

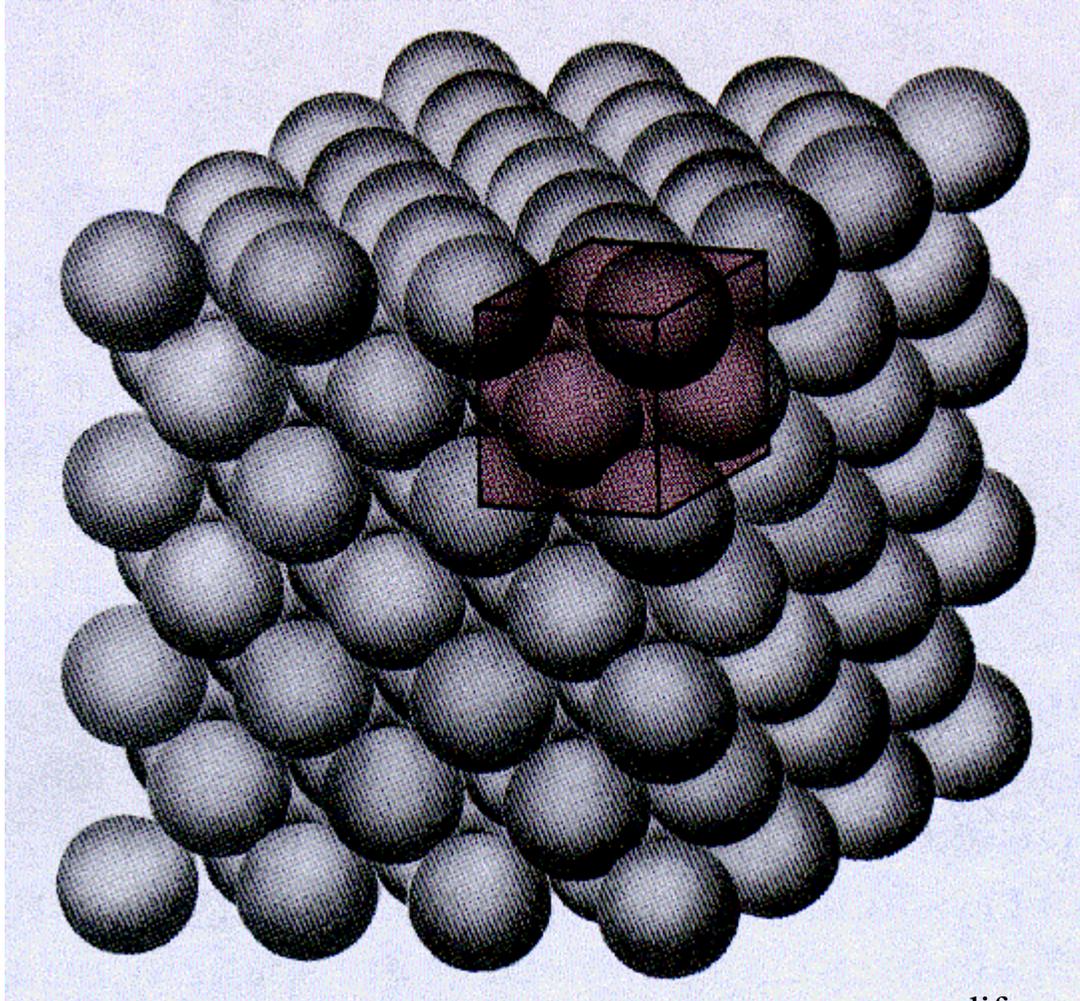
# MATERIAIS METALICOS



Os **materiais metálicos** são compostos principalmente de elementos metálicos e possuem características bem similares como a condutividade elétrica e térmica, a capacidade de deformação entre outras.

