

INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
SÃO PAULO

# Ensaio Mecânicos de Materiais

## Aula 13 – Ensaio de Fluência

Prof. MSc. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues

# Tópicos Abordados Nesta Aula

- Ensaio de Fluência.
- Propriedades Avaliadas do Ensaio.
- Metodologia de Ensaio.

# Definição de Fluência

A fluência é a deformação plástica que ocorre num material, sob tensão constante ou quase constante, em função do tempo. A temperatura tem um papel importantíssimo nesse fenômeno.

A fluência ocorre devido à movimentação de falhas, que sempre existem na estrutura cristalina dos metais. Não haveria fluência se estas falhas não existissem.

Existem metais que exibem o fenômeno de fluência mesmo à temperatura ambiente, enquanto outros resistem a essa deformação mesmo a temperaturas elevadas.

# Tempo e Temperatura

Em condições reais de uso, os produtos sofrem solicitações diversas por longos períodos de tempo. O uso mostra que, em algumas situações, os produtos apresentam deformação permanente mesmo sofrendo solicitações abaixo do seu limite elástico.

Essas deformações ocorrem mais freqüentemente em situações de uso do produto que envolvam altas temperaturas. E quanto maior a temperatura, maior a velocidade da deformação.

# Influência da Temperatura

Nos ensaios de fluência, o controle da temperatura é muito importante. Verificou-se que pequenas variações de temperatura podem causar significativas alterações na velocidade de fluência.

Exemplo disso é o aço carbono submetido ao ensaio de fluência, a uma tensão de  $3,5 \text{ kgf/mm}^2$ , durante 1.000 horas: à temperatura de  $500^\circ\text{C}$ , apresentou uma deformação de  $0,04\%$  e à temperatura de  $540^\circ\text{C}$  apresentou uma deformação de  $4\%$ .

# O Ensaio de Fluência

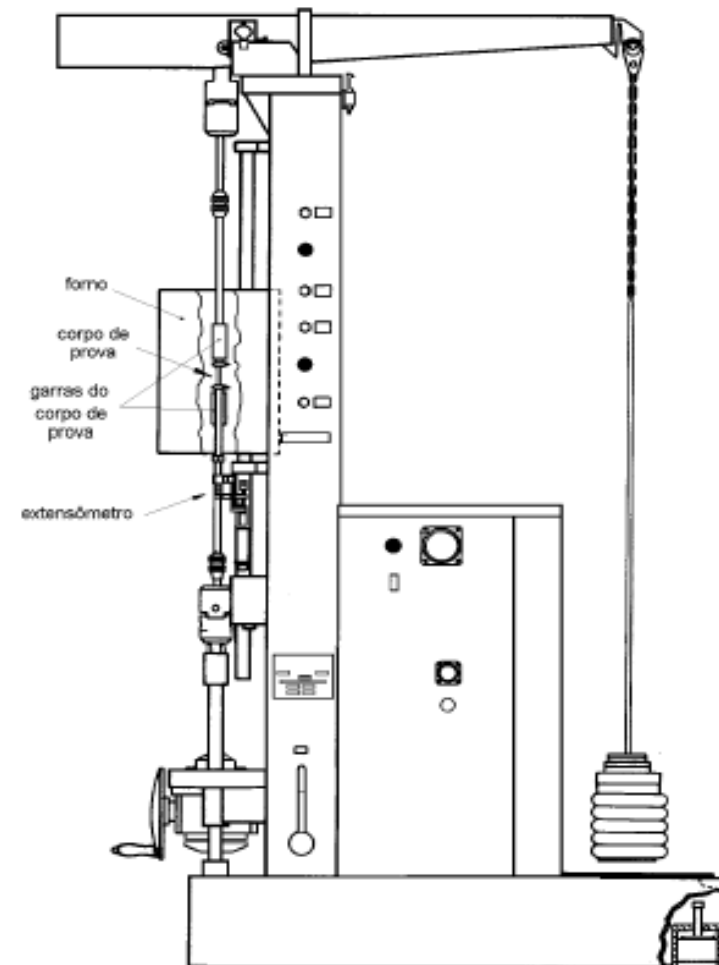
Na maioria dos casos, avalia-se a fluência de um material submetendo-o ao esforço de tração.

