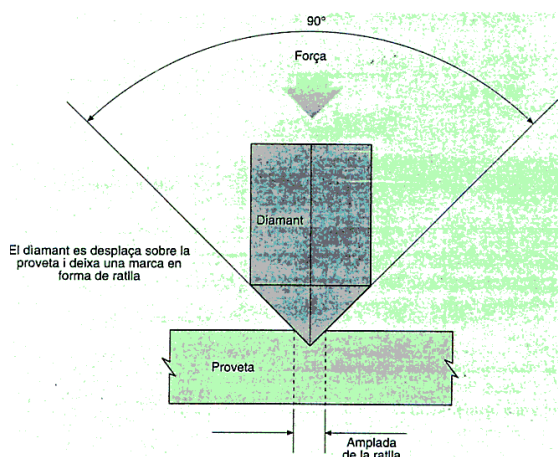




3.Assajos de materials

Duresa

➤ Al Ratllat : Martens

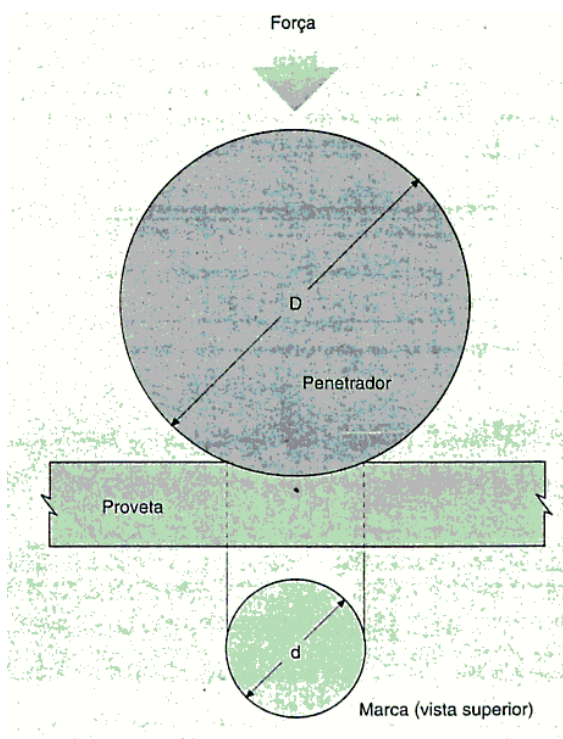


$$D_M = \frac{10000}{L^2}$$

L : amplada de la ratlla en micròmetres.

Material	D _M
Plom	17
Coure	37
acer Dolç	73
acer Dur	145

➤ A la Penetració



Brinell

$$HB = \frac{F}{S}$$

$$S = \frac{\pi D \left[D - \sqrt{D^2 - d^2} \right]}{2}$$

S : Superfície de la marca deixada sobre la proveta.

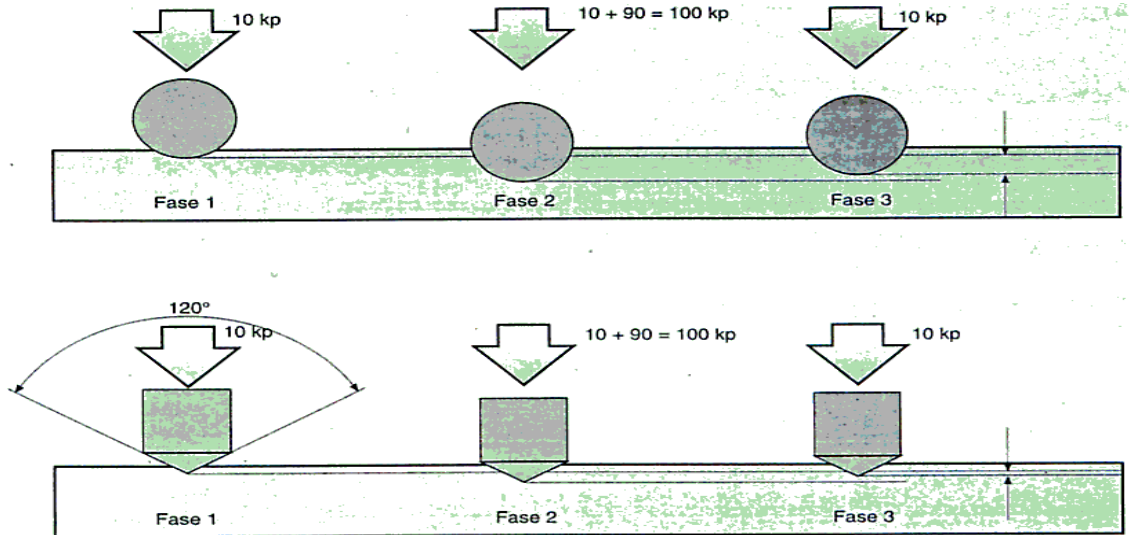
F : càrrega de la bola en kp

D : diàmetre del penetrador en mm

d : diàmetre de la marca en mm

Material	HB (Kp/mm ²)
acer per a eines	500
acer dur	210
acer dolç	110
Bronze	100
Llautó	50
Alumini	25 a 30

Rockwell



Penetrador amb bola : $HR = 130 - \frac{L}{0,002}$; L fondària de penetració en mm.

Penetrador amb Con : $HR = 100 - \frac{L}{0,002}$; HR no té unitats .

