



PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS METAIS

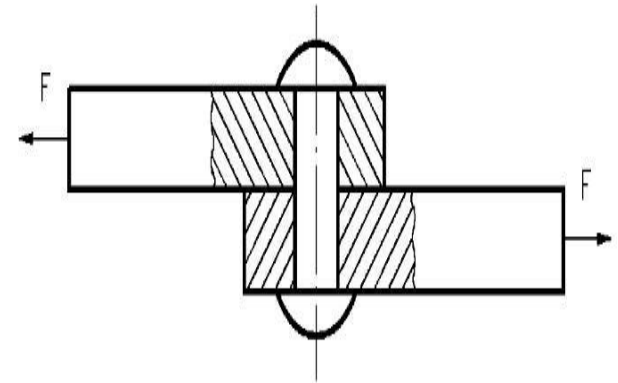
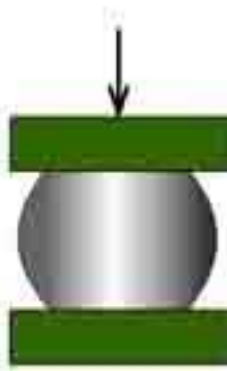
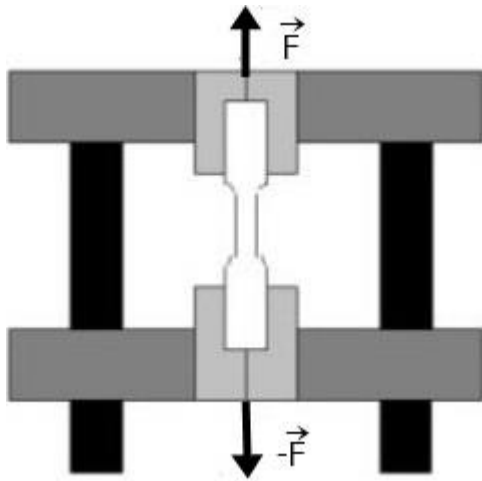
Introdução:

- ▶ Em diversas situações na engenharia torna-se pertinente o conhecimento das características de certos materiais metálicos , visando um controle no índice de deformação dos mesmos – haja vista que esses materiais, quando em serviço, sofrem ações de cargas ou forças constantemente, para que não ocorra a fratura.



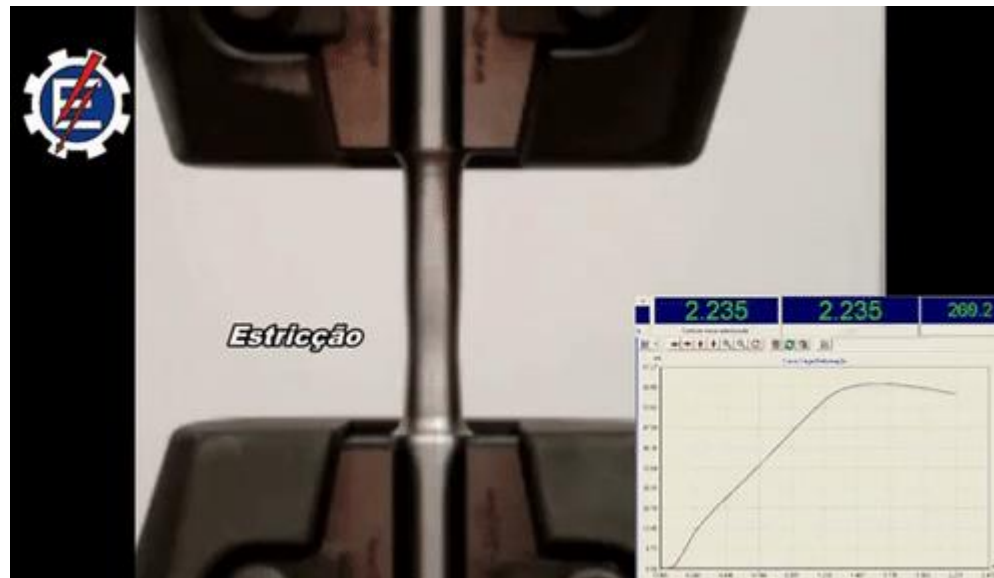
CONCEITOS DE TENSÃO E DEFORMAÇÃO

- Denomina-se ensaio tensão-deformação , a técnica utilizada para analisar o comportamento mecânico de metais (a temperatura ambiente) quando as superfícies dos mesmos são submetidas a cargas com variação lenta. Existem três formas principais pelas quais as carga são aplicadas ,sendo elas :Tração , Compressão e cisalhamento.