Os corpos de prova utilizados nos ensaios de fluência são semelhantes aos do ensaio de tração.

# Equipamento para Ensaio

O equipamento para a realização deste ensaio permite aplicar uma carga de tração constante ao corpo de prova.

O corpo de prova fica dentro de um forno elétrico, de temperatura constante e controlável. Um extensômetro é acoplado ao equipamento, para medir a deformação em função do tempo.



# Equipamento para Ensaio

- O equipamento para a realização deste ensaio permite aplicar uma carga de tração constante ao corpo de prova. O corpo de prova fica dentro de um forno elétrico, de temperatura constante e controlável. Um extensômetro é acoplado ao corpo de prova.
- Como os extensômetros são instrumentos de precisão, não suportam altas temperaturas. Por isso são ligados ao corpo de prova por meio de hastes de extensão





# Extensão do Ensaio

Os ensaios de fluência são muito longos, podendo durar de um mês até pouco mais de um ano.

Por isso seu uso se restringe a atividades de pesquisa e desenvolvimento de novos materiais ou ligas metálicas.

# Ensaio de Fluência

Este ensaio consiste em aplicar uma determinada carga em um corpo de prova, a uma dada temperatura, e avaliar a deformação que ocorre durante a realização do ensaio.

É importante ressaltar que, neste ensaio, tanto a carga como a temperatura são mantidas constantes durante todo o processo.

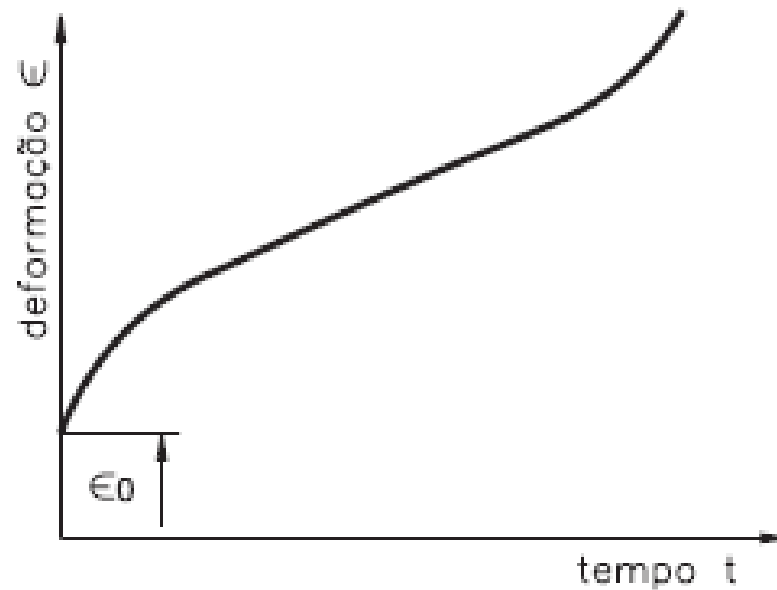
# Duração do Ensaio

A duração deste ensaio é muito variável: geralmente leva um tempo superior a 1.000 horas. É normal o ensaio ter a mesma duração esperada para a vida útil do produto.

Às vezes, quando não é possível esperar muito tempo, utilizam-se extrapolações, isto é, o ensaio é feito durante um tempo mais curto e, a partir da deformação obtida nesse intervalo, estima-se o comportamento do material por um tempo mais longo (vida útil do produto) e avalia-se a quantidade de deformação esperada ao longo deste tempo.

# Resultado do Ensaio

O resultado do ensaio é dado por uma curva de deformação (fluência) pelo tempo de duração do ensaio.



# Precisão do Ensaio

Para obter resultados significativos, é necessário realizar diversos ensaios no material, com diferentes cargas e temperaturas. As curvas assim obtidas devem representar as diversas situações práticas de uso do produto.