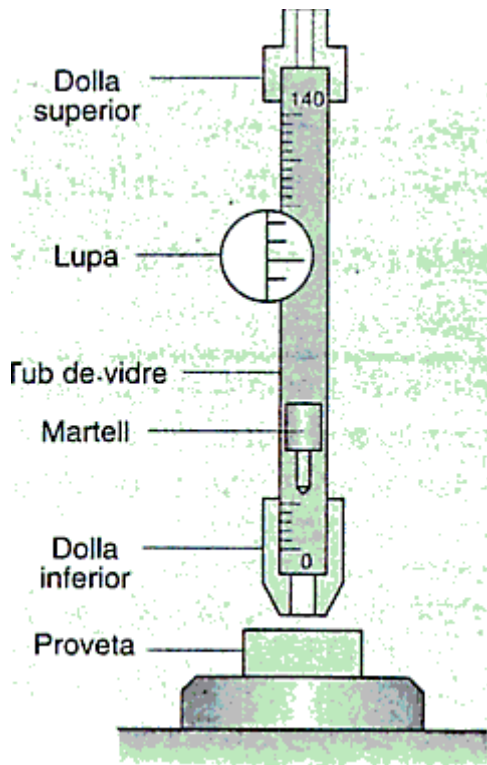
Escala de duresa Rockwell														
Normal									Superficial					
Escala	C	D	B	A	E	F	G	K	N	N	N	T	T	T
Càrrega (kp)	150	100	100	60	100	60	150	150	15	30	45	15	30	45
Penetrador	CON	CON	BOLA 1/16"	CON	BOLA 1/8"	BOLA 1/16"	BOLA 1/16"	BOLA 1/8"	CON	CON	CON	BOLA 1/16"	BOLA 1/16"	BOLA 1/16"
Denominació	C	D	B	A	E	F	G	K	15N	30N	45N	15T	30T	45T

XX HR YY : XX valor de la duresa Rockwell obtingut

YY : Designació de l'escala utilitzada

43 HRE : mètode normal ; valor obtingut 43 i escala E : càrrega de 100 kp i bola de 1/8 ")

80 HR 30 N ; escala 30 N ; mètode superficial ; penetrador de con ; càrrega 30 kp



➤ Rebot

Escala graduada del 0 al 140 per on llisca un martell que a partir d'una alçària de 254 mm xoca contra el material a estudiar i rebot en sentit ascendent fins a l'alçària de rebot

Relació entre Duresa i Resistència a la Tracció

Els dos assajos indiquen el grau d'oposició a ser deformats plàsticament .

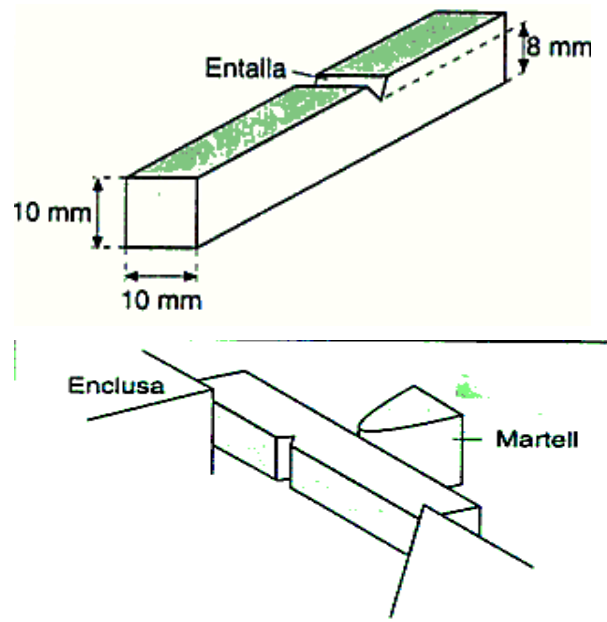
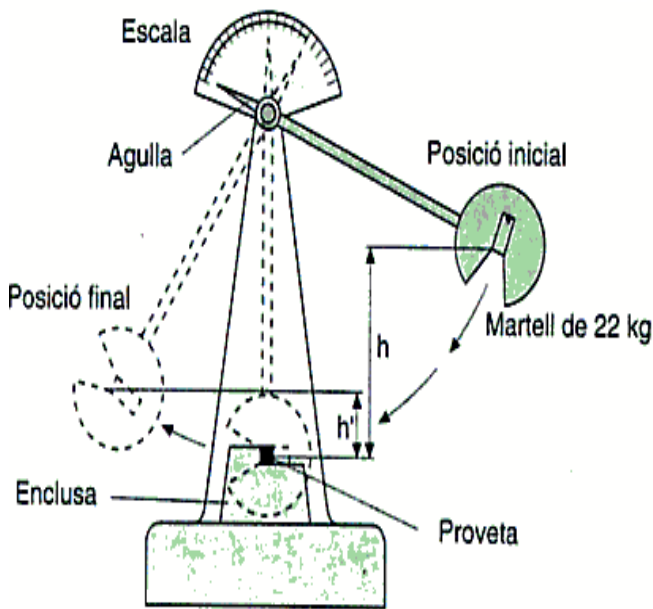
Els assajos de duresa són més senzills que les de tracció .

Cada tipus de material presenta un tipus de proporcionalitat entre la duresa i la resistència a la tracció .