Exemplos são: o cobre, o ferro e o alumínio.





formam estrutura cristalina  
(os átomos se  
posicionam a uma  
distância de equilíbrio  
em relação aos  
adjacentes - cada  
material metálico tem  
seu parâmetro de rede)

diferentes tipos de células unitárias  
estrutura cúbica  
estrutura hexagonal  
estrutura tetragonal

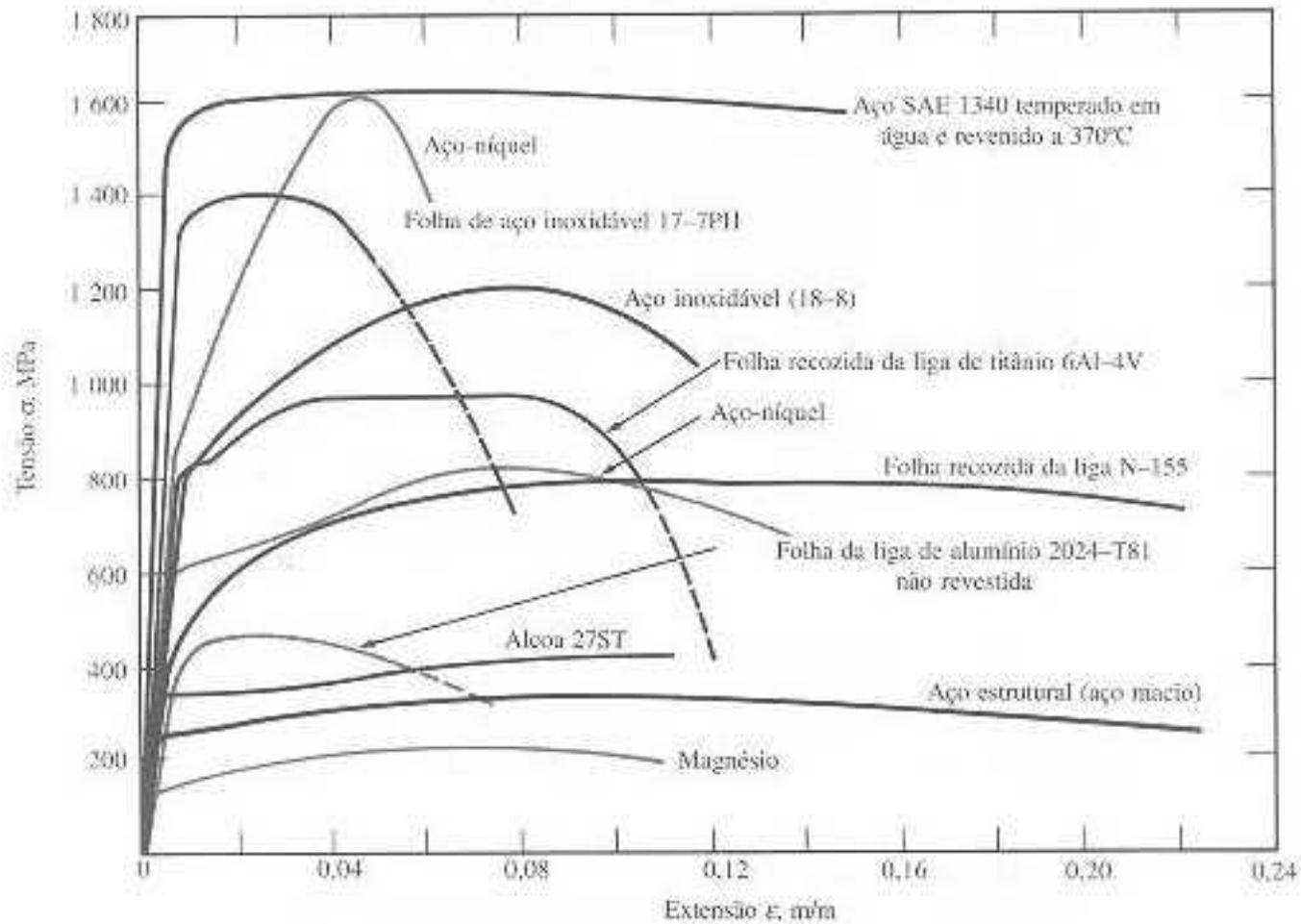


## Deformação plástica

A deformação plástica ou permanente é provocada por tensões que ultrapassam o limite de elasticidade, e é o resultado de um deslocamento permanente dos átomos que constituem o material.

