

Nom et Prénom :

Procédés de fabrication - IGI 2

31 janvier 2020

EXAMEN PROCÉDÉS DE FABRICATION

- L'examen dure en tout **1h30**.
- Tous les documents issus du cours sont admis : polycopié, problèmes et notes personnelles.
- Les étudiants se muniront d'une calculatrice simple sans moyen de communication. Aucun autre appareil électronique n'est autorisé.
Les étudiants sont priés de se munir du matériel nécessaire pour écrire (papier, stylos, crayons, gommes, ...).
- Toutes les pages rendues doivent impérativement être numérotées et le nom de l'étudiant doit y figurer. L'étudiant est aussi responsable d'indiquer son nom sur la fourre.

Ex 1	
Ex 2	
Ex 3	
Total	

Problème 1

On vous demande de remplir la Tab. 1 avec les mots ou les morceaux de phrase qui permettent de donner un sens au texte lacunaire ci-dessous :

On dit que la fonderie est un procédé (1) car la pièce est obtenue en déformant la matière dans un outil de (2) . Cet outil est appelé (3) . On classifie les différents procédés de fonderie en procédés à (4) et en procédés à (5) .

Si on considère la fabrication de l'outil, la fonderie au sable correspond la plupart du temps à une chaîne de procédés (6) . Cela veut dire que le moule est lui-même fabriqué par un procédé (7) . L'outil de (8) utilisé pour fabriquer le moule est appelé (9) . La plupart du temps cet outil est réutilisable, dans ce cas, on dit qu'il est (10) . On dit en revanche qu'il est (11) s'il faut le détruire pour récupérer le moule. Le procédé appelé fonderie (12) est un exemple de situation où l'outil servant à fabriquer le moule est en cire et ne peut pas être réutilisé. En revanche, le procédé de moulage en (13) et le procédé (14) sont deux exemples où l'outil servant à fabriquer le moule en sable peut-être réutilisé de très nombreuses fois.

Il existe une situation particulière dans laquelle la fonderie au sable n'est pas la dernière étape d'une chaîne de procédés duplicative. Dans cet exemple l'outil de forme sera fabriqué par un procédé (15) , au cours duquel on consolide le sable de fonderie couche par (16) en déposant un liant chimique à l'aide d'une (17) .

On attribue généralement à un problème de (18) ou de goutte froide, le fait que la pièce coulée soit incomplète. Ces problèmes sont souvent liés à une mauvaise (19) du métal utilisé. Cette propriété particulière du métal est quantifiée, avant la coulée, à l'aide d'un appareil appelé spirale de (20) .

Les piqûres et les (21) sont d'autres problèmes de fonderie qui correspondent à un emprisonnement de (22) à l'intérieur de la pièce. Elles sont responsables de (23) résiduelle, un défaut qui diminue la (24) apparente de la pièce. Ce défaut peut être détecté en appliquant le principe bien connu de (25) dans l'air et dans l'eau qui a été imaginé par (26) de Syracuse, un savant grec ayant vécu au troisième siècle avant (27) .

Le vide laissé par le (28) de la dernière poche de liquide qui se solidifie est appelé (29) . Un bon fondeur est capable de concevoir le moule de sorte que ce défaut, presque inévitable, se situe dans la (30) et non dans la pièce.

		Juste	Faux
(1)			
(2)			
(3)			
(4)			
(5)			
(6)			
(7)			
(8)			
(9)			
(10)			
(11)			
(12)			
(13)			
(14)			
(15)			
(16)			
(17)			
(18)			
(19)			
(20)			
(21)			
(22)			
(23)			
(24)			
(25)			
(26)			
(27)			
(28)			
(29)			
(30)			

TABLE 1 – Liste des morceaux de phrase complétant le texte lacunaire

Problème 2

On applique le procédé d'extrusion pour réduire la section (circulaire) de barres en acier dont le diamètre initial est $D_0 = 100.0$ mm.

- a) La longueur de contact L du flan sur la filière vaut très exactement $L \simeq 74.673$ mm et le demi-angle d'ouverture α est $\alpha = \arctan \frac{1}{5}$. On vous demande
 1) de calculer le diamètre de sortie D_f du lopin,

--

- 2) Le rapport d'extrusion r correspondant.

--

- b) Le coefficient de frottement entre la filière et la pièce est de $\mu = 0.1$ et la limite élastique R_e du matériau dépend de la température T de façon plus ou moins linéaire entre $T = 0^\circ\text{C}$ et $T = 500^\circ\text{C}$. Cette dépendance est illustrée sur la Fig. 1.

