EPREUVE DE METALLURGIE

I - Mécanique de la rupture

On veut connaitre le facteur d'intensité de contrainte K_{Ic} d'une céramique thermomécanique à comportement fragile. Pour des raisons de fabrication, il n'est pas possible d'utiliser des éprouvettes normalisées. On se servira donc de la méthode de la compliance.

On utilisera des éprouvettes de flexion fissurées en mode I selon le schéma de la figure 1. On supposera que la rupture se produit en état de déformation plane.

1°/ Définir le taux de la libération d'énergie potentielle de fissuration G_I,

2°/ La méthode de la compliance nécessite des éprouvettes ayant des longueurs de fissure variables. Quel que soit la longueur de la fissure, les essais entrepris conduisent à des courbes force-déplacement schématisées par la figure 2. Les résultats sont résumés dans le tableau I.

a) Définir la compliance, calculer la compliance de chaque éprouvette,
b) Etablir la relation entre G_I, la force appliquée et la variation de la compliance avec l'accroissement de la fissure,
c) Calculer G_{Ic} pour ce matériau. En déduire la valeur de K_{Ic}.

Tableau I

Echantillon	Force de rupture (Newtons)	longueur de fissure (µm)	déflexion à la rupture (µm)
1	50	150	30
2	46	200	28,5
3	43	250	27,6
4	39	300	26,1

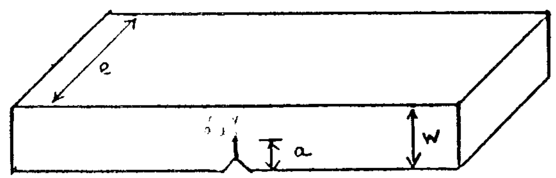
N.B. Le module élastique de ce matériau est 7.10^{11} Pa son coefficient de Poisson 0,25. $= 7\,10^5\ N/m^2$

II - Analyse d'image

1°/ Définir la transformation par érosion.

2°/ Comment calcule-t'on les nombres de connexité $N_0(X)$, $N_1(X)$ et $N_2(X)$ sur un analyseur d'image à maille carrée?

3°/ Quels sont les paramètres stéréologiques accessibles avec ces nombres de connexité? Donner les relations correspondantes.



W = 5 mm , e = 10 mm

Fig 1

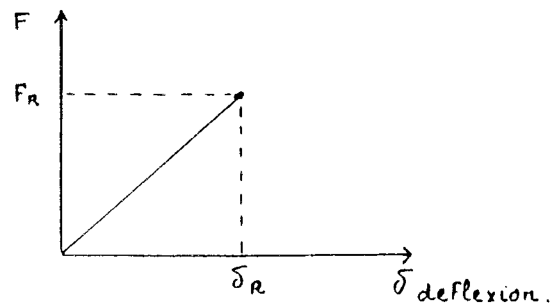


Fig 2

1987 / 1988

I Mécanique de la rupture

1°) Le taux de libération d'energie potentielle G_I est le rapport de la variation d'energie potentielle à l'augmentation de la surface de la fissure lors de cette libération de E_p.
C'est en fait l'énergie relâchée par l'accroissement de la surface de la fissure.

$$\rightarrow \quad \boxed{G_I = -\frac{dE_p}{dA}}$$

2°) a) Lorsqu'un matériau n'est pas fissuré, sa courbe de traction présente dans le domaine élastique une pente, conformément à la loi de Hooke : $\sigma = E\,\varepsilon$

Lorsque le matériau est fissuré, la pente s'abaisse car il est ⊖ résistant. On définit alors la pente de la courbe de traction :

$$\boxed{\frac{\Delta F}{\Delta l} = \frac{1}{C(a)}} \qquad (\Delta l = \delta)$$

où $C(a)$ est la compliance.

	1	2	3	4
C(a)	0,6	0,619	0,642	0,662

b) On a $E_p = \frac{1}{2} F \Delta l$ et $dA = e\,da$

$$\rightarrow \quad G_I = \frac{1}{2e}\frac{dF}{da}\Delta l$$

$$= -\frac{\Delta l}{2e}\cdot \Delta l \frac{d}{da}\left(\frac{1}{C(a)}\right)$$

$$\rightarrow \quad G_I = -\frac{\Delta l^2}{2e}\left(-\frac{1}{C_{(a)}^2}\right)\frac{dC(a)}{da}$$