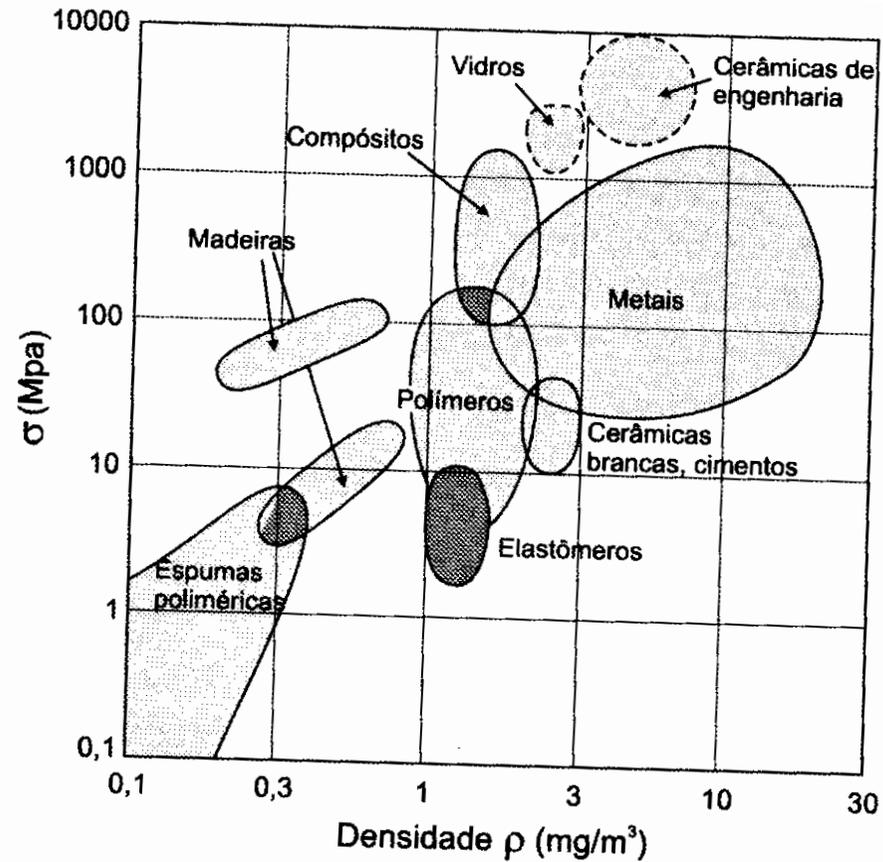
A deformação plástica está intimamente relacionada a importantes processos metalúrgicos, pois plasticidade permite a conformação dos metais no estado sólido, através de operações metalúrgicas como: forjamento, estampagem, extrusão, laminação, etc.





**Curvas  $\sigma \times \varepsilon$  de alguns metais e ligas**





**Figura 2.16** Gráfico de resistência mecânica *versus* densidade para diversos materiais. Adaptado de Ashby, M. F. *Acta Metall.*, v. 37, n. 5, p. 1273, 1985.



# Fratura em materiais metálicos



- O processo de fratura é normalmente súbito e catastrófico, podendo gerar grandes acidentes.



- Envolve duas etapas: formação de trinca e propagação.
- Pode assumir dois modos: dúctil e frágil.