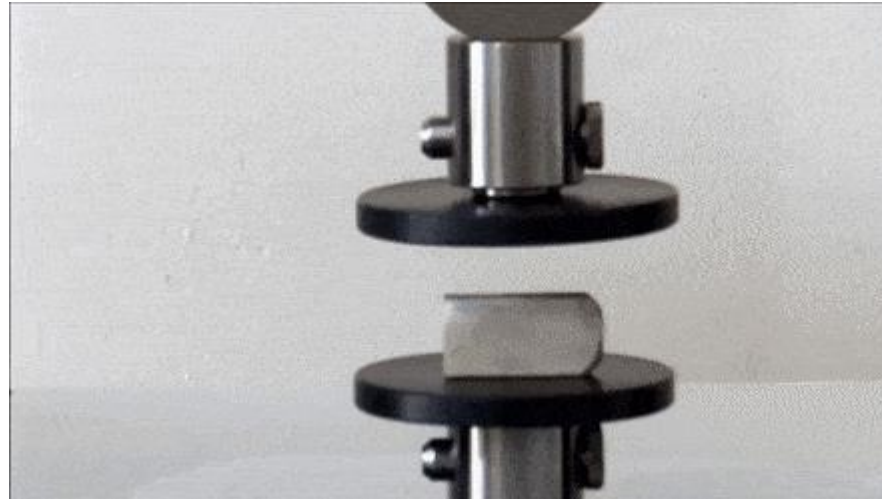
Ensaaios de tração :

- Uma amostra é deformada , geralmente até a fratura , por uma força de tração(aplicada uniaxialmente ao longo do eixo maior do corpo de prova) que e aumentada gradativamente. A força de tração gera ,até certo ponto,uma deformação linear positiva.



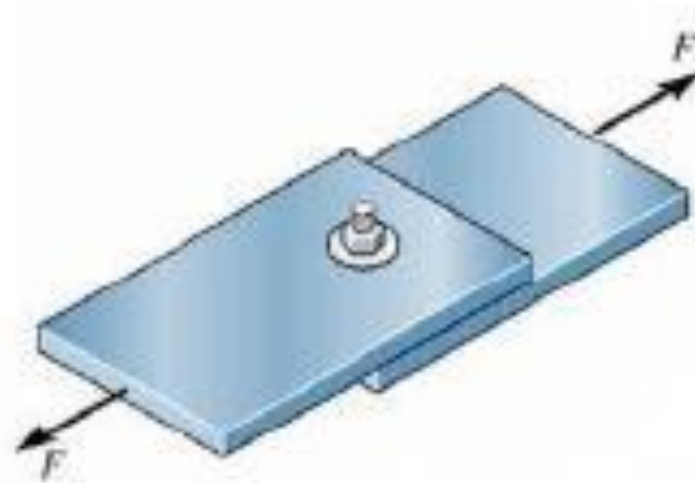
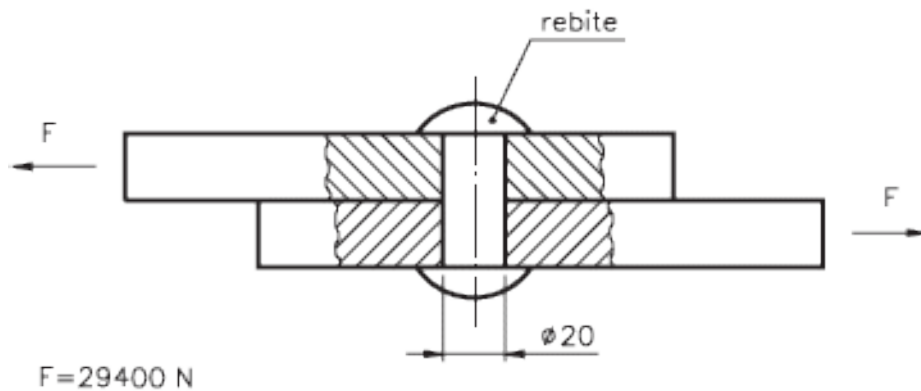
Ensaaios de compressão:

- Uma força compressiva é aplicada no corpo de prova, gerando uma deformação linear negativa, até certo ponto, ao longo da direção da tensão.



