

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2015

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

14-IN-B1 – PROCÉDÉS DE FABRICATION

Problème #1 (10 points)

La Figure 1 montre les dimensions d'une pièce rectangulaire en aluminium pendant une opération de laminage à froid. Le diamètre des rouleaux est de 15 cm et la vitesse de laminage (V_0) à l'entrée des rouleaux est 0.2 m/s. Le coefficient de contrainte (*strength coefficient*) $K = 210$ MPa et le coefficient d'écrouissage (*strain hardening coefficient*) $n = 0.13$ sont déterminés à partir d'un essai de traction effectué sur un échantillon semblable à celui qui sera laminé. [Rappel : $\omega = 2\pi N = V_0/R$; où ω est la vitesse angulaire en rad/s et N est la vitesse de rotation en tour/s].

- Calculer la force de laminage pour réaliser l'écrasement en une seule passe d'une pièce initialement à l'état recuit. (7 pts)
- Estimer le coût pour réaliser cette opération pendant 2 jours en continu (considérer le coût de l'énergie à 0.06 \$ par kWh). (3 pts)

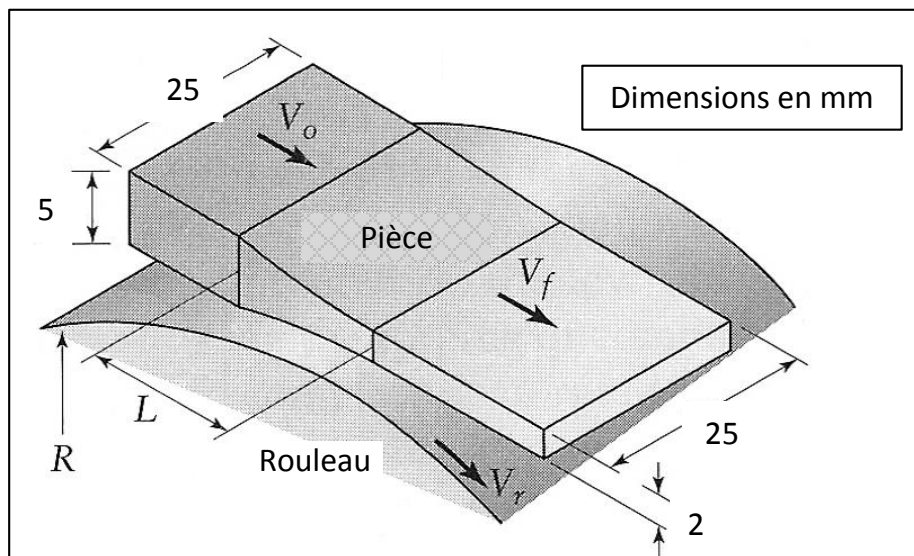


Figure 1 : Schéma d'une pièce rectangulaire pendant l'opération de laminage.

Problème #2 (2 points)

Décrire brièvement les principales étapes nécessaires à l'assemblage de deux pièces métalliques par brasage pour les deux procédés suivants:

- brasage à la torche (torch brazing)
- brasage en fournaise (furnace brazing)

Problème #3 (6 points)

La Figure 2 montre le schéma des principales composantes d'un moule en sable pour la coulée de pièce métallique.

- Quel est le rôle de la masselotte (*riser*) ? (3 pts)
- Nommer trois défauts qui pourraient survenir après la coulée d'une telle pièce et expliquer une cause possible pour chacun d'eux. (3 pts)

