

# TORNANDO OS METAIS MAIS RESISTENTES

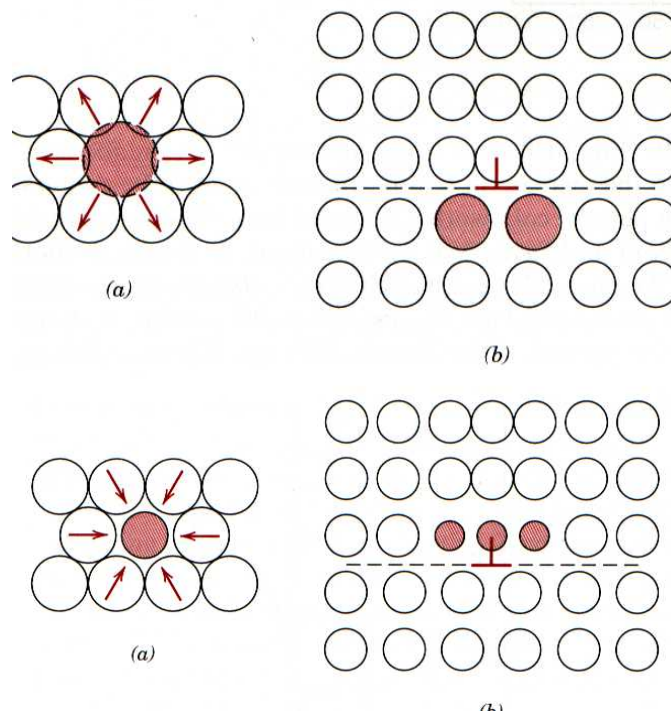
A capacidade de os metais se deformarem plasticamente depende da liberdade de movimento das discordâncias. Se este movimento for reduzido ou inibido, a resistência mecânica desses é aumentada, ou seja, maiores forças mecânicas serão requeridas para iniciar a deformação plástica. Quanto mais livre o movimento das discordâncias maior a facilidade com que um metal se deforma e mais dúctil o é. Pode-se, então, definir a dureza como uma medida da dificuldade de se mover discordâncias.

Alguns mecanismos são identificados por relevância para aumento da resistência dos metais, a saber:

- Solução sólida (*solid solution strenghtening*)
- Deformação a frio (encruamento, *strain hardening*)
- Redução dos tamanhos de grão
- Contornos de grãos
- Precipitados de partículas de uma segunda fase (*precipitation hardening* ou *age hardening*)

## Solução sólida

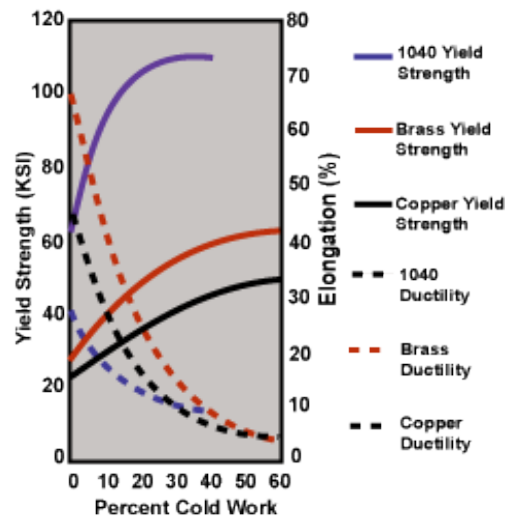
Átomos em solução sólida substitucional ou intersticial provocam campos de tensão ao seu redor que interagem com os campos de tensão de discordâncias em movimento e, portanto, aumentam a tensão necessária para a deformação plástica agindo como uma "âncora". Essa é a razão pela qual as soluções sólidas são sempre mais resistentes que os metais puros constituintes. A eficácia desse mecanismo de aumento da resistência depende da diferença em tamanho entre os átomos do soluto e os átomos da matriz solvente e da concentração de solutos.



## Deformação a frio

A densidade de discordâncias aumenta com a deformação plástica. Quanto maior a quantidade de discordâncias dentro de um metal mais elas irão interagir e se travarem, provocando decréscimo em suas mobilidades.

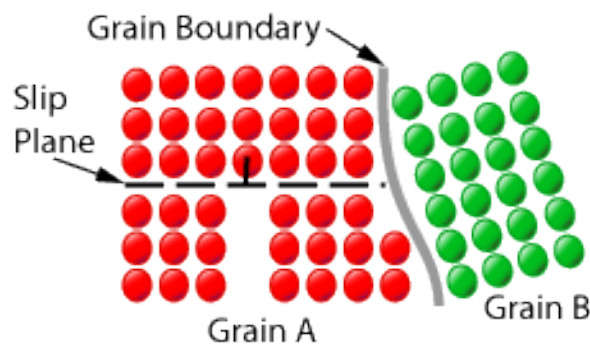
Esse tratamento é conferido a temperaturas bem inferiores à de fusão de modo a evitar que os átomos se reorganizem, daí trabalho a frio (*cold work*), o qual provoca severos prejuízos na ductilidade.



## Contornos de grãos

As fronteiras entre grãos agem com uma barreira ao movimento das discordâncias e aos deslizamentos deste resultantes devido às diferentes orientações entre grãos adjacentes, originando um empilhamento de discordâncias. Os alinhamentos entre grãos são então diferentes e os planos de deslizamento são descontínuos entre os mesmos.

Quanto menores os grãos, menores as distâncias que os átomos podem se mover ao longo de um determinado plano de deslizamento. Desse modo, grãos menores propiciam maior resistência.



Os grãos podem sofrer deslizamento ao longo de seus contornos em regime de fluência (*creep*), à medida que sob temperaturas mais elevadas, a temperatura equicoesiva. Acima dessa temperatura os contornos de grãos são menos resistentes do que o interior dos mesmos e vice-versa.

### Precipitados de partículas de uma segunda fase

A precipitação é um dos mais eficientes métodos para aumento da resistência das ligas metálicas, provocada pela dispersão de obstáculos de uma segunda fase ou compostos intermetálicos ao movimento das discordâncias.

Os fatores que influenciam esse mecanismo são o tamanho e forma das partículas, quantidade e distribuição. Esse mecanismo requer que a segunda fase seja solúvel a elevadas temperaturas mas tenha solubilidade limitada a temperaturas inferiores promovendo assim a precipitação. Esse é o fundamento da produção das ligas de alumínio de alta resistência, o duralumínio.

A figura a seguir ilustra a interação entre discordâncias (*dislocations*) e precipitados, resumindo os fatores envolvidos. À esquerda, uma situação favorável, ao centro a melhor e à direita uma ruim (grande tamanho e elevada dispersão).

Esse assunto é retomado mais detalhadamente na Resenha Técnica O Envelhecimento dos Metais e as Ligas de Alumínio, na qual são abordadas as questões relativas às interações entre discordâncias e os obstáculos precipitados e a dispersão destes.