Ensaio de Cisalhamento:

- O ensaio de cisalhamento é feito através de uma força paralela e de sentidos opostos aplicada em dois corpos sobrepostos.



Definição de Tensão de engenharia e Deformação de engenharia.

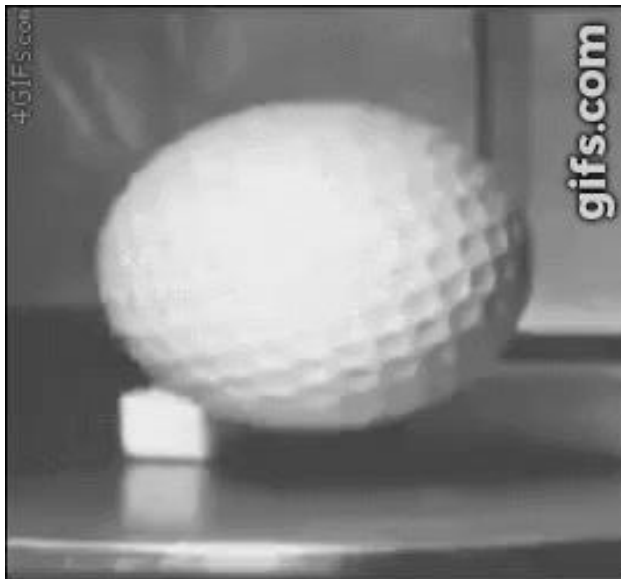
- ▶ As solicitações descritas variam em relação ao tamanho do corpo de prova , logo utiliza-se a tensão de engenharia e a deformação de engenharia para normalizar os resultados obtidos nos ensaios.
- ▶ Tensão de engenharia(σ): F/A_0
- ▶ F =Carga aplicada
- ▶ A_0 =Área inicial
- ▶ Deformação de engenharia: $(L_1 - L_0)/L_0$
- ▶ L_1 =Comprimento instantâneo
- ▶ L_0 =comprimento inicial

Deformação Elástica:

- ▶ Processo onde a tensão e a deformação são proporcionais, e podem ser descritas pela lei de Hooke. A deformação elástica é independente do tempo (permanece constante enquanto a carga é exercida e retorna ao normal quando é removida).
- ▶ Lei de Hooke: **$E \cdot e$**
- ▶ E = Módulo de elasticidade (rigidez ou a resistência do material a deformação elástica)
- ▶ Em escala atômica a deformação elástica é manifestada como pequenas alterações no espaçamento interatômico e no alongamento das ligações interatômicas

Anelasticidade:

- É uma deformação elástica dependente do tempo, ou seja, após aplicada e removida a força, a deformação toma um tempo finito para retornar ao ponto 0. A anelasticidade é geralmente desprezada nos metais



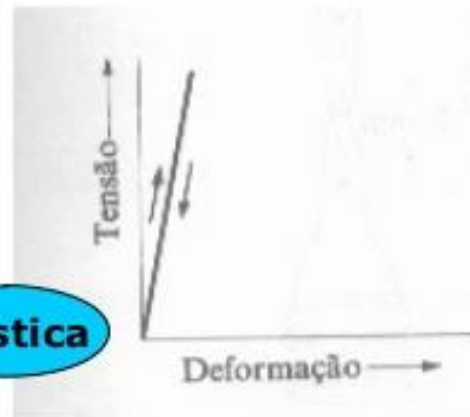
Deformação Plástica:

- ▶ É o ponto onde a deformação e a tensão perdem a linearidade e a Lei de Hooke deixa de ser válida ocasionando uma deformação permanente no material.

DEFORMAÇÃO ELÁSTICA

- Prescede à deformação plástica;
- É reversível;
- Desaparece quando a tensão é removida;
- É praticamente proporcional à tensão aplicada (obedece a lei de Hooke).

Elástica



DEFORMAÇÃO PLÁSTICA

- É provocada por tensões que ultrapassam o limite de elasticidade.
- É irreversível porque é resultado do deslocamento permanente dos átomos e portanto não desaparece quando a tensão é removida.

