

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2011

Toute documentation permise
 Calculatrices : modèles autorisés seulement
 Durée de l'examen : 3 heures
 25 points par question, total de 100 points

98 – Mét-A2 Phénomènes d'échanges métallurgiques en français

Question 1

La distribution de température d'un fluide dans un tube est donné par :

$$\frac{T - T_R}{T_0 - T_R} = 1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2$$

Où T_R est la température à la paroi ($r=R$) et T_0 est la température au centre du tube ($r=0$). On suppose que le fluide peut être représenté par un écoulement piston (« slug flow », c'est-à-dire que la vitesse $v_z = V$ (constante) dans toute la section.

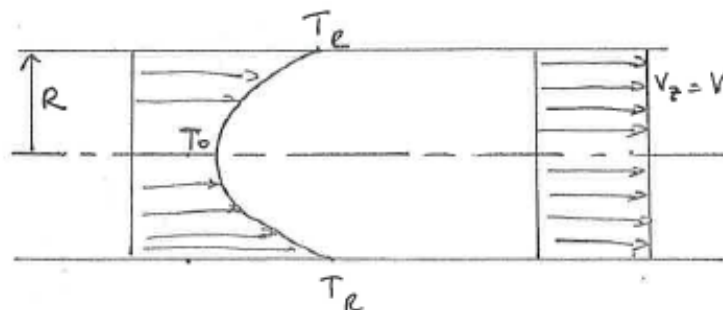
Dérivez une expression pour le coefficient de transfert de chaleur en utilisant la température de mélange T_m pour que :

$$h = \frac{q_{r=R}}{T_m - T_R}$$

et

$$T_m = \frac{\int_0^R v_z T 2\pi r dr}{\int_0^R v_z 2\pi r dr}$$

(La réponse prend la forme du nombre de Nusselt constant).



Question 2

Solidification

Calculez le temps nécessaire pour solidifier une plaque de nickel de 5 cm d'épaisseur coulée dans un moule épais de cuivre pour les cas suivants.

- a) Contact parfait, aucune résistance à l'interface moule-métal.
- b) La résistance à l'interface est évaluée au moyen d'un coefficient de transfert de chaleur de 570 watts $\text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$.

Données :

	Cuivre	Nickel
P, kg m^{-3}	9 000	7 850
K, $\text{Wm}^{-1} \text{K}^{-1}$	390	35
Cp, $\text{J Kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	380	670
Tm, K	1 356	1 728
Hf, J kg^{-1}	$2,05 \times 10^5$	$2,91 \times 10^5$

Question 3

On propose d'éliminer le zinc dans l'acier liquide par l'injection de l'argon dans une poche d'acier. La pression partielle de zinc peut être représentée par la relation $P_{Zn} = 1000 \times z_n$. Le transfert du zinc dépend du phénomène de transport dans la phase liquide seulement.

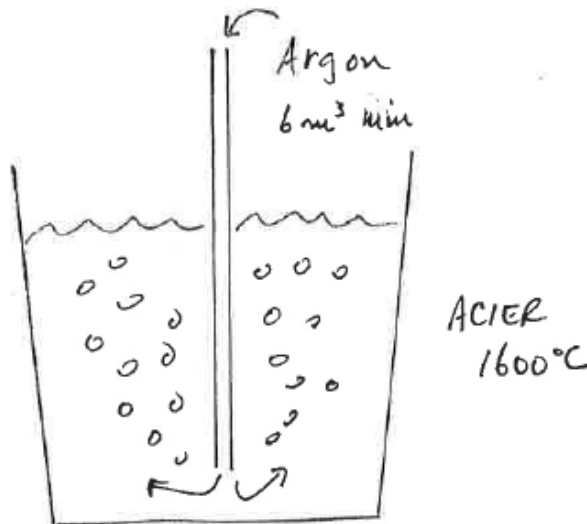
Calculez le temps nécessaire pour réduire la teneur en zinc de 0.5 à 0.1% molaire pour une poche contenant 100 tonnes d'acier à 1600°C.

Supposez que l'argon est injecté à 6 m³ par minute à une profondeur de 2 mètres sous la surface de l'acier liquide dans la poche, que la vitesse de montée des bulles mesurant 1 cm de diamètre est de 50 cm par seconde et que tout l'argon injecté est en forme de bulles sphériques.

Utiliser la relation ci-dessous pour calculer le coefficient de transfert de masse dans l'acier :

$$N_{Nu} = \frac{k_m d}{D} = 2.0 + (0.61) \left[(N_{Re})^{.48} (N_{Sc})^{.40} \right]^{1.61}$$

-
- Viscosité de l'acier liquide, μ - 8×10^{-3} Pa.s
- Densité de l'acier liquide, ρ - 7900 Kg m^{-3}
- Coefficient de diffusion du zinc dans l'acier, $D_{Zn-Fe} = 2 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
- Diamètre des bulles, d - 1.0 cm



Question 4

Un élément chauffant cylindrique mesurant 10 cm de diamètre et 30 cm de longueur est maintenu à 600°C et est entouré par un écran thermique concentrique mesurant 20 cm de diamètre et 30 cm de longueur.

Le système est placé dans une grande enceinte avec des parois à 27°C. L'émissivité de l'élément chauffant est 0.70 et celle de l'écran est 0.15. Le système est en régime thermique stable (voir Figure (2)).

Calculez la température extérieure de l'écran thermique et le flux de chaleur de la surface de l'élément chauffant. Négligez les effets de bouts de l'élément chauffant.