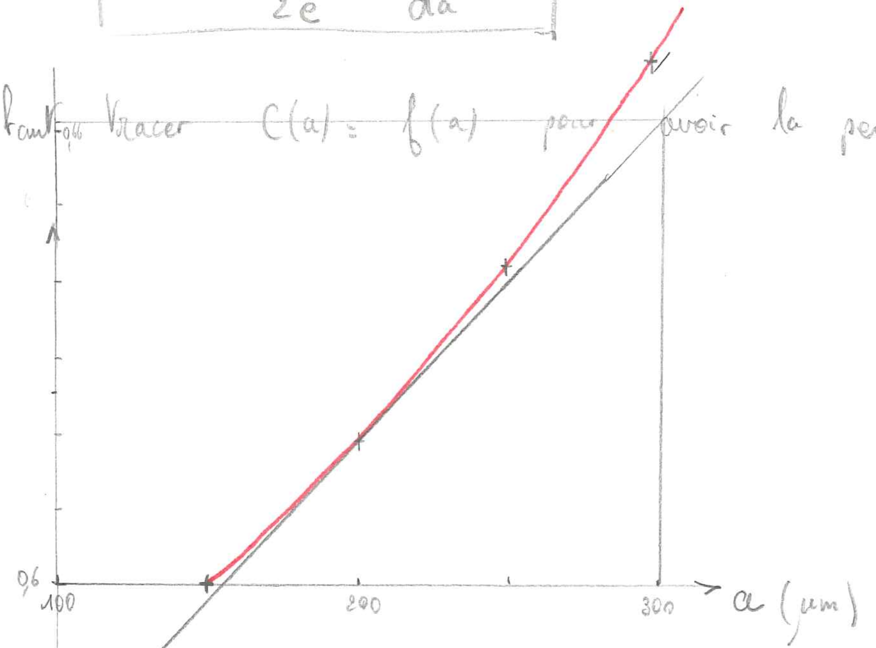
$$\rightarrow \quad G_I = \frac{1}{2e}\left(\frac{\Delta l}{C_{(a)}}\right)^2 \frac{dC(a)}{da}$$

$$\boxed{G_I = \frac{F^2}{2e}\,\frac{dC(a)}{da}}$$

c)

$$\rightarrow \quad \boxed{G_{IC} = \frac{F_R^2}{2e}\,\frac{dC(a)}{da}}$$

il faut tracer $C(a) = f(a)$ pour avoir la pente :



prenons la pente en $a = 200\ \mu m$ ($C(a) = 0,619$)

$$\rightarrow \quad \frac{dC(a)}{da} = \frac{0,661 - 0,576}{300 - 100} = 4,25 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\mu m / N}{\mu m}\right)$$

pour $a = 200\ \mu m$: $F_R = 46\ N$

$e = 10 \cdot 10^{-3}\ m$

$$\rightarrow \quad \boxed{G_{IC} = 44,965\ N/m}$$

Nous sommes en présence d'éprouvettes épaisses, donc :

$$G_{IC} = \left(\frac{1 - \nu^2}{E}\right) K_{IC}^2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{K_{IC} = 5794\ \frac{N}{m^{3/2}}}$$

$$\left(\frac{N}{m} \cdot \frac{N}{m^2}\right)^{1/2} = \frac{N}{m^{3/2}}$$

II Analyse d'images

1°) pas vu : potentiel électrochimique ?

2°)

$N_0(x) =$ nb de pixels à 1.

$N_1(x) =$ nb d'objets interceptés par 1 droite

$N_2(x) =$ nb sommets − nb arêtes + nb surface élém.
↑
carrés

3°) $N_0(x) = P_P(x)$. nb total de points

et $P_P(x) = L_L(x) = A_A(x) = V_V(x)$

$N_1(x) = N_L(x)$. unité de longueur et $S_V(x) = 4\, N_L(x)$

et $L_A(x) = \pi\, N_L(x)$

$2\pi\, N_2(x) = M_3(x)$ et $M_V(x) = \dfrac{M_3(x)}{u\ vol}$ et $M_V(x) = M_A(x)$

$$\longrightarrow \quad N_0(x) \xrightarrow{nb\ tot} P_P(x) \longrightarrow \begin{array}{ccccc} L_L(x) & ; & A_A(x) & ; & V_V(x) \\ \downarrow ul & & \downarrow us & & \downarrow uv \\ L_1(x) & & A(x) & & V(x) \end{array}$$

$$N_1(x) \xrightarrow{ul} N_L(x) \longrightarrow \begin{array}{ccc} S_V(x) & ; & L_A(x) \\ \downarrow uv & & \downarrow us \\ S(x) & & L_2(x) \end{array}$$

$$N_2(x) \longrightarrow M_3(x) \xrightarrow{uv} M_V(x) \longrightarrow \begin{array}{c} M_A(x) \\ \downarrow us \\ M_2(x) \end{array}$$