# Fratura

-

## **Fatores que determinam o tipo de fratura**

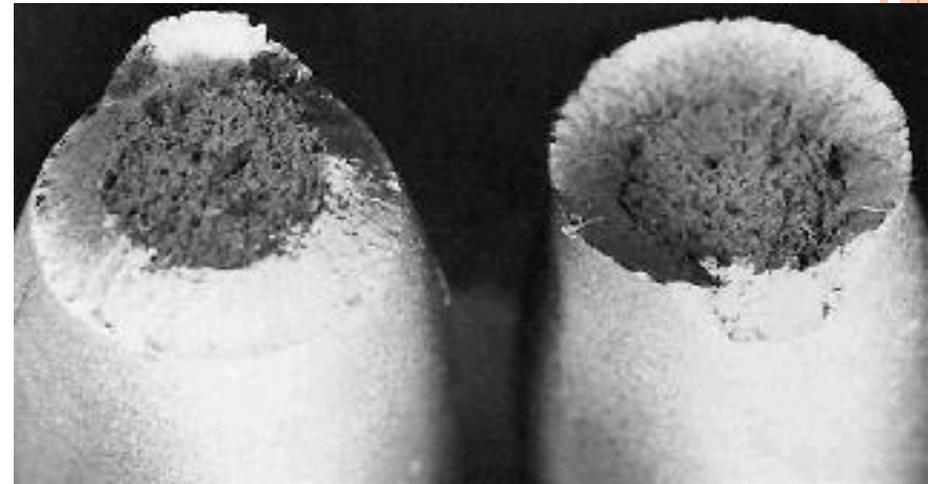
- natureza do material
- condição de tensão
- temperatura (transformação frágil – dúctil)
- taxa de deformação
- meio ambiente - corrosão



# Fratura dúctil e frágil

## •Fratura dúctil

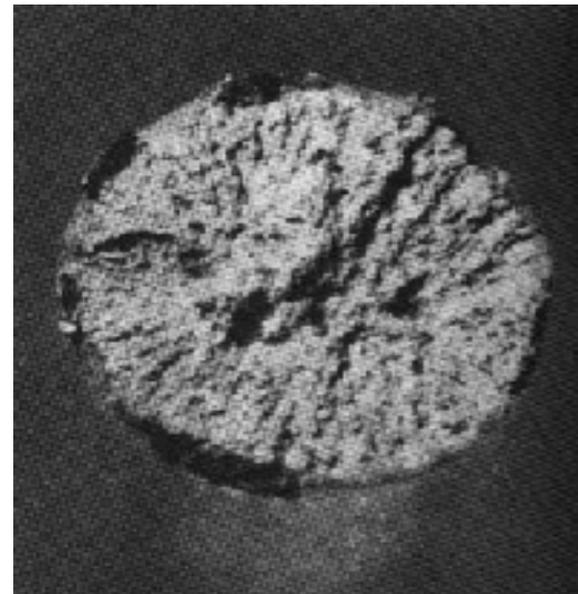
- o material se deforma substancialmente antes de fraturar.
- O processo se desenvolve de forma relativamente lenta à medida que a trinca propaga.
- Este tipo de trinca é denominado **estável** porque ela para de se propagar a menos que haja uma aumento da tensão aplicada no material.



# Fratura dúctil e frágil

## •Fratura frágil

- O material se deforma pouco, antes de fraturar.
- O processo de propagação de trinca pode ser muito veloz, gerando situações catastróficas.
- A partir de um certo ponto, a trinca é dita instável porque se propagará mesmo sem aumento da tensão aplicada sobre o material.