Pels acers : $R (N / mm^2) = 3,45 HB$

Resiliència

Energia necessària per trencar un material d'un sol cop



$K = \frac{E_C}{S}$; K resiliència en J / mm^2 ; S : secció de trencament de la proveta

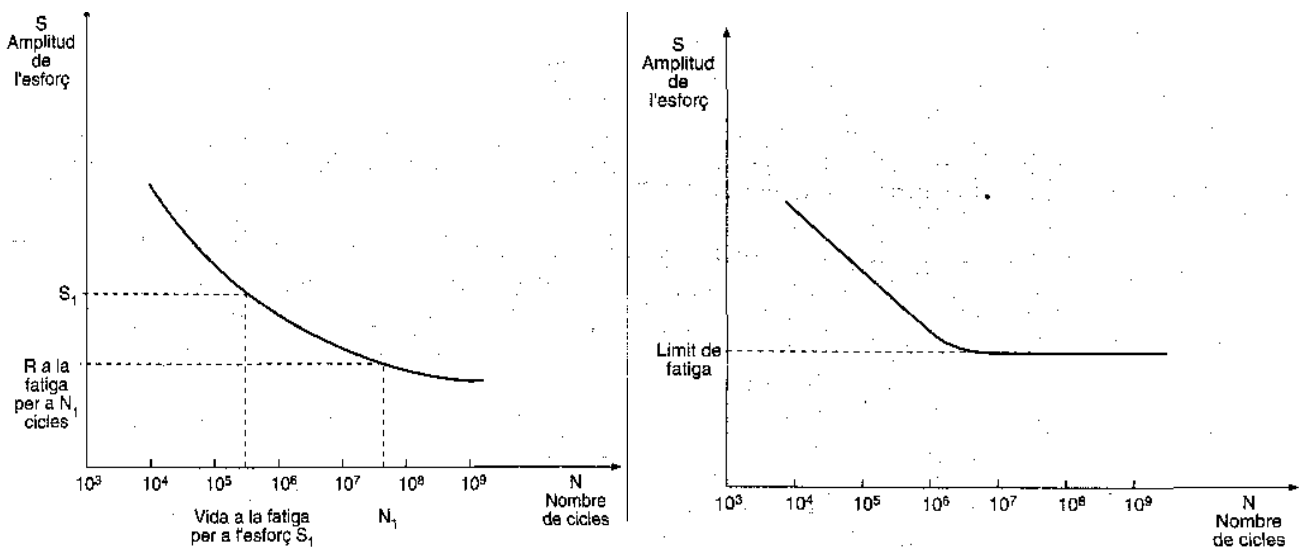
E_C : Energia consumida en el trencament : $mg (h-h')$

Fatiga

Els esforços que alternen el seu sentit d'aplicació (tracció-compressió, torsió , flexió) de manera repetitiva o cíclica amb el temps s'anomenen esforços de fatiga .

Exemples : l'eix del motor d'un ascensor està sotmès a torsió alternativa en les pujades i baixades i en les arrancades i frenades . L'eix del cilindre d'un actuador hidràulic està sotmès a esforços alternatius de tracció – compressió .

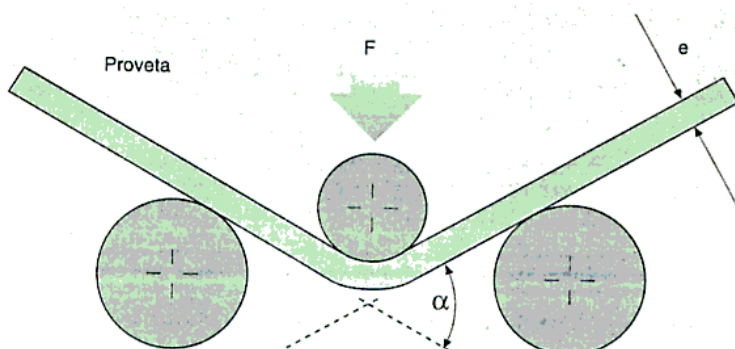
Els gràfics de cada material s'obtenen a partir de sotmetre la proveta a esforços alternatius de flexió rotativa , combinació de flexió i rotació de forma repetitiva en el temps : Diagrama de Wöhler



Resistència a la fatiga : es l'amplitud d'esforç que pot suportar un material sense trencar-se si el sotmetem a un nombre determinat d'esforços alternatius. Passat aquest nombre d'esforços es pot trencar .

Vida a la fatiga : Nombre d'esforços alternatius que pot suportar com a mínim un material per a una determinada amplitud d'esforç aplicat .

Límit de fatiga : Amplitud per sobre de la qual si no sotmetem a esforços alternatius un material no es trenca mai . Aquest paràmetre el tenen alguns materials com : titàn i aliatges fèrrics . Altres com aliatges de coure i Alumini sempre caben trencant-se , iniciant-se el procés sempre per la superfície.



Plegatge

Plegar fins a l'aparició de les primeres esquerdes .

α : Index de Qualitat

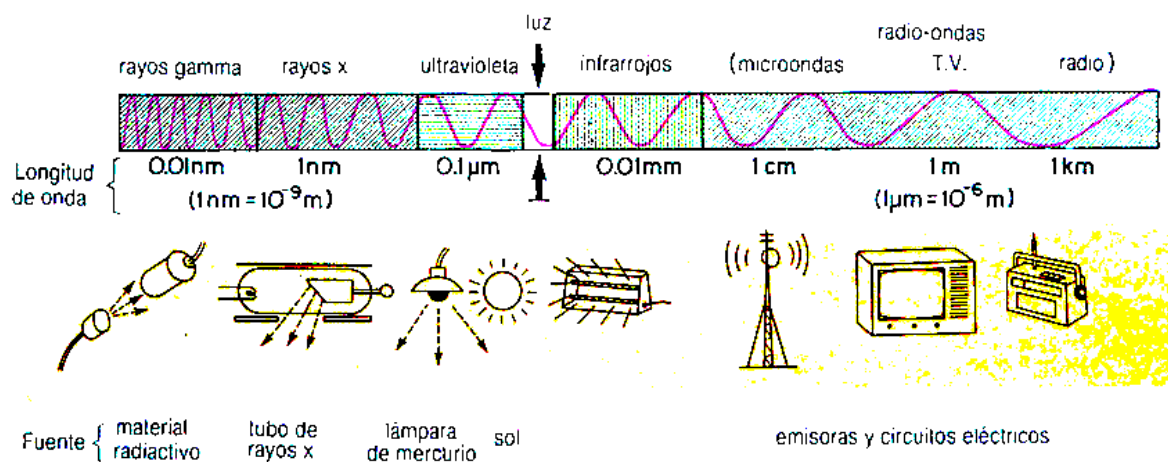
Magnètics

Si la peça a examinar és ferromagnètica.

