République Algérienne Démocratique Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun – Tiaret
Faculté des Sciences de la Matière
Département de Physique

Classe*: 2eme *Annee Master PM
Module: Matériaux Composites

CORRIGE EXAMEN 2023 – 2024

Questions de cours : **(04 pts)**

1. un matériau composite est composé de :
   a. La matrice **(0.25pts)**
   b. Le renfort **(0.25pts)**
   c. Les additifs **(0.25pts)**
   d. les charges sont **(0.25pts)**
2. Les grandes familles des composites sont :
   a. Composites à matrice organique (CMO) **(0.25 pt)**
   b. Composites à matrice céramique (CMC) **(0.25 pt)**
   c. Composites à matrice métalliques (CMM) **(0.25 pt)**
3. Quelques Caractéristiques des matériaux composites
   a. Légèreté **(0.5 pt)**
   b. Résistance mécanique élevée **(0.5 pt)**
   c) bonne rigidité et bonne résistance a la corrosion (0.5 pt)

   Sont les principales caractéristiques des matériaux composites
4. Les fibres améliorent les propriétés mécaniques du matériau composite **(0.75 pt)**

Ex :01 (04 pts)

a) Détermination de la fraction volumique des fibres V_f :

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} = \frac{\frac{m_f}{\rho_f}}{\frac{m_c}{\rho_c}} = \frac{m_f}{m_c}\frac{\rho_c}{\rho_f} = \frac{m_f}{m_c}.\frac{\frac{m_c}{v_c}}{\rho_f} = m_f.\frac{1}{v_c\rho_f} = \frac{m_f}{v_c\rho_f}$$, donc $\boldsymbol{V_f = \frac{m_f}{v_c\rho_f}}$ **(0.5 pt)**

b) Détermination de la fraction volumique de la matrice V_m:

$$V_m = \frac{v_m}{v_c} = \frac{\frac{m_m}{\rho_m}}{\frac{m_c}{\rho_c}} = \frac{m_m}{m_c}\frac{\rho_c}{\rho_m} = \frac{m_m}{m_c}.\frac{\frac{m_c}{v_c}}{\rho_m} = m_m.\frac{1}{v_c\rho_m} = \frac{m_m}{v_c\rho_m}$$, **donc**

$$V_m = \frac{m_m}{v_c\rho_m} \quad (0.5\,pt)$$

c) Détermination de la fraction volumique du vide V_v :

$$V_v = 1 - (V_f + V_m) = 1 - \left(\frac{m_f}{v_c\rho_f} + \frac{m_m}{v_c\rho_m}\right) = 1 - \frac{1}{v_c}\left[\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}\right] \quad (1\,pt)$$

A.N

$v_c = (2.54).(2.54)(0.3) = 1.935cm^3$, **donc** $v_c = 1.935cm^3$ $(0.5\,pt)$

$V_f = \frac{m_f}{v_c\rho_f} = \frac{1.863}{1.9(1.935)} = \frac{1.863}{3.676} = 0.5068 = 50.68\%$ $\quad V_f = 50.68\%$ $(0.5\,pt)$

$V_m = \frac{m_m}{v_c\rho_m} = \frac{m_c - m_f}{v_c\rho_m} = \frac{2.89-1.863}{1.2(1.935)} = \frac{1.117}{2.322} = 0.4810 = 44.23\%$ $\quad V_m = 48.10\%$ $(0.5\,pt)$

$V_v = 1 - \frac{1}{v_c}\left[\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}\right]$ **ou bien** $V_v = 1 - (V_f + V_m) = 1 - (0.5068 + 0.4810) = 0.0124$

$V_v = 1.24\%$ $(0.5\,pt)$

Ex :02 $(04\,pts)$

Données:

$l_f = 2.5m$, $d_f = 10^{-2}mm$, $(\sigma_f)_{max} = 3500MPa$, $V_f = 40\%$, $\tau_i = 75\,MPa$, $\sigma_m = 8MPa$

$\overline{\sigma_f} = (\sigma_f)_{max}\left[1 - \frac{l_c}{2l_f}\right]$ et $(\sigma_f)_{max} = 2\tau_i\frac{l_c}{d_f}$

Calcul de la résistance a la traction σ_u

Déterminons d`abord la longueur critique l_c a partir de la relation:

$$(\sigma_f)_{max} = 2\tau_i\frac{l_c}{d_f}$$

alors $l_c = (\sigma_f)_{max}\frac{d_f}{2\tau_i} = 3500.\frac{10^{-2}}{2(75)} = 0.23mm$ $(1\,pts)$

$l_c = 0.23mm$, *donc* $l_f > l_c$ $(0.5pts)$

Dans ce cas la résistance a la traction σ_c du composite est donnée par:

$$\sigma_c = \overline{\sigma_{fu}}\,V_f + \sigma_m V_m = (\sigma_f)_{max}\left[1 - \frac{l_c}{2l_f}\right]V_f + (1 - V_f)\,\sigma_m \quad (1.5pts)$$