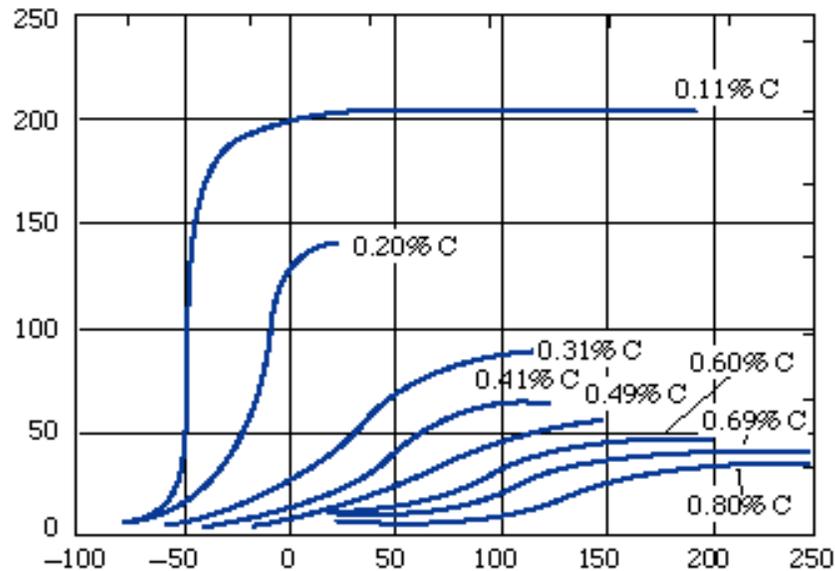


# Transição dúctil-frágil

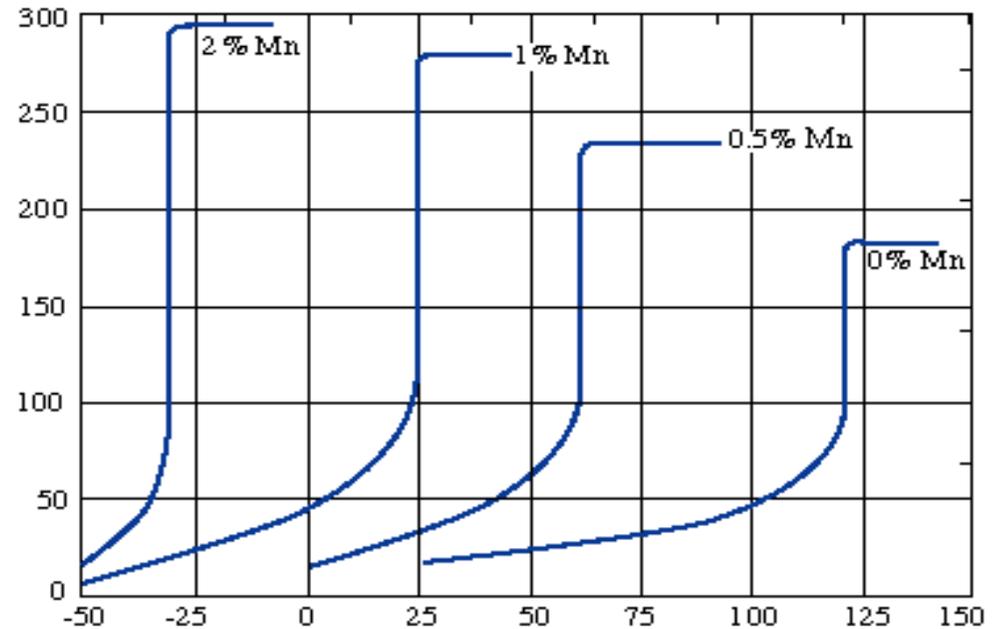
- A ductilidade dos materiais é função da temperatura e da presença de impurezas.
- Materiais dúcteis se tornam frágeis a temperaturas mais baixas. Isto pode gerar situações desastrosas caso a temperatura de teste do material não corresponda a temperatura efetiva de trabalho.
  - ∞ Ex: Os navios tipo Liberty, da época da 2ª Guerra, que literalmente quebraram ao meio. Eles eram fabricados de aço com baixa concentração de carbono, que se tornou frágil em contato com as águas frias do mar.