Consisteixen en l'aplicació d'un camp magnètic a la peça que es vol examinar . Si la peça no té defectes , l'estructura interna serà homogènea i la permeabilitat magnètica serà constant ; no habrà cap desviació de les línies de camp . En cas contrari sí .

Raigs X i Gamma .

Quan la peça a examinar no es ferromagnètica i té un gruix considerable .



Aquestos raigs

- impresionen plaques fotogràfiques
- es desplacen en línia recta a la velocitat de la llum
- no són desviats per camps elèctrics o magnètics .
- Hi porten molta energia , són perillosos.

Cada material absorbeix en diferent mesura aquest tipus de radiació . Un mateix material si no té defectes presentara una absorció uniforme , per tant analitzant la intensitat de la placa fotogràfica localitzarem els possibles defectes.

Ultrasons

Ones sonores a una $f > 20.000$ Hz (límit de freqüència audible) . Es propaguen perfectament pels sòlids , bé pels líquids i amb dificultat pels gasos , no es propaguen pel buit .

Material	Velocitat (m /s)
Quars	5398
acer	5000
Plom	1300
Aigua	1460
Aire	344

Exercicis

1. En un assaig de duresa Martens, l'amplada de la ratlla és de $14 \mu\text{m}$. Es podria utilitzar el material assajat per netejar objectes de coure sense ratllar-los.

2. Quins paràmetres s'han de controlar en un assaig de duresa a la penetració.

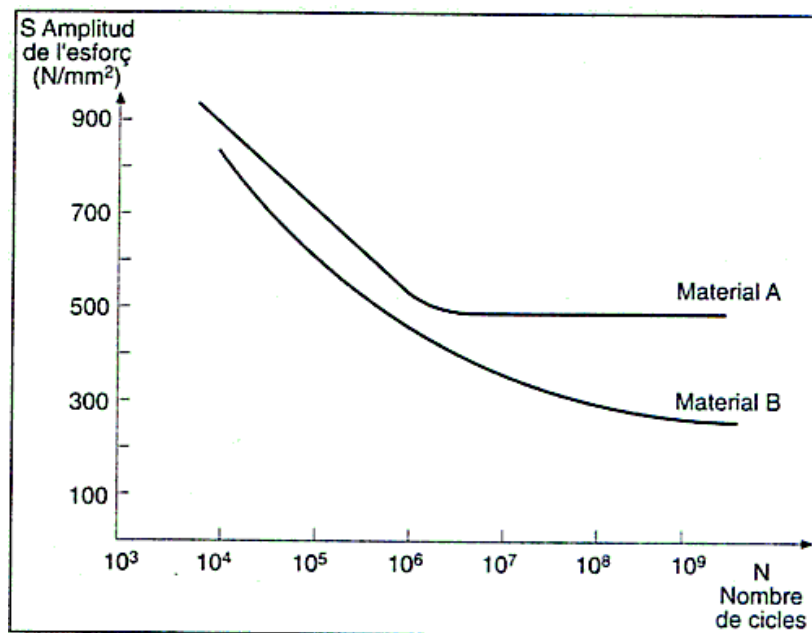
3. En un catàleg de materials metàl·lics apareixen els valors de duresa de dos materials de la forma següent:

material A : 170 HB 10, 3000, 15

material B : 170 HB 5, 750, 15

- Quin material és més dur?
- Quines diferències hi ha entre els dos?
- Són més durs que el bronze els materials A i B

4.



- Quin és límit de fatiga de cadascun dels materials?
- Quina és la resistència a la fatiga del material A per a 10000 cicles?
- Quina és la resistència a la fatiga del material B per a 100 milions de cicles?
- Quina és la vida a la fatiga del material B per a un esforç de 600 N/mm^2 ?
- Què li passarà al material A si li apliquem esforços de 400 N/mm^2 durant mil milions de cicles?

5. Quina resistència a la tracció tindria un acer si la seva duresa és 300 HB?

6. Hem realitzat un assaig de duresa HB (20,5000,15) sobre un material i hem obtingut una marca de 7,82 mm de diàmetre .

- Quina és la duresa d'aquest material ?
- Quin material pot ser ?

7. A partir de la següent taula :

Material	E(N/mm ²)	R (N/ mm ²)	ε (%)	HB
A	103	192	20	65
B	368	380	11	100
C	410	700	16	260

- Quin d'aquests materials és més dúctil ?
- Quin d'ells es ratlla amb més dificultat ?
- Com es comportarà cadascun d'ells si els apliquem durant uns instants un esforç de tracció de 375 N/mm² que posteriorment retirarem .

