



Metais e Ligas (Prof. Rafael)

1 Introdução

- Objetivos da aula:
 - Entender alguns dos elementos que determinam as propriedades dos metais.
 - Entender como é possível que metais com a mesma composição apresentem propriedades diferentes.
- Conceitos importantes:
 - Metal: É difícil conceituar de forma completa e precisa o que é um metal, pois não existe uma única propriedade ou característica que defina este material. As características mais comuns são: boa condutividade térmica e elétrica, som metálico (quando atingido por um objeto duro) e brilho (quando a superfície está limpa e polida). As propriedades do metal puro podem mudar bastante quando ele se combina com outro elemento, para formar uma liga metálica.
 - Liga metálica: Substância cristalina com propriedades metálicas, composta por dois ou mais elementos químicos, onde pelo menos um deles é um metal.

OBS: Neste roteiro, os termos metais e ligas são usados indistintamente.

- Estrutura cristalina: os átomos se organizam em uma configuração espacial regular (célula elementar), que se repete inúmeras vezes, formando uma grade cristalina.
- Tipos de grade cristalina: o tipo da grade depende da configuração da célula elementar. A maior parte dos metais utilizados na Odontologia possui grade cúbica de corpo centrado ou cúbica de face centrada.
- As alterações microestruturais que ocorrem durante a solidificação, encruamento ou tratamento térmico influenciam de forma significativa as propriedades do metal ou liga.
- Microestrutura: conjunto de características observadas em microscópio, após tratamento da superfície (plana e polida) do metal com processos químicos que possibilitam a visualização das diferentes fases.
- Fases metálicas (micro ou macro): região fisicamente homogênea e distinta do metal ou da liga.

2 Solidificação dos metais (passagem do estado líquido para sólido)

- A solidificação começa com a formação de núcleos de cristalização (embriões) no metal líquido.
- Os núcleos de cristalização vão crescendo até encontrar o cristal vizinho, formando os grãos cristalinos.
- Devido à diferença na orientação da grade cristalina entre os núcleos de cristalização adjacentes, quando os grãos se encontram, forma-se uma região com desarranjo atômico. Esta região é denominada de limite granular (ou substância intergranular ou contorno dos grãos).
- É possível encontrar ou produzir artificialmente um material formado por um único cristal (monocristal), desde que consiga controlar bem as condições de resfriamento (como, por exemplo: velocidade de resfriamento bem baixa e ausência de impurezas). Estes materiais tem aplicação em microcircuitos eletrônicos. Em Odontologia, o que encontramos são materiais policristalinos.

3 Imperfeições cristalinas

- Os materiais cristalinos contêm algumas discordâncias (imperfeições na grade cristalina) que são formadas durante a solidificação ou deformação plástica, ou ainda como consequência de tensões geradas com o resfriamento rápido.
- Os limites granulares são exemplos de regiões onde predominam imperfeições na estrutura cristalina.
- A deformação plástica macroscópica corresponde ao movimento das discordâncias em um plano de deslizamento. Assim, a resistência mecânica do material pode ser aumentada por mecanismos que promovam um travamento a estes deslocamentos, como: diminuição do tamanho dos grãos (pois aumenta a proporção de substância intergranular), formação de liga por solução sólida e encruamento (este último está detalhado no item 4). Estes mecanismos promovem, além do aumento da resistência mecânica, aumento do limite de elasticidade (e de proporcionalidade) e diminuição da ductilidade e da resistência à corrosão.
- Solução sólida: a grade cristalina é formada por átomos de metais diferentes. Podem ser de dois tipos:
 - Substitutiva: átomos de tamanhos semelhantes; ocorre substituição de átomos do cristal.
 - intersticial átomos de tamanhos diferentes; átomos do metal menor ocupam espaços (“interstícios”) presentes na grade do átomo maior.
- De modo geral, quanto menor o tamanho dos grãos, maior a resistência mecânica e menor a resistência à corrosão. Tamanho dos grãos pode ser controlado pela velocidade de resfriamento (resfriamento rápido – grãos menores; resfriamento lento- grãos maiores) e pela inclusão de um metal refinador de grãos (com temperatura de fusão muito maior).

4 Metais trabalhados mecanicamente/ Tratamento térmico irreversível

- Quando o metal é submetido a trabalho mecânico a frio (encruamento), ocorre uma deformação do formato do grão (que fica alongado) e um aumento na densidade de discordâncias (defeitos) na grade cristalina, que promove aumento no limite de proporcionalidade, limite de elasticidade e dureza e diminuição da ductilidade e da resistência à corrosão.
- Os efeitos do encruamento podem ser revertidos por um tratamento térmico (recozimento), que consiste em um aquecimento do metal a uma temperatura próxima, mas abaixo do seu ponto de fusão. Pode ser dividido em 3 estágios sucessivos, conforme o aumento do tempo e/ou da temperatura:
 - recuperação (alívio de tensões) - Consiste basicamente em eliminar as tensões residuais do encruamento sem mudar o formato alongado do grão. Os efeitos do encruamento começam a desaparecer, mas de forma muito discreta: observa-se uma pequena diminuição na resistência mecânica e praticamente nenhuma alteração na ductilidade. A resistência à corrosão é melhorada.
 - recristalização - A recristalização ocorre se o metal for aquecido acima da faixa de temperatura de recuperação ou se for aquecido por mais tempo (na faixa de temperatura de recuperação). Consiste em uma mudança significativa da microestrutura: o grão volta a ficar equiaxial (arredondado). Os átomos se organizam em uma configuração de menor energia, sendo que ao final da recristalização a microestrutura, e, conseqüentemente, a ductilidade, são semelhantes às da condição original, antes do encruamento.
 - crescimento granular - Se o aquecimento for ainda mais prolongado, ou se a temperatura for ainda mais alta, o metal passará pela fase de crescimento granular, que consiste na coalescência de grãos do metal, diminuindo a proporção de substância intergranular. Como consequência da diminuição da proporção de limites granulares ocorre aumento da ductilidade e diminuição da resistência mecânica.

5 Tratamento térmico reversível (estudar no livro)

6 Onde saber mais:

- Anusavice, K. Phillips Materiais Dentários. Elsevier, 12a ed, 2013. Capítulo 5 e 17