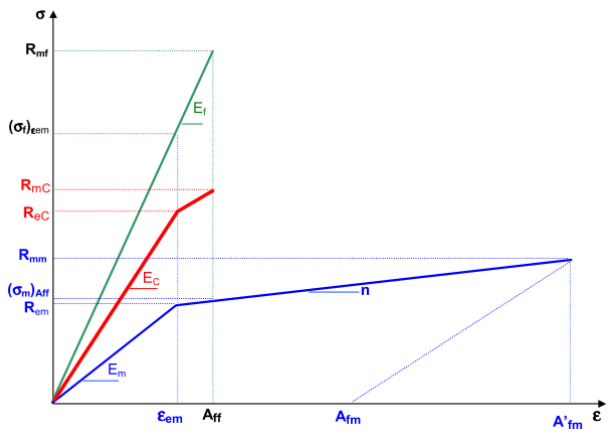
A.N $\sigma_c = 3500\left[1 - \frac{0.23}{2(2.5)}\right]0.4 + (0.6)8 = 3500(1 - 0.046)(0.4) + (0.6)(8)$

$$\sigma_c = (3500)(0.954)(0.4) + 4.8 = 1340.4\text{MPa}$$

$\sigma_c = 1340.4\text{MPa}$ $(1\ pts)$

Ex :03(08 pts)

a) La courbe de la traction de chacun des composants (matrice, renfort)



(1 pts)

b) Calcul du module d'Young *E* (en GPa) du composite

En appliquant la formule des mélange du modules des composants donnée par :

$E_c = V_f E_f + (1 - V_f)$ $(0.5\ pts)$

$E_c = 0.35(500) + 0.65(70) = 175 + 45.5 = 220.5\ GPa$ **donc**

$$E_c = 220.5\ GPa\ (0.5\ pts)$$

c) Calcul de l'allongement A_c (en %) du composite à l'instant de sa rupture

Pour répondre a cette question, il faut calculer l`allongement des composants (fibres et matrice) et prendre l`allongement le plus cout $(0.5\ pts)$

$A_f = \frac{R_{mf}}{E_f} = \frac{2500.10^{-3}}{500} = 0.5\%$ $(0.5\ pts)$

$A_m = \frac{R_{mm}}{E_m} = \frac{520.10^{-3}}{70} = 0.7\%$ $(0.5\ pts)$

On remarque que $A_f < A_m$

Donc l'allongement final A_c du composite à la rupture est égal à l'allongement **Aff** des fibres à l'instant de leur rupture. $(0.5\ pts)$

$\boldsymbol{A_c = A_f = \frac{R_{mf}}{E_f} = 0.5\%}$ $\boldsymbol{(0.5\ pts)}$

d) Calculez la limite d'élasticité $\boldsymbol{R_{e_c}}$ (en MPa) du composite.

Pour vérifier si la courbe de traction du composite a une limite d'élasticité, il faut vérifier si la matrice a commencé à se déformer plastiquement avant que les fibres ne se rompent. C'est le cas de figure représentée ci-dessus. Il faut donc vérifier si la $\boldsymbol{(0.5\ pts)}$déformation $\boldsymbol{\varepsilon_{em}}$, atteinte dans la matrice à sa limite d'élasticité, est inférieure à l'allongement à la rupture $\boldsymbol{A_{ef}}$ des fibres calculé à la question précédente.

$\varepsilon_{em} = \frac{R_{em}}{E_m} = \frac{280.10^{-3}}{70} = 0.4\%$ $\boldsymbol{(0.5\ pts)}$

On constate que $\boldsymbol{\varepsilon_{em} < A_{ff}}$ $\boldsymbol{(0.5\ pts)}$

On applique la règle des mélanges aux contraintes existant dans la matrice et dans les fibres et qui correspondent à la déformation ε_{em} à la limite d 'élasticité de la matrice (voir figure ci-dessus).

$R_{ec} = V_f(\sigma_f)_{(\varepsilon_{em})} + (1 - V_f)R_{em} = V_f.(E_f.\varepsilon_{em}) + (1 - V_f)R_{em}$ $\boldsymbol{(0.5\ pts)}$

$$R_{ec} = 0.35(500.10^3).(4.10^{-3}) + 0.65(280) = 882MPa$$

$\boldsymbol{R_{ec} = 882\ MPa}$ $\boldsymbol{(0.5\ pts)}$

e) Calculez la résistance à la traction $\boldsymbol{R_{m_c}}$

On applique la règle des mélanges aux contraintes s'exerçant dans la matrice et dans Les fibres à l'instant de la rupture des fibres, c'est-à-dire pour la déformation $\boldsymbol{A_f}$ (voir figure ci-dessus).

$\boldsymbol{R_{mc} = V_f.R_{mf} + (1 - V_f)(\sigma_m)_{A_f}}$ $\boldsymbol{(0.5\ pts)}$

$\boldsymbol{.\ R_{mc} = 0.35(2500) + 0.65(282) = 875 + 183.5 = 1058.3MPa}$

$\boldsymbol{R_{mc} = 1058.3\ MPa}$ $\boldsymbol{(0.5\ pts)}$