# Transição dúctil-frágil



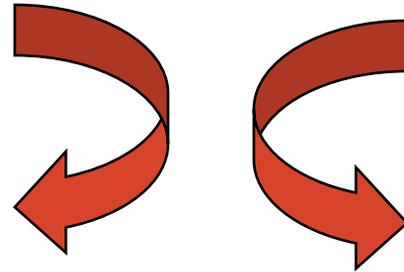
Aços com diferentes concentrações de carbono



Aços com diferentes concentrações de manganês



# Conformação do Metais



*processos  
mecânicos*

*processos  
metalúrgicos*



Nos **processos mecânicos** ocorre modificações na forma do material devido à aplicações de tensões externas e esses processos são constituídos pelos processo de conformação por:

**Deformação plástica** - as tensões aplicadas são inferiores ao limite de resistência à ruptura do material

Ex: forjamento, conformação de chapas, extrusão, estampagem e trefilação

**Usinagem** - as tensões aplicadas são superiores ao limite de resistência à ruptura

Ex: torneamento, fresamento, plainamento e retificação



Nos ***processos metalúrgicos*** as modificações na forma do material estão relacionadas à elevadas temperaturas.

Esses processos são constituídos pelos processos de conformação por:

**solidificação**, nos quais as temperaturas utilizadas são superiores à temperatura de fusão do material. Os principais processos são: fundição, lingotamento e soldagem.

**sinterização**, no qual as temperaturas utilizadas são inferiores à temperatura de fusão. O principal processo é a metalurgia do pó.



## Conformação por deformação plástica

A conformabilidade plástica do material corresponde à capacidade do metal ou liga metálica poder ser processada por deformação plástica sem apresentar defeitos ou fraturas na peça trabalhada.

Os processos de conformação por deformação plástica podem ser classificados com relação à temperatura de trabalho em processos com *trabalho mecânico a frio* e com *trabalho mecânico a quente*.



## Trabalho Mecânico a Frio

A deformação sofrida pelo metal quando este é submetido à um esforço mecânico, pode ser realizada desde a temperatura ambiente até temperaturas próxima à de fusão do metal.

Geralmente a temperatura de recristalização é 0,3 a 0,7 da temperatura de fusão do metal



A deformação plástica resultante do trabalho mecânico a frio provoca o fenômeno chamado de *encruamento*, que consiste no aumento da resistência mecânica e na dureza, com a deformação plástica do metal.

Quando o metal é deformado, os grãos sofrem uma deformação geral e tendem a alongar-se na direção do esforço mecânico aplicado sobre o metal. Assim, a deformação plástica do trabalho a frio provoca uma mudança na estrutura cristalina e nas propriedades mecânicas do metal.

O trabalho mecânico a frio é convenientemente definido como um índice da intensidade de deformação plástica resultante de uma redução da área transversal reta durante a deformação, ou seja:



A deformação plástica resultante do trabalho mecânico a frio provoca um aumento na dureza do material, denominado de endurecimento por deformação a frio ou encruamento, e como consequência aumenta a resistência mecânica e diminui a ductilidade do material.

No estado encruado os grãos deformados plasticamente apresentam maior energia interna e tensões internas, que os grãos não deformados, causando elevado número de discordâncias e outros defeitos existentes nos grãos, quando comparado ao seu estado normal (recozido).

As propriedades e a estrutura do metal trabalhado a frio são alteradas pelo fenômeno do encruamento, porém esses parâmetros podem ser recuperadas ao seu estado anterior ao encruamento, através de um tratamento térmico de recozimento ou recristalização.



O tratamento térmico de recozimento compreende três etapas principais:

- ✓ Recuperação
- ✓ recristalização
- ✓ crescimento de grãos

**Recuperação**, o principal efeito é o alívio das tensões internas, não ocorrendo modificações na microestrutura do metal. Os metais encruados quando aquecidos na faixa da etapa de recuperação sofrem um tratamento térmico chamado de recozimento para alívio de tensões. As propriedades mecânicas como dureza e resistência mecânica não são diminuídas de maneira sensível.