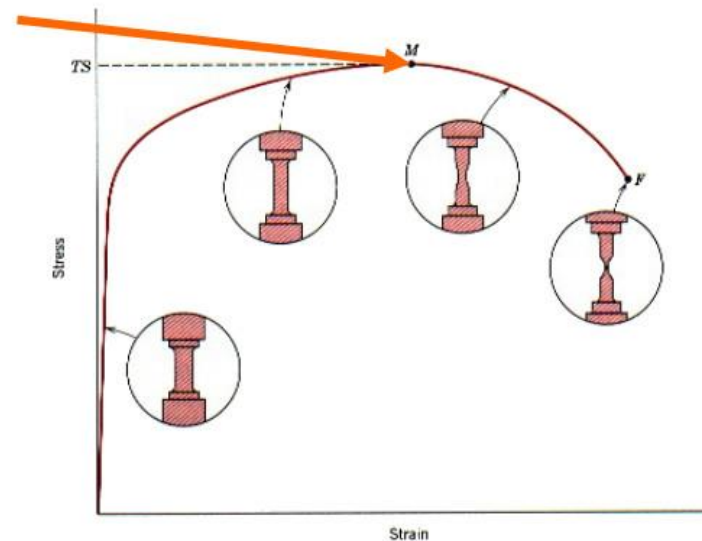
Plástica



Limite de resistência a tração:

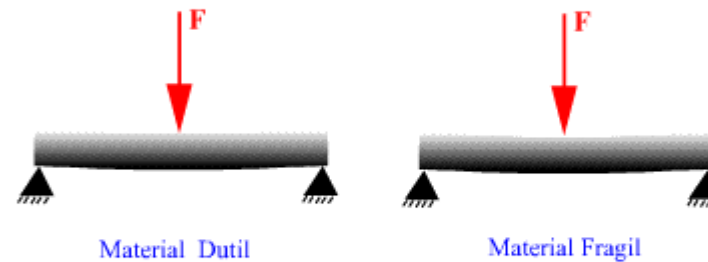
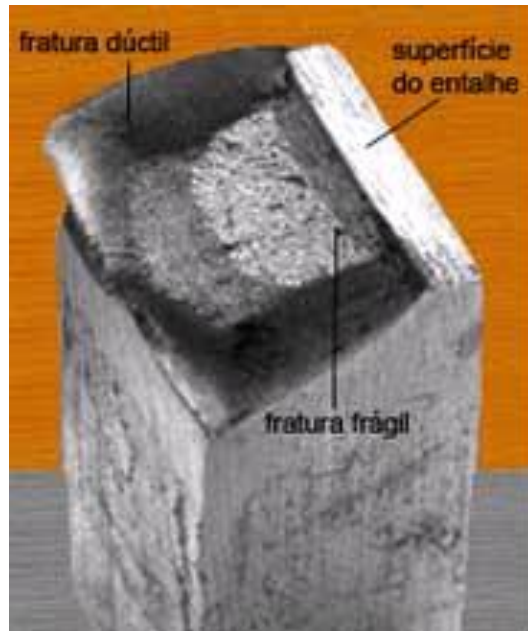
- É a tensão no ponto máximo da curva tensão-deformação de engenharia. (a partir desse ponto ocorre o “espescoçamento”).

Resistência à tração



Ductilidade:

- E a medida do grau de deformação plástica que foi suportado até a fratura. Um material com baixa ductilidade é chamado de material frágil.



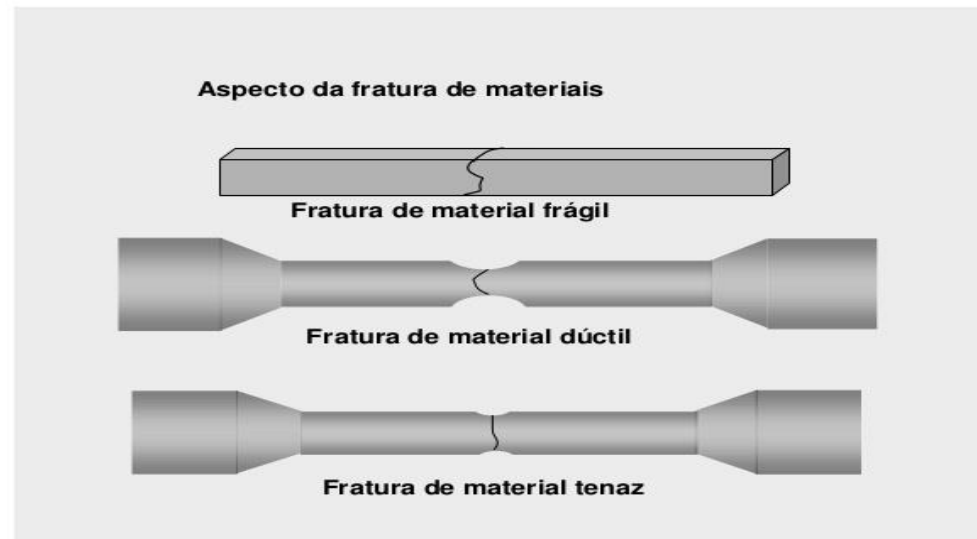
Resiliência:

- E a capacidade do material de absorver energia dentro do limite elástico sem criar uma deformação plástica.



Tenacidade:

- Capacidade do material de absorver energia até a sua ruptura. Um material tenaz é o material capaz de absorver um nível alto de energia antes de se romper



Dureza:

A dureza consiste na resistência de um material a uma deformação plástica localizada.

Antigamente os ensaios de dureza eram arbitrários e qualitativos de acordo com a habilidade de um material riscar o outro.

Essa escala de medida ficou conhecida como escala de Mohs.



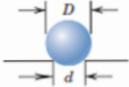

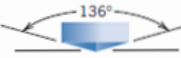

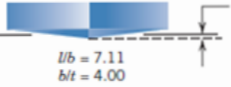

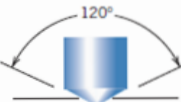



Medidas Atuais:

As medidas e fórmulas atuais de Dureza dependem de quais ensaios serão adotados, sendo eles:

Ensaio de Dureza de Rockwell

Ensaio de Dureza de Brinell

Ensaio de Microdureza Knoop e Vickers

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	{ Diamond cone; $\frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$ in. diameter steel spheres }	 	 	{ 60 kg 100 kg 150 kg } Rockwell { 15 kg 30 kg 45 kg } Superficial Rockwell	

Ensaio de Dureza Brinell:

Utiliza um penetrador esférico feito de aço endurecido ou carbeto de tungstênio.

O numero de dureza Brinell(HB) é em função da magnitude da carga e do diâmetro da impressão resultante.

Cuja equação é:

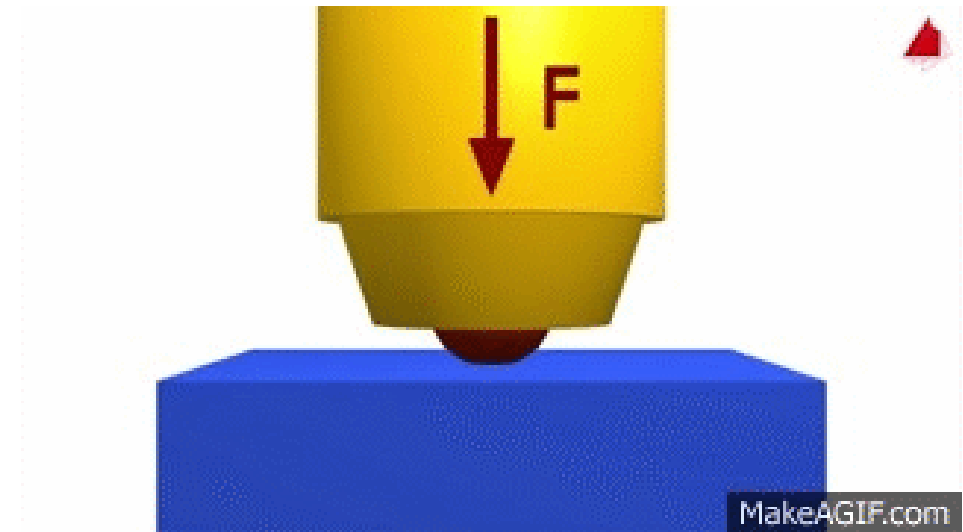
$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Where

P = applied force (kgf)

D = diameter of indenter (mm)

d = diameter of indentation (mm)