O objetivo do ensaio, em muito casos, é determinar as tensões necessárias para produzir uma deformação de 0,5%, 1,0% e, em alguns casos, até 2,0%, por um dado período de tempo, em função da temperatura. Com isso é possível determinar a vida útil e a máxima condição de uso do produto.

# Ensaio de Ruptura por Fluência

Este ensaio é semelhante ao anterior, só que neste caso os corpos de prova são sempre levados até a ruptura.

Para isso, utilizam-se cargas maiores e, portanto, são obtidas maiores velocidades de fluência.

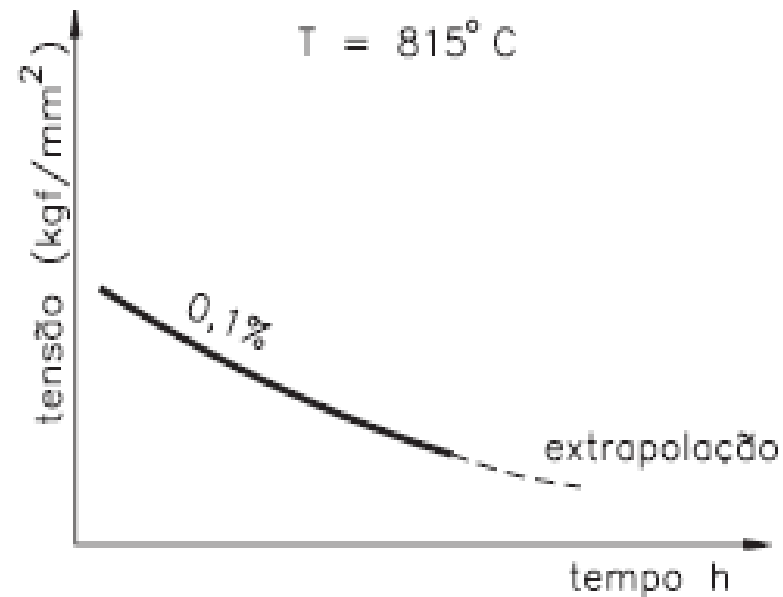
# Deformação e Resultados

A deformação atingida pelos corpos de prova é bem maior: enquanto no ensaio de fluência a deformação do corpo de prova poucas vezes ultrapassa 1%, nos ensaios de ruptura por fluência pode atingir 50%.

A tensão e a temperatura são mantidas constantes neste ensaio. Os resultados obtidos no ensaio são: tempo para a ruptura do corpo de prova, medida da deformação e medida da estrição, em certos casos.

# Gráfico Característico do Ensaio

O gráfico deste ensaio relaciona a carga com o tempo de ruptura. É construído a partir dos resultados de diversos testes.





# Aplicações do Ensaio de Fluência

- Caldeiras, turbinas a vapor, destilarias:  $\sim 500^{\circ}\text{C}$
- Turbinas a Gás:  $\sim 800^{\circ}\text{C}$
- Motores, turbinas a gás mais potentes:  $\sim 1000^{\circ}\text{C}$
- Foguetes e mísseis:  $> 1000^{\circ}\text{C}$



# Aplicações do Ensaio de Fluência

Filamento de tungstênio

Temperatura de fusão  $\sim 3.000\text{ }^{\circ}\text{C}$   
(3273 K)

O filamento apresenta fluência na temperatura de trabalho.

O peso-próprio dos filamentos causa deformação, até os mesmos se tocarem e provocar a “queima da lâmpada”.