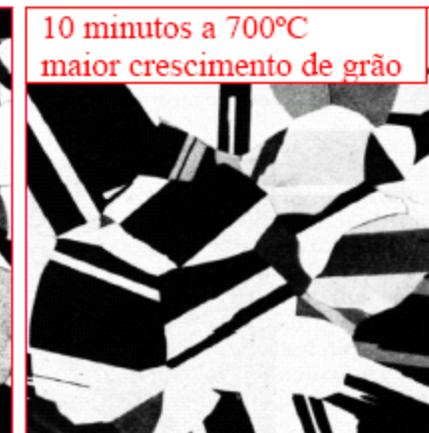
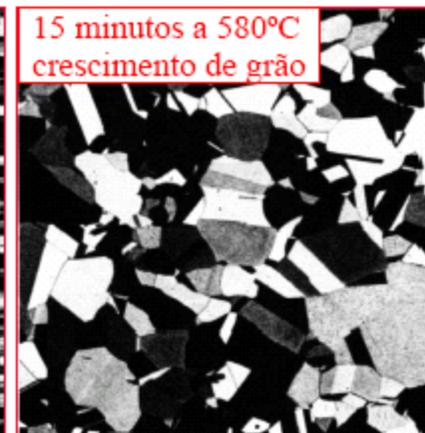
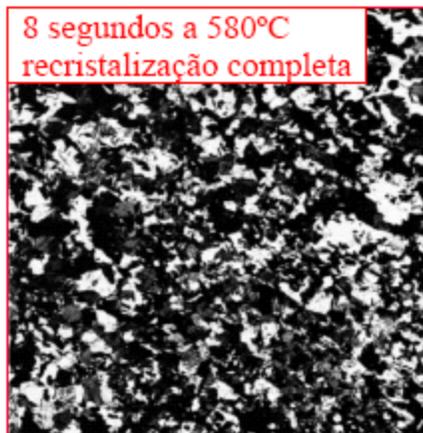
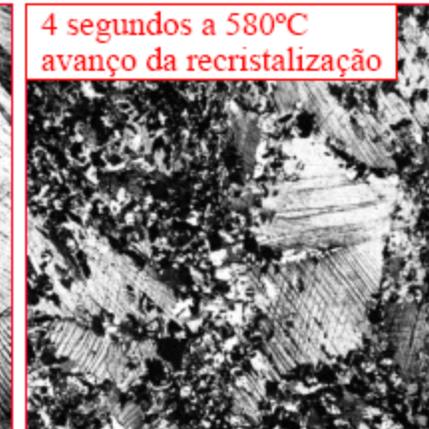
***Recristalização*** ocorre um decréscimo no número de discordâncias, dessa forma, as propriedades relacionadas à resistência mecânica decrescem rapidamente e as tensões internas são eliminadas completamente e finalmente a estrutura é totalmente recristalizada.