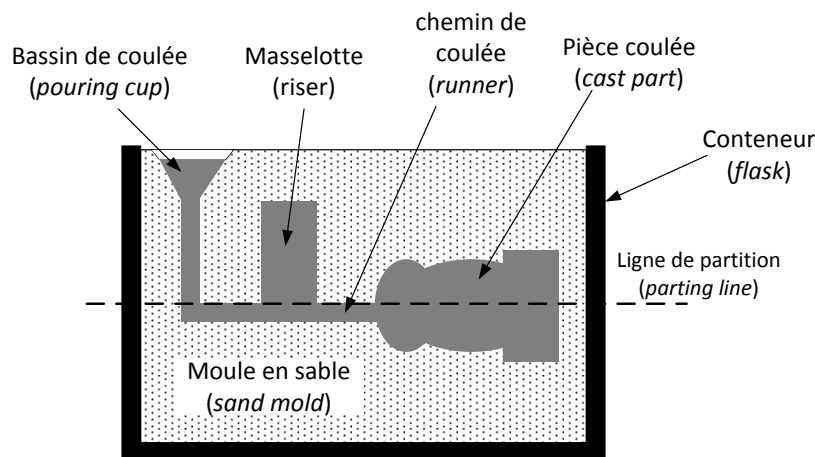


Figure 2 : Schéma d'un moule pour la coulée en sable de pièce métallique

Problème #4 (5 points)

La Figure 3 montre l'évolution du volume spécifique en fonction de la température pour des polymères amorphe, semi-cristallin et cristallin.

- Parmi les courbes A, B ou C, laquelle représente le résultat obtenu avec un polymère 100% amorphe ? Justifier votre réponse ? (3 pts)
- Décrivez le phénomène observé à la température « T_m » et commentez le phénomène du point de vue de la mise en forme des polymères. (2 pts)

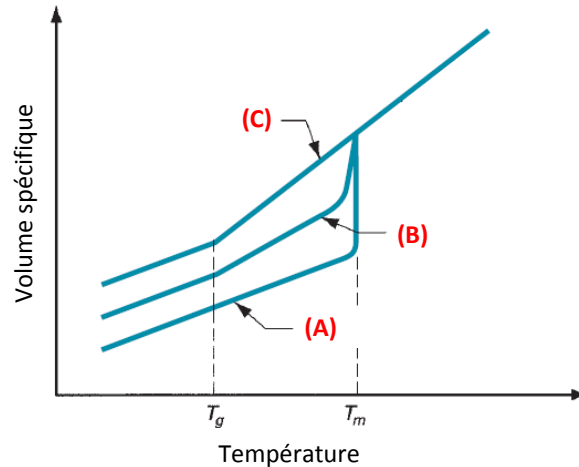


Figure 3 : Évolution du volume spécifique pour trois différents polymères en fonction de la température.

Problème #5 (4 points)

Les procédés de (1) soudage à l'arc par électrode enrobée (*SMAW : shielded metal arc welding*) et le (2) soudage à l'arc sous protection gazeuse avec fil électrode fusible (*GMAW : gas metal arc welding*) produisent un bain de fusion qui permet d'assembler des pièces métalliques après la solidification de la zone fondue. Décrire brièvement la méthode de protection contre l'oxydation du bain de fusion qui est utilisée pour chacun de ces procédés de soudage.

Problème #6 (8 points)

À partir de la Figure 4 représentant la courbe de solidification d'un matériau métallique, déterminez :

- La température de coulée (*pouring temperature*). (1 pt)
- La température de solidification complète de la pièce (*freezing temperature*). (1 pt)
- La surchauffe (*overheating*). (1 pt)
- Le temps de solidification complète de la pièce (*solidification time*). (1 pt)
- Est-ce que ce diagramme est le profil de solidification d'un métal pur ou d'un alliage métallique? Justifiez votre réponse. (4 pts)

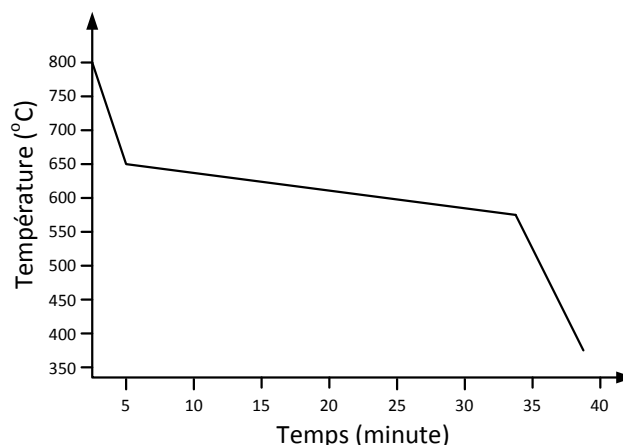


Figure 4 : Profil de solidification d'un matériau métallique.

