Université Mohamed Boudiaf de Msila

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

Niveau : 2ièmeAnnée CM

Résolution des exercices de la Série de TD N°2 (Matériaux composites unidirectionnels)

Réponse 1 :

1- **$E_c = V_f \cdot E_f + (1\ V_f).E_m = (0.2 \times 200) + (0.8 \times 3) = 42.4$ Gpa**

2- Fraction volumique requise des fibres de verre :

$E_c = V_{fv} \cdot E_v + (1 - V_{fv}) \cdot E_m$

Ce qui donne :

$$V_{fv} = \frac{(E_c - E_m)}{(E_{fv} - E_m)} = \frac{42.2 - 3}{75 - 3} = 0.547 = 54.7\%$$

3- **Composite ayant un comportement purement élastique :**

- Allongement à la rupture des fibres :

$$A_{fc} = \frac{R_{mf}}{E_f} = \frac{3}{200} = 1.5\%$$
$$A_{fv} = \frac{R_{mf}}{E_f} = \frac{1.8}{75} = 2.4\%$$

- Allongement à la rupture de la matrice :

$$A_{cm} = \frac{R_{mm}}{E_m} = \frac{0.06}{3} = 2\%$$

On constate que pour (Verre-Epoxy), la matrice entre en déformation plastique avant que les fibres ne soient rompues.

Il y'a dans ce cas une partie élastique et une partie de déformation plastique. Pour le composite (Epoxy-Carbone) : **$A_{cm} > A_{fc}$**

D'où le comportement est purement élastique jusqu'à sa rupture.

4- **On calcul la contrainte sur la matrice**

$$\sigma_m = E_m A_{fc} = E_m \frac{R_{mf}}{E_f} = \frac{3\times3}{200} = 45\text{Mpa}$$

On applique la règle des mélanges aux contraintes s'exerçant dans les composants à l'instant de la rupture des fibres de carbone.

$$R_{mc} = V_{fc}R_{mf} + (1 - V_{fc})\sigma_m = (0.2 \times 3000) + (0.8 \times 45) = 636\text{Mpa}$$

Réponse 2 :

1. **Module d'Young du composite**

   En utilisant l'équation de la loi des mélanges, on obtient cette grandeur :

   $\boldsymbol{E_C}$ = [(0,4 x 70) + (0,6 x 3,4)] = 30,04 GPa

2. **Forces sur la matrice et sur les fibres pour une contrainte de 60 MPa**

   En utilisant les équations déduites de l'hypothèse d'une même déformation dans les fibres comme dans les matrices :

$$\boldsymbol{\varepsilon_f = \varepsilon_m} \text{ d'où } \frac{\sigma_f}{E_f} = \frac{\sigma_m}{E_m}$$

Nous pouvons démontrer aisément que le rapport de la force Ff appliquée sur les fibres à celle Fm s'exerçant sur la matrice est égal à :

$$\frac{F_f}{F_m} = \frac{V_f.E_f}{V_m.E_m}$$

Ce qui, dans le cas présent, donne la valeur suivante :

$\boldsymbol{F_f/F_m=13.73}$ ....(1)

Sur la section supportant les charges, la force totale F ou force composite F_c qui s'y exerce est égale à la somme de la force Fm s'exerçant sur la matrice et de celle F s'exerçant sur les fibres

$$\boldsymbol{F_t = \sigma.S = F_m + F_f}$$

En tenant compte du résultat obtenu en (1) et des données du problème, nous écrivons :

$$\boldsymbol{F_t=18KN=F_m+13.73F_m=14.73F_m,\ \text{soit}\ F_m= 1.22KN}$$

Et donc :

$\boldsymbol{F_t=16.78KN}$

3. Déformation de la matrice et des fibres pour une contrainte de 60 MPa

Dans un composite à fibres continues alignées soumis à une force longitudinale, la déformation Cf des fibres, celle 8m de la matrice et celle ε_c du composite sont toutes égales. Il suffit donc de calculer, grâce à la loi de Hooke, la déformation du composite pour la contrainte considérée :

$$\varepsilon_C = \varepsilon_m = \varepsilon_f = \sigma/E_C = (60 \text{ MPa}/30 \text{ GPa}) = 2\text{x}10\text{-}3 = 0{,}2\ \%$$

4. Résistance à traction du composite

Il faut tout d'abord vérifier lequel parmi le renfort ou la matrice qui se rompt en premier en calculant leur allongement respectif à la rupture, soient A_f et A_m :

$$A_f = (3 \text{ GPa} / 70 \text{ GPa}) = 4{,}29 \text{ x } 10\text{-}2 = 4{,}29\ \%$$
$$Am = (70 \text{ MPa}/3{,}4 \text{ GPa}) = 2{,}06 \text{ x } 10\text{-}2 = 2{,}06\ \%$$

Par conséquent, c'est la matrice qui se rompt en premier lieu car $A_m < A_f$. En utilisant la règle des mélanges qu'on applique aux contraintes, on en déduit la résistance à la traction du composite :

$$R_{mC} = (1 - V_f)R_{mm} + V_f\sigma_f$$

Avec :

$$\sigma_f = E_fA_m = E_f(R_{mm}/E_m) = 70 \text{ GPa x } 2{,}06 \text{ x } 10\text{-}2 = 1{,}442 \text{ GPa}$$

Donc :

$$R_{mC} = (0{,}6 \text{ x } 70) + (0{,}4 \text{ x } 1\,442) \text{ MPa} = 618{,}8 \text{ MPa} \approx 619 \text{ MPa}$$

$$R_{mC} = 619 \text{ MPa}$$