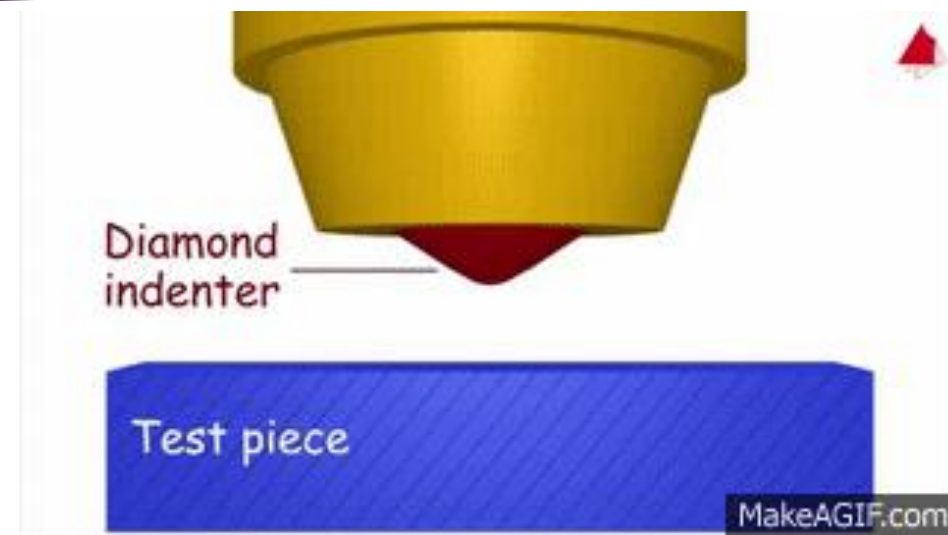


Ensaaios de Dureza Rockwell:

Pode utilizar esferas de aço com diferentes diâmetros ou um penetrador cônico de diamante.

Sua medida é determinada pela diferença na profundidade de penetração resultante de uma carga inicial menor e outra maior, ou seja, é utilizado 2 perfuradores para o teste.

Com base na carga menor existe dois tipo de ensaios o ensaio de Rockwell (carga menor = 10kg) e o ensaio de Rockwell Superficial (carga menor = 3kg).



Ensaaios de Dureza Rockwell:

Sua escala é definida pelo simbolo HR seguido da escala utilizada, no qual se refere ao penetrador utilizado, variando o diâmetro dos penetradores esféricos ou utilizando o cone de diamante, e variando também seus pesos.

Logo sua definição se baseia na medida seguido por sua escala, como exemplo, 80 HRB, em que mostra a dureza superficial de 80 na escala HRB.

	Scale	Hardness symbol		Scale	Hardness symbol
Rockwell hardness	A	HRA	Rockwell Superficial hardness	15N	HR15N
	D	HRD		30N	HR30N
	C	HRC		45N	HR45N
	F	HRF		15T	HR15T
	B	HRB		30T	HR30T*2
	G	HRG		45T	HR45T
	H	HRH		15W	HR15W
	E	HRE		30W	HR30W
	K	HRK		45W	HR45W
	L	HRL		15X	HR15X
	M	HRM		30X	HR30X
	P	HRP		45X	HR45X
	R	HRR		15Y	HR15Y
	S	HRS		30Y	HR30Y
	V	HRV		45Y	HR45Y

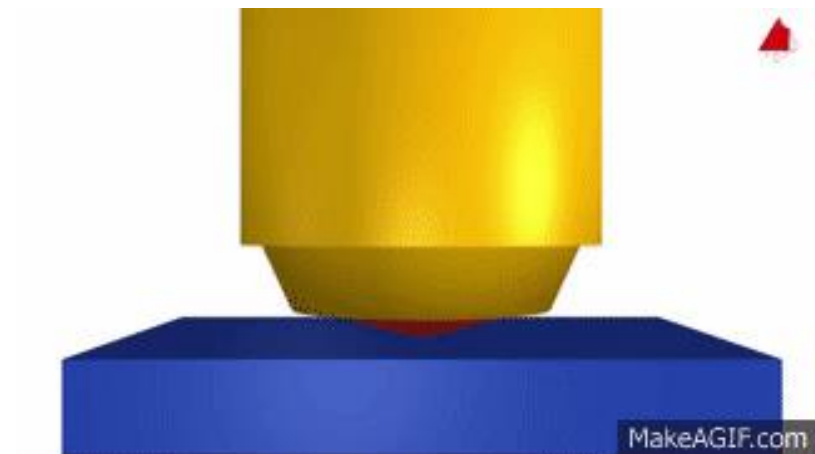
Ensaaios de Microdureza Knoop e Vickers:

Os ensaios de Microdureza Knoop e Vickers são parecidos por utilizar uma ponta piramidal de diamante e variam de 1 a 1000g.

