Université Laghrour Abbes Khenchela Module : *Rhéologie* des *matériaux*
Faculté : Sciences et Technologie, Dpt : Génie mécanique
3eme G. Mécanique. *Pr, Chahaoui – 24 Mai 2025*

Examen final

Exercice 1 : (7points)

Les vitesses de déformation en fluage à l'état stationnaire de l'aluminium à une température de 500 °C (773 K) sont mesurées pour les contraintes suivantes :

$\dot{\varepsilon}$ (s^{-1})	σ (*MPa*)
$2{,}0 \times 10^{-4}$	40
$2{,}5 \times 10^{-5}$	20

L'énergie d'activation pour le fluage est donnée par : Q=142 000 J/mol

Question :

Calculez la vitesse de déformation en fluage à l'état stationnaire pour une température de 400 °C (673 K) et un niveau de contrainte de 30 MPa.

Exercice 2 : (7 points)

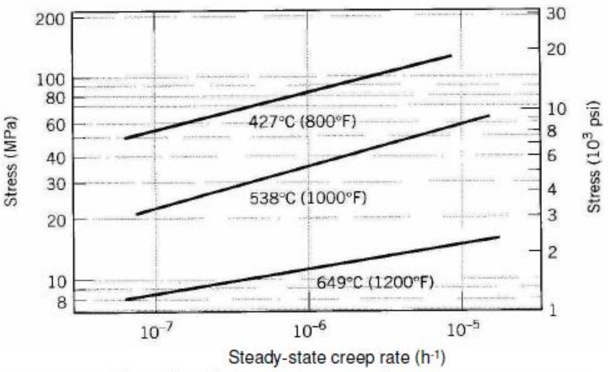
Un matériau viscoélastique suit le modèle de Maxwell. Le module de Young (ressort) est de 80 MPa et la viscosité (dashpot) est de 960 MPa·s.

1. Calculez le temps de relaxation du matériau.
2. Le matériau est soumis instantanément à une déformation constante de 0,15. Quelle sera la contrainte après 8 secondes ?
3. Déterminez le temps nécessaire pour que la contrainte devienne 1/5 de sa valeur initiale.

Exercice 3 : (6 points)

Un échantillon de longueur initiale est 1015 mm d'un alliage à faible teneur en C-Ni doit être exposé à une contrainte de traction de 60 MPa à 538ºc.

a- Supposons que l'allongement du fluage primaire est de 1,3 mm, calculer la déformation ainsi que le module d'Young correspondant si le comportement est élastique linéaire.
b- Déterminer son allongement après un temps de maintien de 10000 heures en régime stationnaire
c- Déterminer son allongement total de l'échantillon.



Stress (logarithmic scale) versus steady-state creep rate (logarithmic scale) for a low carbon–nickel alloy at three temperatures. (From *Metals Handbook: Properties and Selection: Stainless Steels, Tool Materials and Special-Purpose Metals*, Vol. 3, 9th edition, D. Benjamin, Senior Editor, American Society for Metals, 1980, p. 131.)

NB : Steady state creep=fluage en régime stationnaire $\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt} = \frac{dL}{dtL_0} = s^{-1}$

****

Méthode de résolution exigée.

Corrigé type :

Solution 1.

D'abord, on déduit les constantes n et β. Prendre des logarithmes naturels des deux côtés de l'équation :

$\dot{\varepsilon} = \beta \sigma^n \exp(-\frac{Q}{RT})$

$$\ln \dot{\varepsilon} = \ln \beta + n \ln \sigma - \frac{Q}{RT} \rightarrow \text{ 2pts}$$

La différence entre les (2) équations donne la valeur du coefficient de Norton

$$n = \frac{\ln(\frac{\dot{\varepsilon}_1}{\dot{\varepsilon}_2})}{\ln(\frac{\sigma_1}{\sigma_2})} \approx 3 \quad \text{2pts}$$

Remplaçant dans l'une des deux équations on peut déduire la valeur de la constante β

$\Rightarrow \beta \approx 12.45$ 2pts

Maintenant il est possible de déterminer la vitesse de déformation du fluage à l'état stationnaire à une température de 400 ° C (637 K) et un niveau de contrainte de 30 *MPa*.

$\dot{\varepsilon} = \beta \sigma^n \exp(-\frac{Q}{RT}) \approx 7{,}5.10^{(-7)} s^{-1}$ 1pts

Solution 2

a) Calculer le temps de relaxation du matériau.

La constante **λ =η/E** est homogène à un temps, **λ** désigne le temps de relaxation viscoélastique du modèle de Maxwell

λ =η/E=12 s 2pts

b) Si le matériau est étiré à une déformation de 0,2 ; quelle sera la contrainte dans le matériau après **6** secondes ?

$\boldsymbol{\sigma_0 = E \cdot \varepsilon_0 = 12MPa}$ 1pt

$\boldsymbol{\sigma(t) = \sigma_0 e^{\frac{-t}{\lambda}}}$ et après 8 secondes **σ(t=8 s)=σ₀·exp(−t/ λ= 6.16 MPa** 2pt

c) Combien de temps faut-il pour que la contrainte atteigne un **1/5** de sa valeur initiale $\boldsymbol{\sigma_0}$?

***t* = -12 ln(1.232/6.16)= 19.31 s** 2pts

Solution 3

a- $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{1.3}{1015} = 0.00128 \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{60}{0.00128} = 46.875\, GPa$ 1pts

b- D'après la ligne de 538°C de la figure, le taux de fluage en régime stationnaire **dε/dt** est d'environ 10^{-5} h^{-1} à 60 MPa.

La déformation de fluage en régime permanent, **ε**, n'est donc que le produit de $\dot{\epsilon}$ et du temps (t).

$$\epsilon = \dot{\epsilon} \times t = 5 \text{ x } 10^{-7} \text{ h}^{-1} \times 10000\, h = 0.005$$

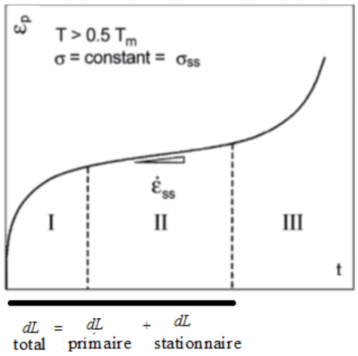
$\varepsilon = \dot{\varepsilon} \,.\, t = 10^{-5} h^{-1}.10000$ h= 0,1 2pts

Les relations déformation et allongement sont :

.

$dL = L_0 \,.\, \varepsilon$=1015 mm . 0,1= 101,5 mm 1pts

Enfin, l'allongement total n'est que la somme de ce $\boldsymbol{dL}$ et du total des allongements de fluage stationnaire et primaire [c'est-à-dire, 1,3 mm].



Et donc :

ΔL(total) =1,3+101,5=102,8 mm 2pts