8. Amb un assaig Brinell el grau de duresa **HB** = 110 i les condicions són les següents :

Diàmetre de la bola = 10 mm

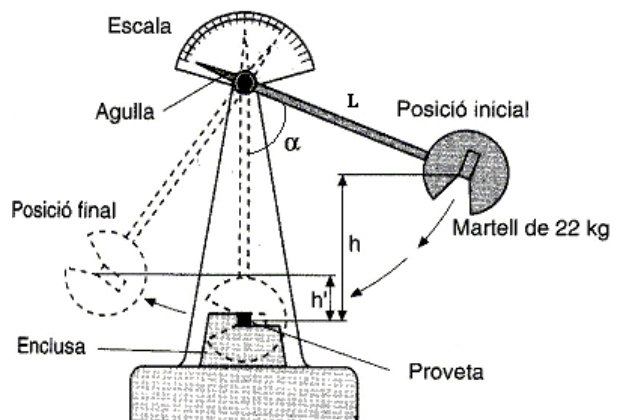
Càrrega aplicada = 3000 kp

Temps d'aplicació = 15 s

Quan val el diàmetre de la marca **d** si el valor de la $S = \frac{\pi \cdot D \cdot [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}{2}$

9. Amb un assaig de resiliència esbrina l'energia necessària per trencar d'un sol cop el següent material de prova si sapiguem :

- L'angle inicial respecte la vertical és de **60°**
- L'angle final és de **30°**
- L = **80 cm** .
- S = 0,75 mm²



10. Deixem caure des de una alçària de 254 mm un martell de 20 Kg . L'escala està graduada del 0 al 140 (valors del coeficient de duresa al rebot) . Si el coeficient de duresa és de 80 . Quin percentatge de l'energia s'ha perdut en forma de calor ?

11. Hem realitzat un assaig de duresa HB (20,5000,15) sobre un material i hem obtingut una marca de 7,82 mm de diàmetre .

a) Quina és la duresa d'aquest material ?
$$S = \frac{\pi \cdot D \left[D - \sqrt{D^2 - d^2} \right]}{2}$$

b) quin material pot ser ?
$$HB = \frac{F}{S}$$

Material	HB (Kp/ mm ²)
acer per eines	500
acer dur	210
acer dolç	110
Bronze	100
Llautó	50
Alumini	25 a 30

12. Deixem caure des de una alçària de 300 mm un martell de 25 Kg . L'escala està graduada del 0 al 140 (valors del coeficient de duresa al rebot) . Si el coeficient de duresa és de 60 . Quin percentatge de l'energia s'ha perdut en forma de calor ?

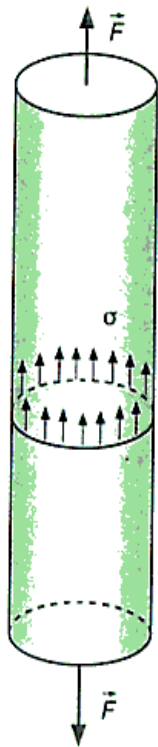
13. Hem realitzat un assaig de duresa HB (15,5000,15) sobre un material i hem obtingut una marca de 6 mm de diàmetre .

c) Quina és la duresa d'aquest material ?
$$S = \frac{\pi \cdot D \left[D - \sqrt{D^2 - d^2} \right]}{2}$$

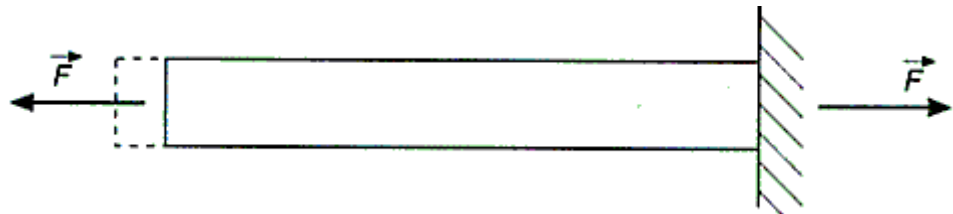
d) quin material pot ser ?
$$HB = \frac{F}{S}$$

Material	HB (Kp/ mm ²)
acer per eines	500
acer dur	210
acer dolç	110
Bronze	100
Llautó	50
Alumini	25 a 30

Tracció i Elasticitat



Esforç o tensió normal: $\sigma = \frac{F}{S}$ Allargament Unitari: $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$



