Capacidade condutora de corrente

Tecnologia Mecânica, Chiaverini, Unicamp

Estrutura interna e propriedades [Van Vlack]

Já que é, obviamente, impossível para o engenheiro ou cientista ter um conhecimento detalhado dos vários milhares de materiais atualmente disponíveis, tanto quanto manter-se completamente informado de novos desenvolvimentos, ele deve, pelo menos, dispor de uma base firme sobre os princípios que regem as propriedades de todos os materiais. O princípio de maior valor para os engenheiros e cientistas é as propriedades de um material originarem-se na sua estrutura interna. Isto é análogo a dizer que o funcionamento de um televisor ou outro equipamento eletrônico depende dos componentes, esquemas e circuitos dentro desse produto. Qualquer um pode girar botões, mas os técnicos em eletrônica devem entender dos circuitos internos se desejarem consertar um televisor eficientemente; e o engenheiro eletricista, tal qual o físico, precisa conhecer as características de cada elemento do circuito se estiver envolvido com o projeto ou com a melhoria de desempenho do produto final.

As estruturas internas dos materiais envolvem não apenas os átomos, como também o modo como estes se associam com seus vizinhos, em cristais, moléculas e microestruturas. No presente curso dedicaremos maior atenção a esses arranjos.

Processamento e propriedades [Van Vlack]

Os materiais necessitam ser processados para atingir as especificações que o engenheiro requer para o produto projetado. As etapas de um processamento mais comum simplesmente mudam a forma da matéria, usinando ou forjando. Claro que as propriedades são importantes para um processamento adequado. Materiais extremamente endurecidos destroem imediatamente o gume de uma ferramenta cortante, enquanto que materiais macios como o chumbo podem "empenar" lâminas de serra, discos abrasivos e outras ferramentas. Da mesma forma materiais muito resistentes não se habilitam a deformações plásticas, principalmente se também forem não-dúcteis, isto é, frágeis. Por exemplo, seria proibitivamente caro produzir chapa metálica para a maioria dos pára-choques de carro com alguma coisa que não fosse o mais macio dos aços.

O processamento usualmente envolve mais do que uma simples mudança de forma por usinagem ou deformação plástica. Não raro, o processo de fabricação muda as propriedades de um material. Por exemplo, um fio elétrico é fortalecido por endurecimento se for trefilado. Normalmente este endurecimento não é desejado em um fio de cobre a ser usado como condutor elétrico; de modo oposto, o engenheiro depende desse fortalecimento durante o processamento de um arame de aço a ser usado como recheio de correias e pneus radiais. Quer desejadas ou não, as modificações das propriedades devem ser esperadas sempre que o processo de fabricação alterar a estrutura interna do material. A estrutura interna de um material é alterada quando é deformada; por esta razão, suas propriedades também se alteram.

O processamento térmico também pode afetar a estrutura interna de uma material. Tal processamento inclui recozimento, resfriamento brusco a partir de elevadas temperaturas (*quench*) e uma série de outros tratamentos térmicos. Nosso objetivo será entender a natureza das mudanças de estrutura, a ponto de, como engenheiros, poder especificar de forma apropriada a sequência das etapas de processamento.