Figure 2

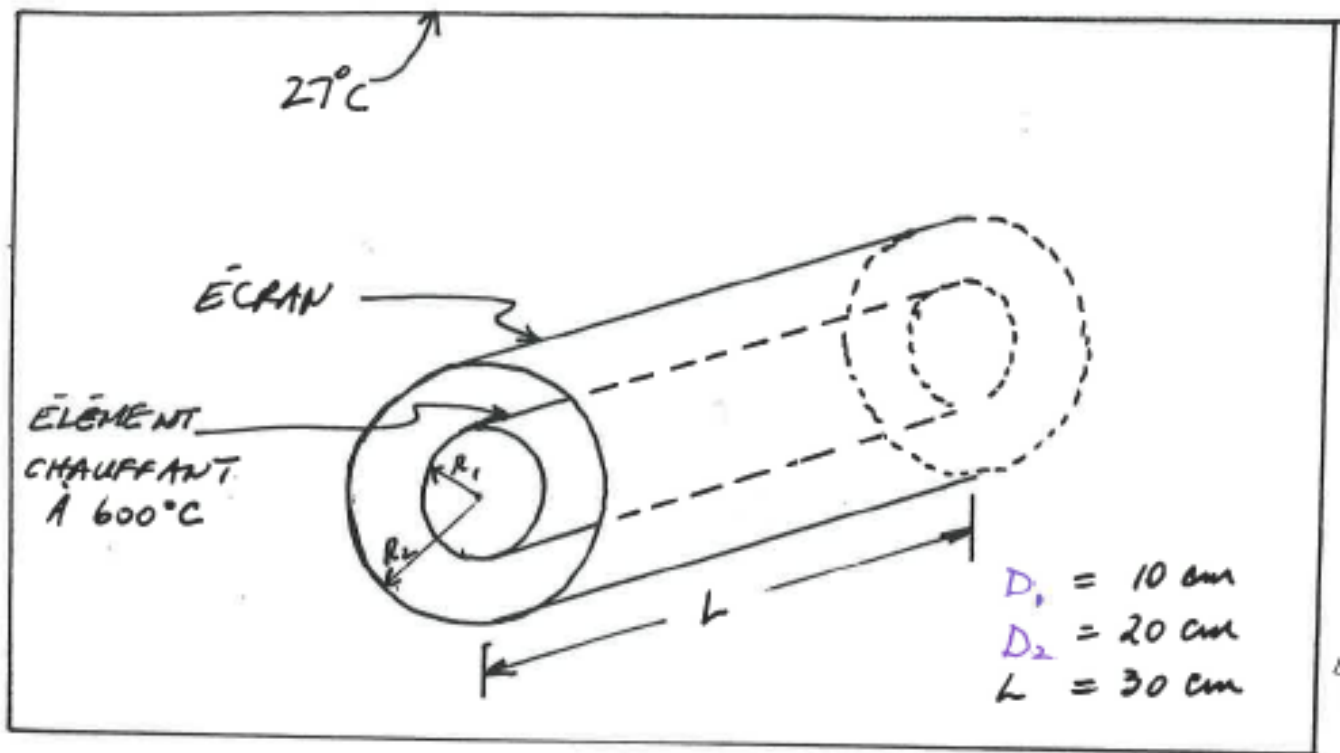
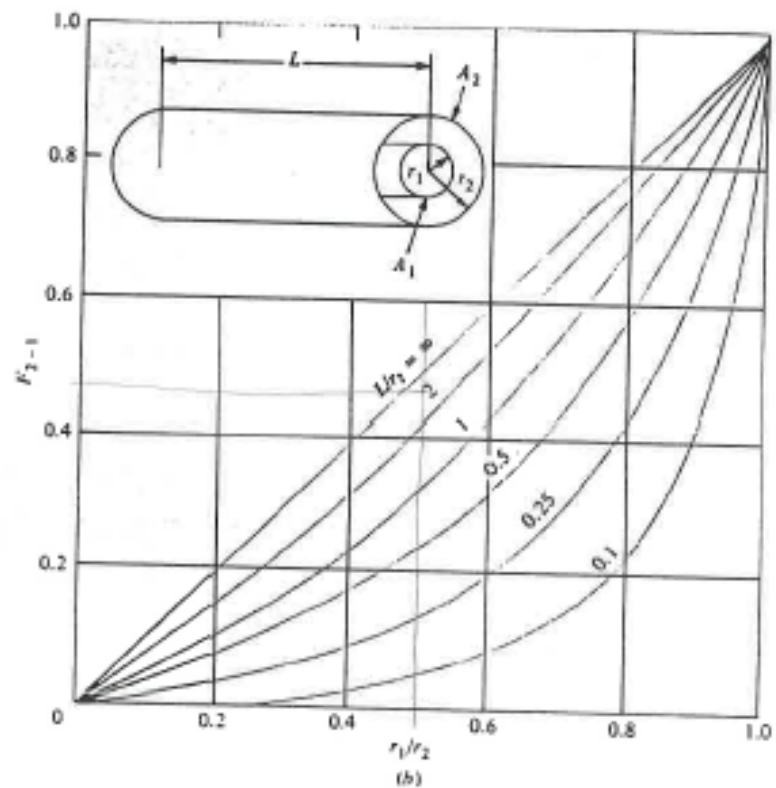


Figure 2b



Radiation shape factors for two concentric cylinders of finite length.
(a) Outer cylinder to itself; (b) outer cylinder to inner cylinder.