

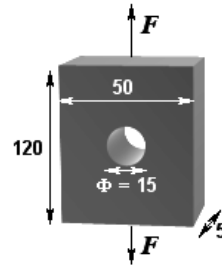
Mécanique de la rupture

SERIE N°

Ex01 :

On veut fabriquer des plaquettes selon la figure ci-dessous. Ces plaquettes sont soumises à des efforts de traction. Pour les faire, on dispose de deux matériaux, une céramique (de l'alumine Al_2O_3) et un alliage de l'aluminium. Les propriétés mécaniques de ces deux matériaux sont les suivantes :

	Al_2O_3	ALUMINIUM
$R_{e0,2}$ (MPa)	-	40
R_m (MPa)	250	110
A (%)	0	30

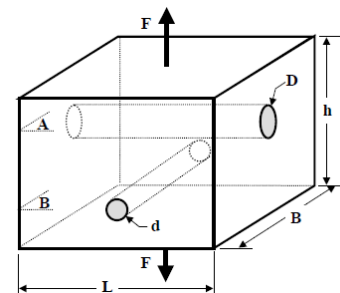


Lequel des deux matériaux peut se déformer plastiquement et pour quelle force apparaît cette déformation ?

Quelle sera, pour chaque matériau, la force causant la rupture de la plaquette ?

Ex02 :

Considérez une pièce de matériau fragile, percée de deux trous (voir figure ci-contre). Une force de F est appliquée à cette pièce. Sachant que la résistance R_m à la traction du matériau est égale à 2100 MPa, déterminez le plan (A ou B) où se produira la rupture et la valeur de la force (en kN) à la rupture.



Données :

$h = 10$ cm $L = 15$ cm $B = 20$ cm

$d = 2$ cm $D = 5$ cm

Ex03 :

Le cuivre commercialement pur et à l'état recuit a une limite proportionnelle d'élasticité $R_e = 40$ MPa.

Lorsqu'il est fortement écroui, la densité de dislocations Λ_y est égale à 10^{12} cm/cm³. La "tension de ligne" ou énergie élastique par unité de longueur de dislocation est égale à Gb^2 (avec G : module de Coulomb, b : vecteur de Burgers d'une dislocation). Pour Cu, $G = 46$ GPa et $b = 0,25$ nm.

a) Calculez l'énergie élastique W_{el} (en kJ/m³) emmagasinée dans le cuivre recuit à sa limite proportionnelle d'élasticité.

b) À quelle hauteur h_a (en m) doit-on élever un m^3 de cuivre recuit pour lui communiquer une énergie potentielle égale à cette énergie élastique ?

c) Calculez l'énergie W_d (en kJ/m³) emmagasinée dans du cuivre écroui et associée à la présence des dislocations.

d) À quelle hauteur h_a (en m) doit-on élever un m^3 de cuivre écroui pour lui communiquer une énergie potentielle égale à cette énergie interne due aux dislocations ?

Données :

Module d'Young du cuivre $E = 130$ GPa

Masse volumique du cuivre $\rho = 8,96$ g/cm³

Accélération de la pesanteur $g = 9,81$ m/s

Ex04 :

Considérez une tige de verre ayant une longueur de 10cm et une section de 10mm². Cette tige contient une rayure superficielle, assimilable à une fissure semi-elliptique et de profondeur $a=6\mu m$ et de rayon de courbure r à fond d'entaille de 0,2 nm.

Supposez que la résistance théorique à la traction du verre soit égale à $E/10$, où E est le module de Young du verre ($E = 70$ GPa).

a) Calculez sous quelle force appliquée (en N) la tige de verre se rompt.

b) Calculez l'énergie (en J) emmagasinée dans la tige juste avant sa rupture.

c) Cette énergie est-elle de nature élastique ou plastique? Est-elle ou non restituable après rupture?

Ex05 :

Comme seul et unique défaut, une plaque de verre contient une fissure débouchante semi-elliptique et perpendiculaire à surface. La profondeur a de cette fissure est de 1 μm et son rayon de courbure r est égale à 0.48 nm.