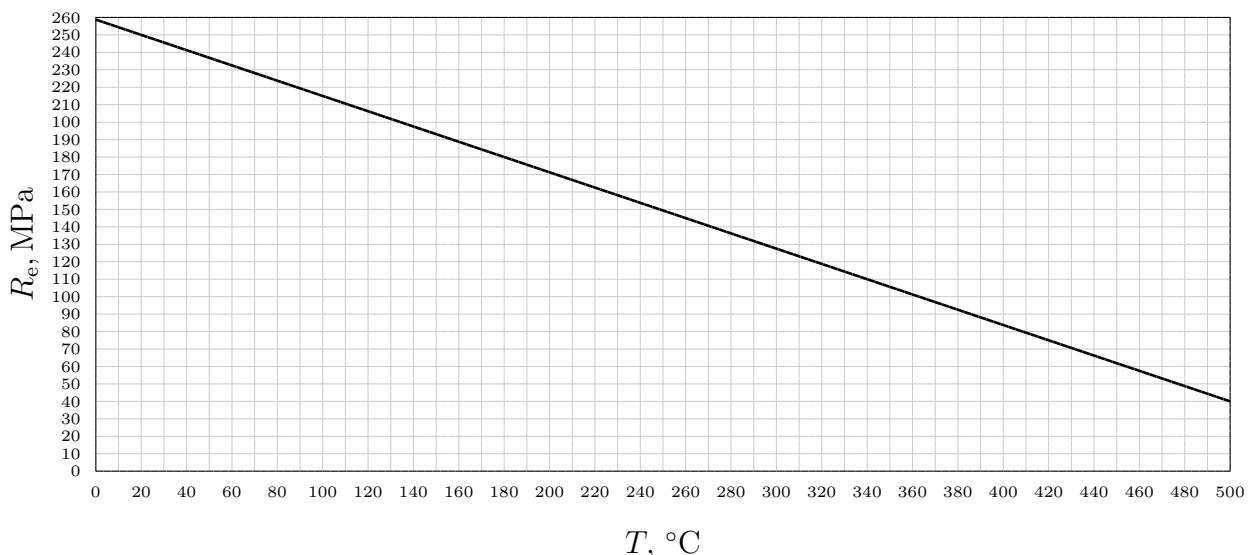


FIGURE 1 – Dépendance de la limite élastique en fonction de la température

Calculez la force qui est nécessaire pour pousser le lopin si celui-ci est maintenu à température ambiante $T_{\text{amb}} = 20^\circ$ durant tout le processus.

--

- c) La force disponible sur votre presse est malheureusement 5 fois inférieure à celle qui serait nécessaire pour effectuer l'extrusion à température ambiante. La conclusion est que vous devrez effectuer l'opération à **chaud**. On vous demande d'estimer la température à laquelle vous devrez chauffer la matière avant de l'extruder.

- d) Vous décidez de travailler le lopin à une température telle que vous puissiez le pousser dans la filière avec une force $F'_{\text{extr}} = 400 \text{ kN}$. Calculez la valeur de la limite élastique du matériau dans ces conditions.

- e) Sachant que la puissance que la presse développe durant l'opération est de 200 kW, on vous demande de calculer :

- 1) la vitesse d'entrée du lopin

- ## 2) le débit de matière formée

- 3) la vitesse de sortie du lopin

- 4) la proportion de la puissance fournie par la presse qui est dissipée en déformations plastiques

- 5) la proportion de la puissance fournie par la presse qui est dissipée par les frottements contre la filière

Problème 3

- a) Votre service financier indique que le taux horaire de production sur la nouvelle presse est de $R = 283.91$ Frs/h. On vous demande d'en déduire le montant P qui a été emprunté à la banque pour financer cette machine. Vous tiendrez compte des informations suivantes. L'utilisation de la presse nécessite en moyenne $n_{\text{empl}} = 2.5$ employés en équivalent plein temps. Le salaire moyen d'un de vos employés (charge comprises) est de $R_{\text{empl}} = 95.15$ Frs/h. En outre, vous savez que la banque vous a accordé son prêt sur une durée de $n = 6$ ans avec un taux d'intérêt de $i = 3.5\%$. Pour finir, si vous tenez compte des pannes, des opérations de maintenance et des incertitudes des marchés, il vous est impossible d'assurer une utilisation de la machine de plus de 18 h par jour, sept jours sur sept.

- b) Un client a commandé une pièce particulière. L'outil que vous utilisez a un temps de cycle $\tau = 317$ s. Calculer le coût de production p_{prod} de la pièce en question

- c) Le service de vente fait l'offre suivante à votre client :

taille de série N	10'000 pièces	1'000'000 pièces
prix unitaire p_{unit}	51.20	26.45

TABLE 1 – Offre faite au client pour le prix unitaire en Frs/pièce

Observez que le prix unitaire de la pièce dépend de la taille de série commandée. Quelle est la raison essentielle qui explique ce phénomène ?

Calculez le prix M du moule en kFr.,

d) Calculez le coût d'outillage p_{out} et le coût de matière p_{mat} qui entrent dans le prix unitaire p_{unit} puis complétez la Tab. 2 :

taille de série N	10'000 pièces	1'000'000 pièces
coût de production p_{prod}
coût d'outillage p_{out}
coût de matière p_{mat}
prix unitaire p_{unit}	51.20	26.45

TABLE 2 – Détails des coûts en Frs/pièce

e) Pour optimiser les coûts, votre mécanicien vous propose d'équiper le moule non pas d'une seule empreinte mais de $x \geq 1$ empreintes. Dans ce cas, durant le temps de cycle $\tau = 317$ s mentionné plus haut, le moule ne produira pas une seule pièce mais plus généralement x pièces. Evidemment le moule sera plus cher. En plus d'un forfait de $C_0 = 5$ kFr pour une carcasse, la visserie et le mécanisme d'ouverture/fermeture, chaque empreinte à installer coûtera $C_1 = 245$ KFr.

On vous demande de calculer le nombre d'empreintes x qui minimise le prix unitaire dans les deux cas de figure considérés ci-dessus, soit pour une série de $N = 10'000$ pièces ainsi que pour une série de $N = 1'000'000$ de pièces. Qu'observez-vous ?