Problème #7 (6 points)

La Figure 5 présente le diagramme TTT (temps, température-transformation) de l'acier eutectoïde (Fe-0.80%C). Pour une pièce initialement à 800°C, déterminer les phases et la proportion des phases à 20°C selon les trois chemins de refroidissement montrés sur la Figure 5. Considérer que la pièce est en phase austénitique avant chaque refroidissement. (2 pts pour chaque chemin)

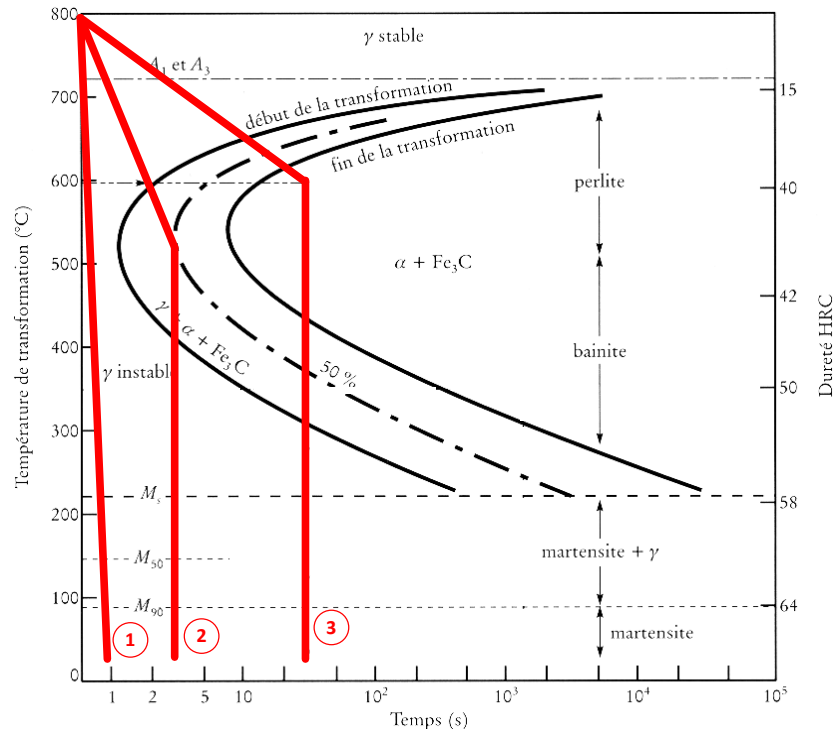


Figure 5 : Courbe TTT de l'acier eutectoïde

Problème #8 (9 points)

Une barre cylindrique en acier d'un diamètre de 150 mm est usinée par tournage conventionnel jusqu'à un diamètre de 147 mm à l'aide d'un outil de coupe en carbure de tungstène (WC). La vitesse de coupe (*cutting speed*) est de 2.5 m/s, la longueur usinée est de 500 mm et l'avance (*feed*) est de 0.30 mm/tour.

- Évaluer le temps d'usinage requis (*machining time*). (4 pts)
- Calculer l'effort de coupe (*cutting force*) en considérant une énergie spécifique (*specific energy*) de $4.4 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{mm}^3$. (2 pts)
- En appliquant l'équation de Taylor, estimer le nombre de pièces pouvant être fabriquées sans changer d'outil. Utiliser le paramètre de Taylor $C = 220$ et l'exposant de Taylor $n = 0.27$. (3 pts)