Calculez la contrainte appliquée pour laquelle la fissure est en situation énergétique favorable pour se propager.

Calculez la contrainte appliquée pour laquelle la fissure est en situation mécanique favorable pour se propager.

Si on applique une contrainte de 120 MPa à la plaque de verre, celle-ci se rompra-t-elle ?

EX06 :

Le facteur critique d'intensité de contrainte K_{IC} est un paramètre qui caractérise la ténacité d'un matériau. Considérez un acier à haute résistance, utilisé pour la fabrication de pièces forgées. Le procédé de forgeage peut introduire des défauts (facteur géométrique $a=1$), mais les méthodes disponibles d'inspection ne permettent pas de détecter des défauts dont les dimensions sont inférieures à 5 mm.

En considérant les caractéristiques mécaniques suivantes de l'acier, calculer la contrainte maximale de traction à laquelle pourra être soumis une pièce forgée.

Données :

$$R_{e0.2} = 1720 \text{ MPa}$$

$$R_m = 2040 \text{ MPa}$$

$$A = 12 \%$$

$$K_{IC} = 95 \text{ MPa.m}^{1/2}$$

EX07 :

Les propriétés mécaniques des aciers (excepté leur rigidité) peuvent être modifiées par des traitements thermiques. À titre d'exemple, considérez un acier de types 6140(0.4% C- 1.3% Cr- 0.12% V) dans trois états A, B et C, à la suite de trois traitements thermiques différents. Le tableau donne les principales caractéristiques mécaniques de chacun des ces états.

- Classez ces trois états dans l'ordre décroissant de ténacité.
- Calculez en première approximation le rapport ténacité de B/ténacité de A.

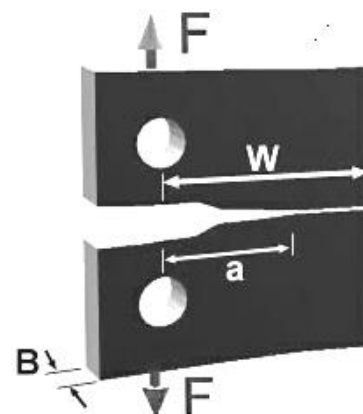
ETAT	R_e (MPa)	R_m (MPa)	A %	DURETE HRC
A	140	820	20	27
B	1950	2150	12	52
C	2100	2200	5	53

$$S = (A/2) (R_{e0.2} + R_m)$$

EX08 :

On réalise un essai de ténacité sur une éprouvette CT faite d'un alliage d'aluminium ($R_{e0.2} = 260 \text{ MPa}$; $R_m = 330 \text{ MPa}$; $A = 15 \%$). L'éprouvette a une largeur $W = 50 \text{ mm}$ et une épaisseur $e = 10 \text{ mm}$. La fissure initiale, présente dans l'éprouvette, a une longueur $a = 15 \text{ mm}$. Au cours de l'essai, la rupture brutale de l'éprouvette survient quand la force appliquée est égale à 50 kN.

- Quelle est la valeur (en $\text{MPa.m}^{1/2}$) du facteur critique d'intensité de contrainte K_{IC} de cet alliage ?
- Si la fissure initiale avait eu une longueur $a = 4 \text{ mm}$, y aurait-il eu rupture brutale de l'éprouvette ? Justifiez votre réponse par des calculs appropriés.



EX09 :

Une plaque de verre ordinaire comporte une entaille de forme semi-elliptique sur un côté et est soumise à une force de traction $\mathbf{F}$. Les dimensions caractéristiques (en mm) de la plaque et de l'entaille sont données sur le plan ci-contre. Les propriétés du verre ordinaire sont les suivantes :

$$E = 70 \text{ GPa} ; R_m = 40 \text{ MPa} ; \gamma_s = 0,1 \text{ J/m}^2$$

Est-ce que les conditions énergétique et mécanique de propagation brutale du défaut sont satisfaites si la force $\mathbf{F}$ est égale à 8 kN ? Y aura-t-il rupture brutale de la plaque ?