Llei de Hooke: $\sigma = E \cdot \varepsilon$; E : Mòdul de Young

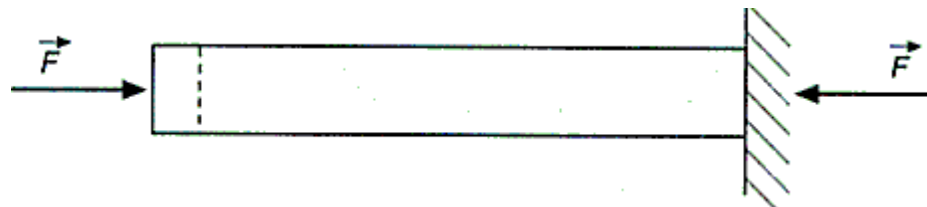
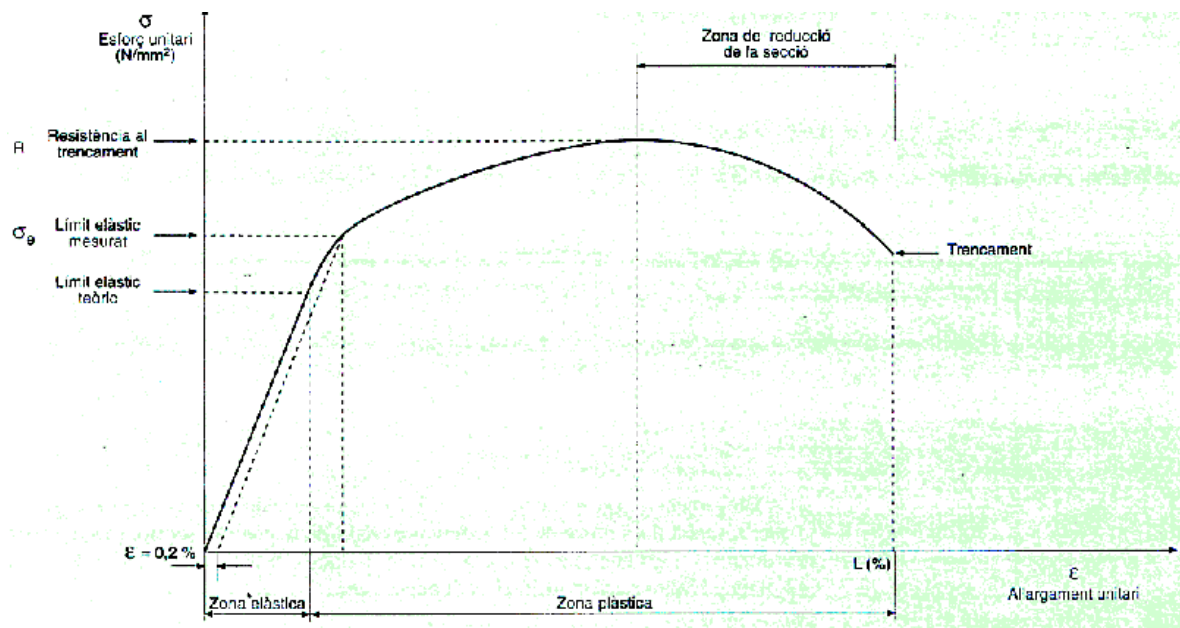
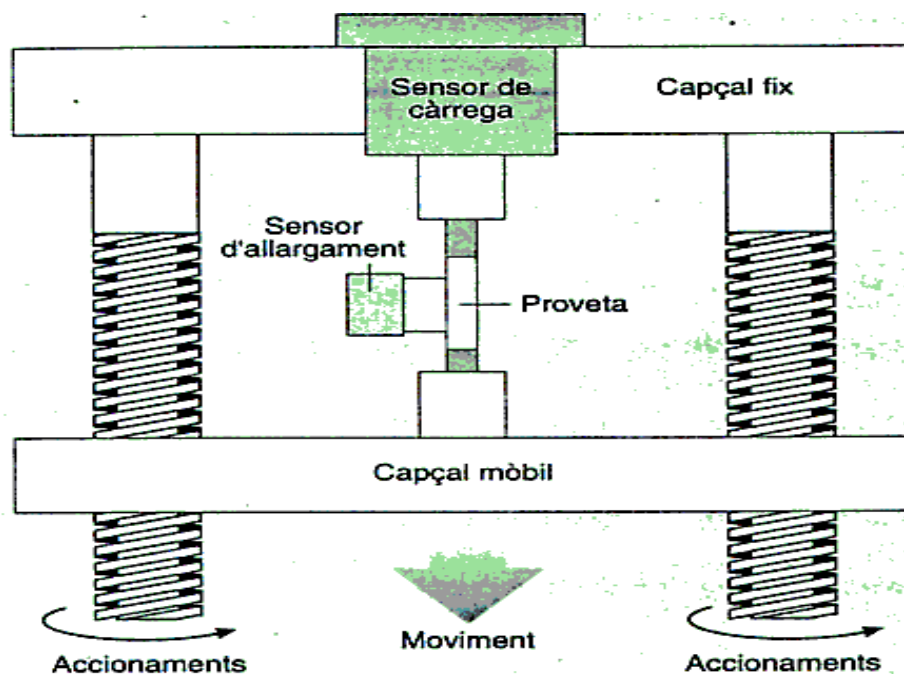


Diagrama de Tracció

n : coef. seguretat = $\frac{\sigma_L}{\sigma_T}$

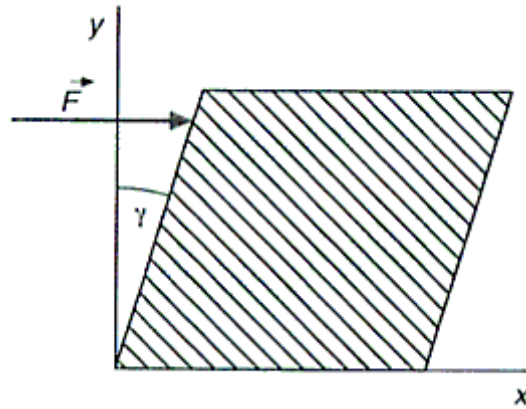


Assaig de Tracció

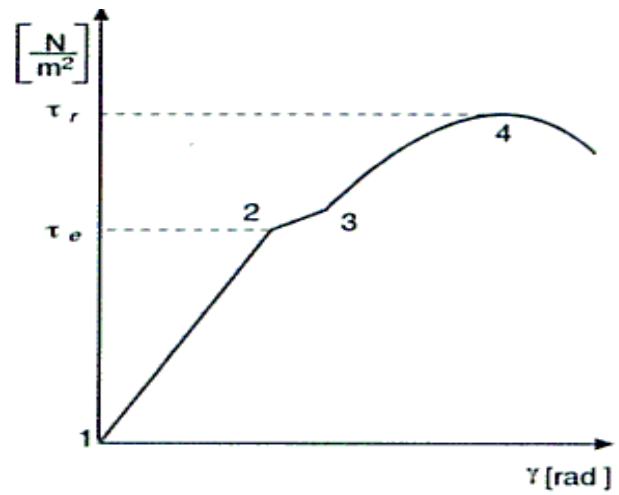
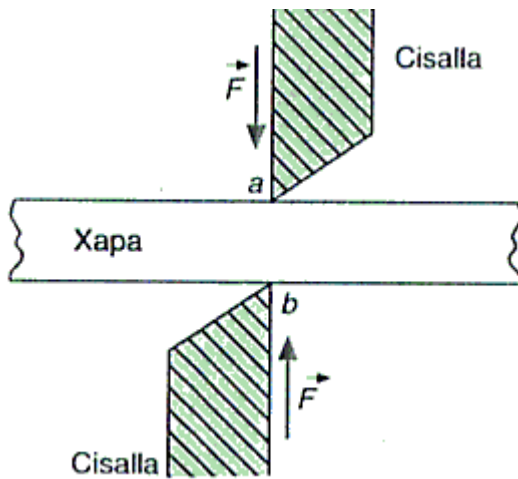