Porém na escala de Vickers a pirâmide tem base quadrada, sendo seu calculo definido por
 $HV = 1,854P/d^2$

Já na escala de Knoop a base é um losango, sendo seu calculo definido por
 $HK = 14,2P/l^2$

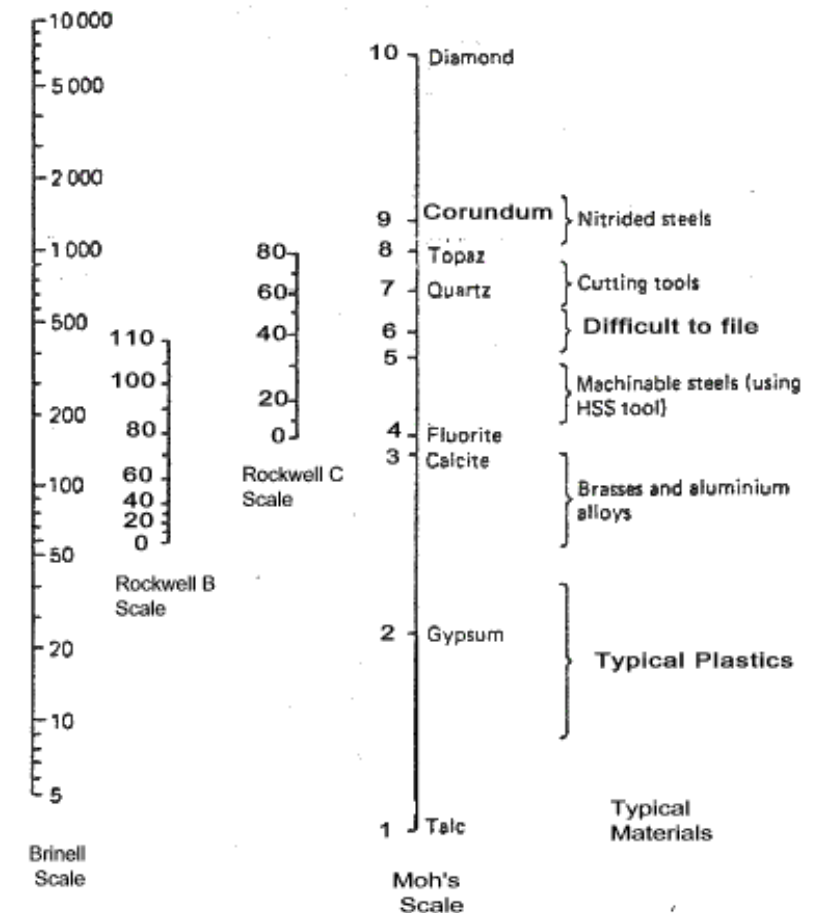
P= carga, d = diagonal do quadrado, l = maior diagonal do losango.



Conversão de Dureza:

Seria interessante converter a medida de dureza de uma escala para outra. Porém como a dureza não é uma propriedade bem definida e suas escalas usam diferentes técnicas, além do material ter uma pequena variação de dureza por causa de leves impurezas e deformações, um sistema de conversão abrangente não conseguiu ser desenvolvido.

Ainda sim existe conversões simples (sem cálculos exatos) que são utilizadas apenas como comparação de ensaios diferente.



Dureza e o Limite de Resistência à Tração:

Tanto a dureza como o limite de resistência a tração demonstram a resistência do metal à uma deformação plástica. Consequentemente eles são aproximadamente proporcionais e com isso pode-se criar um cálculo utilizado para aços em geral. Esse cálculo é dado por:

$$\text{LRT(Mpa)} = 3,25 \times \text{HB}$$

ou

$$\text{LRT(psi)} = 500 \times \text{HB}$$

LRT = limite de resistência à tração, HB = dureza na escala de Brinell.

Videos e curiosidades:

<https://youtu.be/RJXJpeH78iU?t=79> – Brinell

<https://youtu.be/G2JGNllvNC4?t=82> – Rockwell

<https://youtu.be/7Z90OZ7C2jl?t=35> – Vickers

<https://youtu.be/D8U4G5kcpcM> – Teste de tenacidade