# Exemplo de Fluência

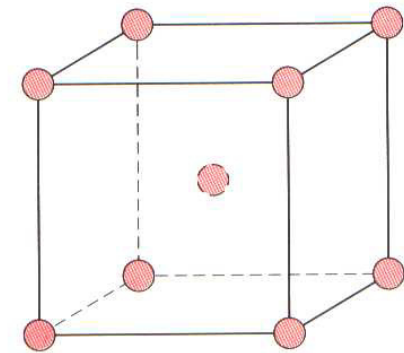
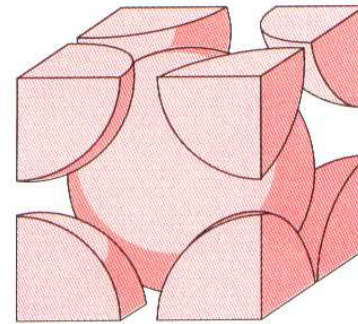
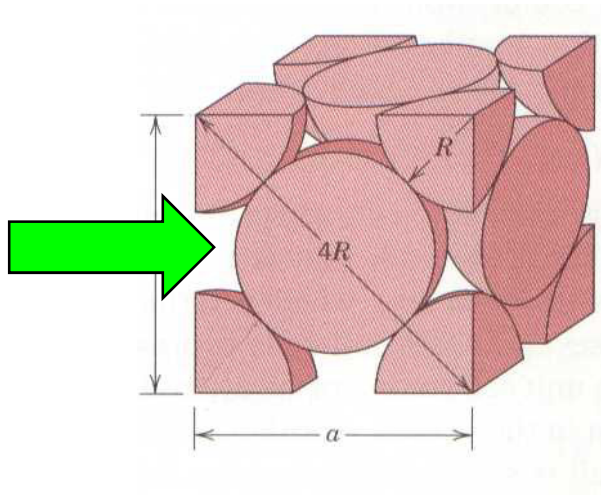
Geleiras apresentam fluência Antártida, e se movimentam  
Há deslizamentos e avalanches de geleiras.



# Materiais Resistentes à Fluência

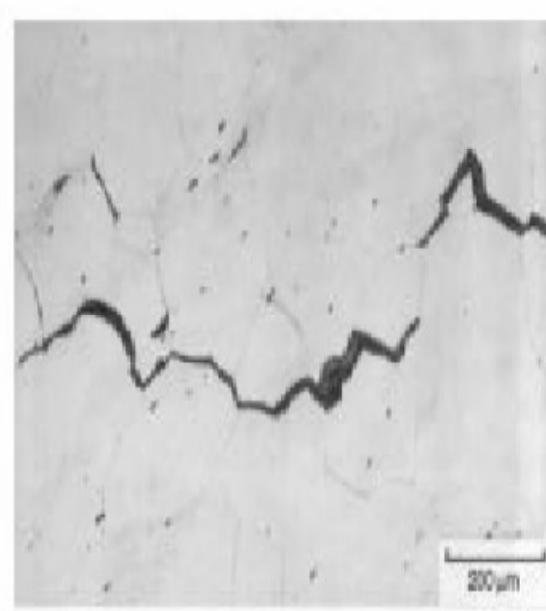
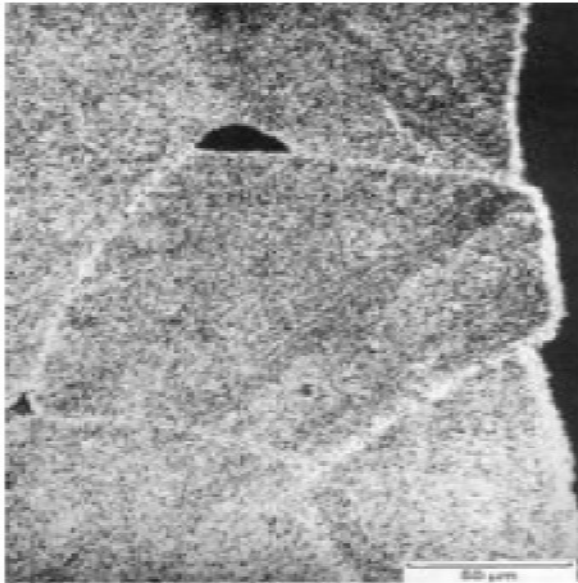
Alta temperatura de fusão.

Baixa taxa de difusão (CFC melhor que CCC).



# Fratura por Fluência

A ruptura por fluência ocorre principalmente devido a microtrincas e crescimento de vazios ao longo dos contornos de grãos – fratura intergranular.



# Próxima Aula

- Ensaio de Líquido Penetrante.