Valors de l'assaig de tracció d'alguns materials					
Material	Densitat (g/cm ³)	Mòdul elàstic E (N/mm ²)	Límit elàstic σ (N/mm ²)	Resistència al trencament R (N/mm ²)	Allargament ϵ (%)
Ferro	7,87	207 000	130	260	45
Fòsa esferoïdal	7,12	165 000	275	415	18
Acer (baix en C)	7,86	207 000	295	395	37
Acer (mig en C)	7,84	207 000	350	520	30
Acer (alt en C)	7,85	207 000	380	615	25
Alumini	2,71	69 000	17	55	25
Aliatge lleuger	2,80	72 000	97	186	18
Coure	8,94	110 000	69	220	45
Llautó	8,53	110 000	75	303	68
Bronze	8,8	110 000	152	380	70
Níquel	8,9	207 000	138	483	40
Plata	10,49	76 000	55	125	48
Titani	4,51	107 000	240	330	30
Polietilè	0,96	1 080	—	26	de 10 a 1 200
Polipropilè	0,9	1 350	—	36	de 100 a 600
Nílo	1,14	2 700	—	85	de 15 a 300
PVC	1,4	3 300	—	47	de 40 a 80
Cautxú	0,98	4,6	—	28	de 500 a 760

Esforç tallant

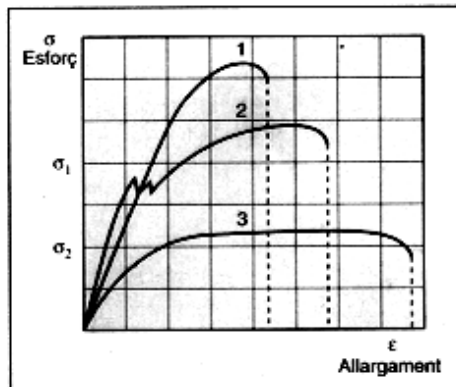
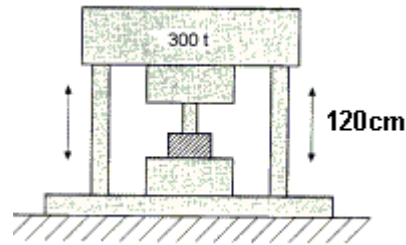


$$\tau = G \cdot \gamma$$



1. En una premsa de **300 tones** de força hi ha dues columnes dde ferroc amb un límit elàstic de **250 MPa** i $E = 175 \text{ GPa}$. Si volem treballar amb un coeficient de seguretat $n=3,5$, esbrina :

- El diàmetre de les dues columnes
- L'escurçament de cada columna expressat en mm .



2. A la figura següent hi ha representats els diagrames de tracció de tres materials diferents (1 , 2 i 3) . Contesta :

- Quin és el més rígid ?
- Quin admet deformacions elàstiques més grans ?
- Quin és més resistent al trencament ?
- Quin és més dúctil ?
- Com es comportarà cada material si els apliquem un esforç σ_1 ?
- Com es comportarà cada material si els apliquem un esforç σ_2 ?

3. Un cable d'acer de 3mm de diàmetre suporta el pes d'una caixa de 160 kg de massa.

- Quin és el valor de l'esforç unitari que està suportant ?
- Quin és el valor de l'allargament unitari ?
- Quin és el comportament del cable en aquesta situació ?

4. Un cable de ferro de 6mm de diàmetre suporta el pes d'una caixa

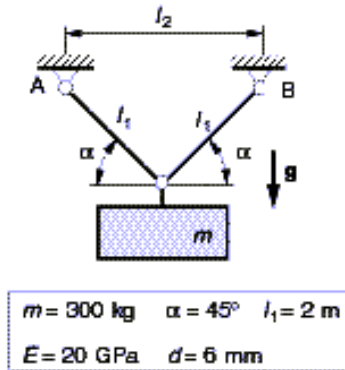
- Si $\epsilon = 0,01 \%$ quants Kg pesa la caixa ?
- Si $n = 2,5$ quants Kg màxim s'hi podran penjar ?

Dades : $E (\text{Ferro}) = 207000 \text{ N/mm}^2$; $\sigma_L = 130 \text{ N/mm}^2$

5. Un tub de **500 mm** de longitud té un diàmetre exterior de **75 mm** i una **espessor** de paret de **15 mm** . Determina l'escurçament a que estarà sotmés el tub si hi apliquem una càrrega axial de compressió de **50 kN** .

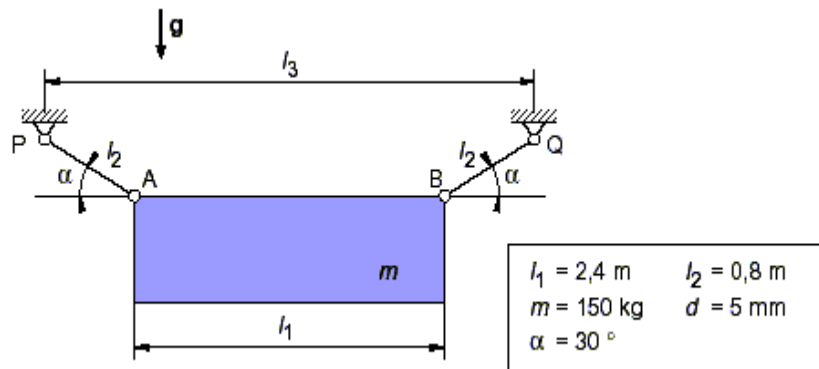
El mòdul d'elasticitat del material és de **103 GPa** .