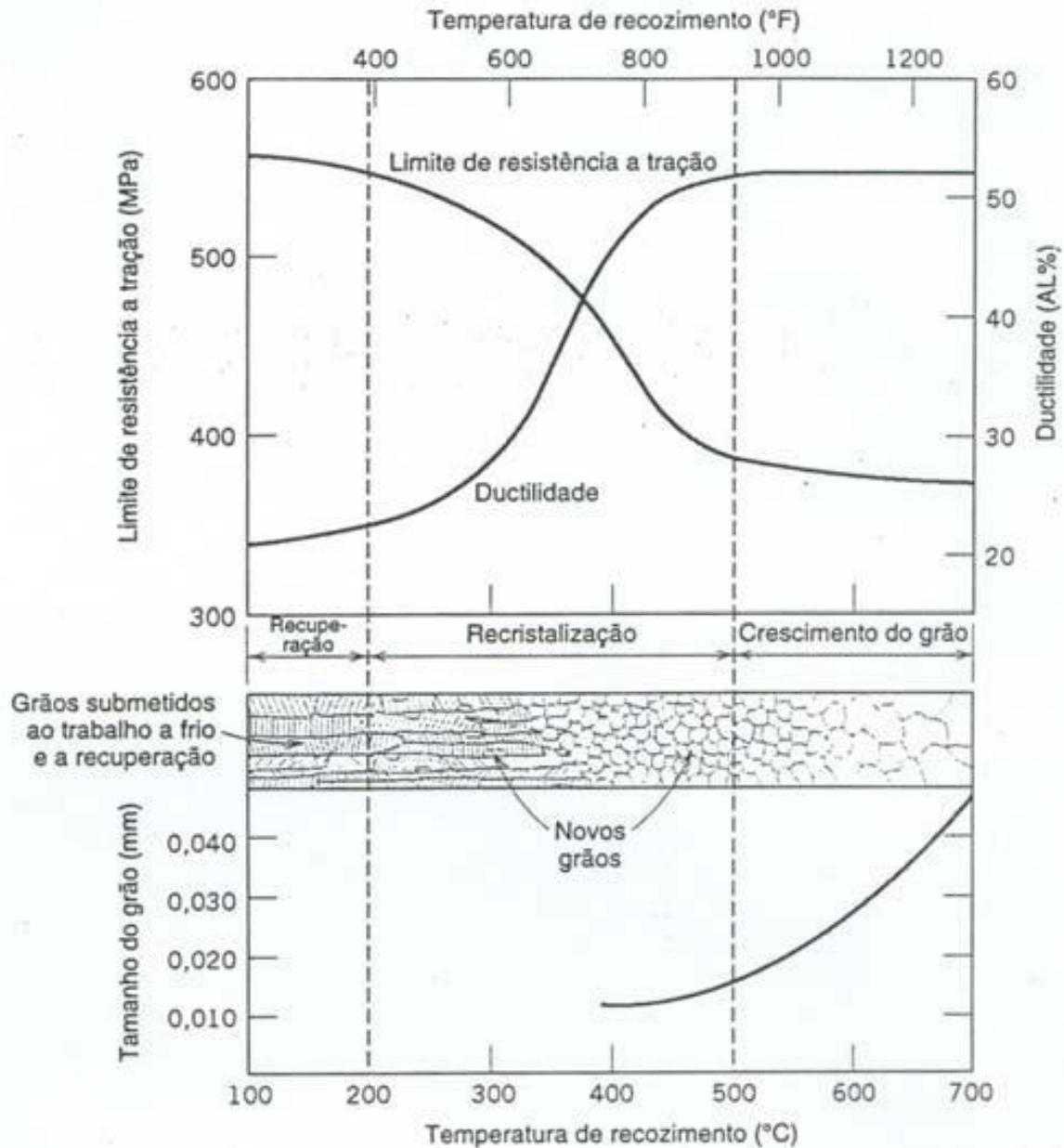
A recristalização pode ser afetada pelas seguintes variáveis: quantidade de deformação anterior ao recozimento, temperatura, tempo, tamanho de grão inicial, composição e quantidade da recuperação inicial.

***Crescimento de grãos.*** O tamanho dos grãos é dependente da temperatura e do tempo de permanência do metal à determinada temperatura.



# Recristalização





# Trabalho Mecânico a Frio

Deformação através do trabalho mecânico a frio apresenta vantagens e desvantagens para o processamento.

vantagens são: elevada dureza, melhor acabamento superficial e ainda há a possibilidade de combinar elevada resistência mecânica e ductilidade num mesmo material.

Desvantagens são: necessidade de maior energia para ocorrer a deformação, devido ao encruamento, aparecimento de trincas e elevado custo devido o ciclo deformação/recozimento.



## **Trabalho Mecânico a Quente**

No trabalho mecânico a quente a deformação plástica é realizada em temperaturas acima da temperatura de recristalização, de forma a eliminar o encruamento provocado pela deformação.

Durante o trabalho mecânico a quente ocorre um refinamento na estrutura do metal, provocando a diminuição da resistência mecânica e a elevação da tenacidade e ductilidade do metal.

No trabalho mecânico a quente a energia necessária para deformar plasticamente o metal é menor que a utilizada no trabalho mecânico a frio, dessa forma, o aparecimento de porosidade, bolhas e trincas decorrentes do processo é menor.

Desvantagens: elevado custo do ferramental, pois exige que seu material apresente boa resistência ao calor e ocorrência de oxidação superficial devido as elevadas temperaturas.