6. La figura esquematitza un llum ornamental de massa $m = 300 \text{ kg}$ penjat del sostre mitjançant dos cables de diàmetre $d = 6 \text{ mm}$ i mòdul d'elasticitat $E = 20 \text{ GPa}$. Determineu:



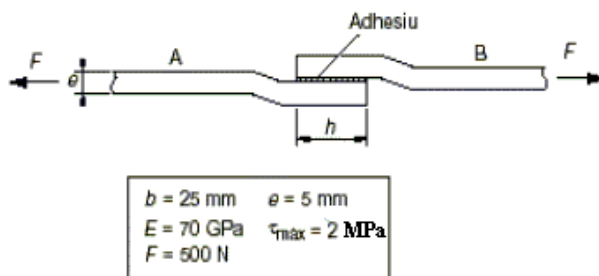
- La distància entre els anclatges A i B perquè l'angle dels cables amb l'horitzontal sigui de 45° , tal com s'indica.
- La força que fa cadascun dels cables.
- La tensió normal dels cables a causa de la força que fan.
- La deformació dels cables a causa de la seva tensió.

7. S'ha de penjar una pancarta rígida de massa $m = 150 \text{ kg}$ tal com s'indica a la figura. Els cables AP i BQ són de diàmetre $d = 5 \text{ mm}$. Determineu:



- La distància l_3 a la qual s'han de posar els ancoratges P i Q perquè l'angle dels cables amb l'horitzontal sigui de $\alpha = 30^\circ$, tal com s'indica.
- La força que fa cadascun dels cables. (Es recomana dibuixar el diagrama de cos lliure de la pancarta.)
- La tensió normal dels cables a causa de la força que fan.

8. Les barres A i B d'alumini (mòdul d'elasticitat $E = 70 \text{ GPa}$) tenen una amplada (dimensió perpendicular al dibuix) $b = 25 \text{ mm}$ i un gruix $e = 5 \text{ mm}$. S'han d'unir amb un adhesiu que pot aguantar una tensió tangencial màxima $\tau_{\max} = 2 \text{ MPa}$. Si la unió ha d'aguantar una força axial $F = 500 \text{ N}$, determineu:



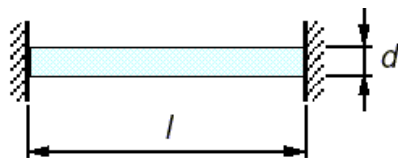
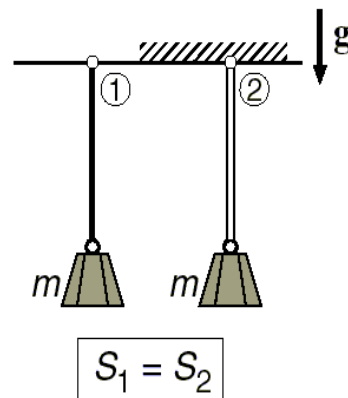
- La llargada h mínima de superposició de la junta.
- La tensió normal de les barres.
- La deformació de les barres causada per aquesta tracció.

9. El Zamak-5 és un aliatge de zinc que té una tensió de ruptura per tracció $\sigma_r = 330$ MPa. Quina força de tracció màxima suporta un eix massís de diàmetre $d = 12$ mm abans de trencar-se?

- a) 47,52 kN
- b) 37,32 kN
- c) 6,22 kN
- d) 3,96 kN

10. Es pengen dues càrregues iguals, de massa m , de dos tirants articulats als seus extrems. El tirant 1 és una barra massissa de secció circular i el tirant 2 és un tub cilíndric, foradat, amb una àrea de la seva secció transversal igual que la del tirant 1: $S_1 = S_2$. Si es comparen les tensions de tracció que suporten ambdós tirants, σ_1 i σ_2 , respectivament, es pot dir

- a) $\sigma_1 = \sigma_2$
- b) $\sigma_1 > \sigma_2$
- c) $\sigma_1 < \sigma_2$
- d) No es poden comparar sense conèixer les longituds d'ambdós tirants.

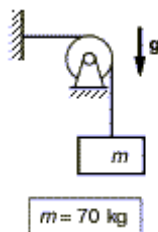


$$\begin{aligned} l &= 500 \text{ mm} & d &= 20 \text{ mm} \\ \alpha &= 18,7 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \\ E &= 207 \text{ GPa} \end{aligned}$$

11. La barra cilíndrica d'acer de la figura no pot variar de llargada a causa dels topalls que hi ha als seus extrems. Si se n'augmenta la temperatura en $t = 40$ °C, determineu:

- a) L'increment de llargada que tindria sense els topalls.
- b) La força que fan els topalls (igual a la força necessària per disminuir l'increment de llargada anterior).

12. Una corda de niló aguanta un paquet de $m = 70$ kg en la disposició mostrada a la figura. Si la resistència del niló a la ruptura per tracció és $m = 80$ N/mm², determineu la secció efectiva mínima de la corda perquè aquesta no es trenqui.



- a) 8,75 mm²
- b) 6,187 mm²
- c) 17,5 mm²
- d) 12,37 mm²

$$m = 70 \text{ kg}$$