

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Sous-épreuve spécifique à chaque option

Option A – Traitements Thermiques

- U4.4A -

SESSION 2024

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

CORRIGÉ

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX Sciences et Techniques Industrielles		Session 2024
Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.4A Option A : Traitements Thermiques	Code : 24TM44A	Page 1/7

Partie 1 : insert ultrasonique de détartrage X38CrMo14

Cahier des charges :

- Dureté supérieure à 50 HRC soit 85 HR15N
- Inoxydabilité maximale
- Résilience KU supérieure à 12 J
- Un minimum d'austénite résiduelle

1.1/ Donner le double rôle du molybdène dans cet acier.

- Le molybdène renforce l'inoxidabilité (apportée par le chrome notamment en milieu sanguin et chloré).
- Améliore la trempabilité
- (Il diminue l'effet néfaste du chrome quant à la fragilité au revenu).
- (Le molybdène permet de s'opposer au grossissement de la taille du grain.
- (Le molybdène est favorable à la ténacité dans les aciers au chrome).

Les traitements thermiques sont réalisés **sous vide**, les pièces sont traitées par 50 et placées sur un montage spécifique ne permettant pas qu'elles soient en contact. Vous trouverez en annexe 1 (page 5) des données utiles pour répondre aux questions suivantes.

1.2/ Préciser l'intérêt des traitements sous vide.

Un traitement sous vide évitera toute forme de modification de la composition chimique superficielle de l'acier (oxydation, coloration, décarburation, etc).

1.3/ La trempe est réalisée sous gaz, proposer un gaz permettant cette trempe. Justifier votre réponse.

On utilisera l'azote, gaz peu cher, neutre pour l'acier et ayant un bon pouvoir refroidissant.

Étude de la gamme de traitement

1.4/ On austénitise à 1050°C. En vous appuyant sur la coupe pseudo-binaire en annexe 1 (page5), justifier cette température élevée.

On recherche une inoxydabilité maximale (cdc), il faut donc dissoudre un maximum de carbures afin de libérer du chrome et du molybdène dans la matrice, garantissant ainsi l'inoxidabilité optimale de l'acier. La température de 1050° nous porte pratiquement dans le domaine austénitique homogène ce qui apporte la quasi-totalité du chrome et du molybdène en solution. On aura également le carbone en solution garantissant ainsi le pouvoir durcissant de l'acier après trempe.

1.5/ Justifier les paramètres suivants :

- le palier à 800°C : préchauffage en restant sous A1 car la conductibilité thermique de l'acier est faible.
- le temps de maintien pendant l'austénitisation : il doit être court pour ne pas faire grossir le grain (les pièces sont très minces)
- le temps de 2 heures maxi avant le traitement par le froid : il faut faire rapidement le traitement par le froid afin d'éviter la stabilisation de l'austénite résiduelle.

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX Sciences et Techniques Industrielles		Session 2024
Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.4A Option A : Traitements Thermiques	Code : 24TM44A	Page 2/7

1.6/ Justifier la nécessité d'un traitement par le froid compte tenu des paramètres de revenu et des exigences du cahier des charges.

Le revenu appliqué est un revenu de détente pratiqué à 250°. Cette température n'est pas suffisamment haute pour déstabiliser et transformer l'austénite résiduelle, au contraire elle risque même de provoquer sa stabilisation. Il est donc nécessaire de transformer l'austénite résiduelle avant le revenu, le traitement par le froid permettant de s'approcher de M_f et de transformer en martensite la quasi-totalité de l'austénite résiduelle.

1.7/ Les duretés de contrôle post traitements seront réalisées sur une face A (voir sur le plan en annexe 1 (page 5)) avec un essai HR15N plutôt qu'un essai HRC (en convertissant le résultat en HRC), préciser la raison majeure de ce choix.

Un essai HRC impose une charge totale de 150kgf. La zone de test pour la dureté étant de faible surface, les conditions normalisées, notamment pour la distance par rapport aux bords seraient difficilement réalisables. L'essai HR15N permet de mesurer la dureté avec une charge 10 fois inférieure.

1.8/ Préciser si la gamme de traitement répond au cahier des charges. Justifier votre réponse.

Oui, elle répond au cahier des charges. Dureté supérieure à 50HRC (voir courbe de revenu), inoxydabilité maximale liée à la température d'austénitisation, un minimum d'austénite résiduelle grâce au traitement par le froid. Par ailleurs, on constate également que la résilience sera optimisée.

Partie 2 : containers de stérilisation

Notre étude porte sur des containers de stérilisation à la vapeur d'eau dont un exemple est donné en annexe 2 (page 6). L'alliage d'aluminium retenu est EN AW-6061. L'entreprise produit différents types de container ayant des gammes de fabrication différentes (incluant des opérations de déformation et d'usinage) mais ils doivent tous répondre au cahier des charges suivant :

- État T6 (trempe + revenu)
- Limite élastique ($R_{p0,2}$) supérieure à 250 MPa

Exemple de gamme de fabrication d'un container (sans les opérations d'usinage) :

10 Détourage de la forme à emboutir dans une tôle d'épaisseur de 2 mm à l'état O
20 Première passe d'emboutissage
30 Traitement thermique (360°C, 1 heure, refroidissement lent)
40 Deuxième passe d'emboutissage
50 Traitement de durcissement structural

2.1/ Justifier le choix d'un alliage de la famille 6000 sachant qu'un alliage de la famille 2000 autorise des caractéristiques mécaniques similaires voir supérieures.

Les alliages de la série 2000 ont une mauvaise résistance à la corrosion. Pour l'application envisagée, un alliage de la série 6000 est le seul à combiner bonnes caractéristiques mécaniques et bonne résistance à la corrosion.

2.2/ / Donner le nom du traitement pratiqué en phase 30 ainsi que son rôle.

C'est un recuit de recristallisation ou de restauration (le sujet ne permet pas de le savoir) permettant d'annuler toutes traces d'écrouissage précédent. Il permet de faire une deuxième passe d'emboutissage avec les capacités de déformation maximale du matériau.

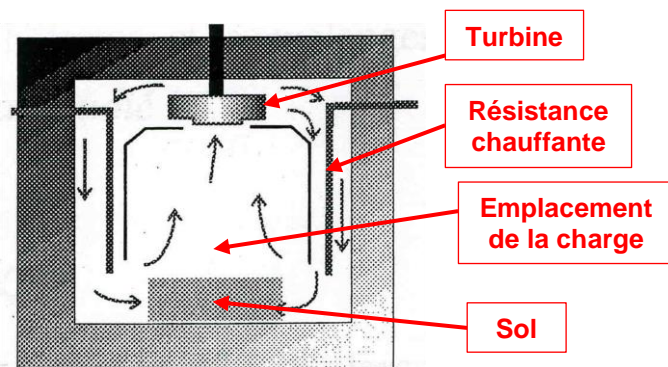
Phase 50 Traitement de durcissement structural :

Pour le traitement de mise en solution ainsi que pour le revenu, on utilise un four à convection forcée.

2.3/ Schématiser ce type de four en indiquant les éléments essentiels le caractérisant.

La convection forcée permet de brasser l'atmosphère de traitement et ainsi homogénéiser la température dans l'enceinte du four et surtout au niveau de l'emplacement de la charge. La température de traitement est alors très précise.

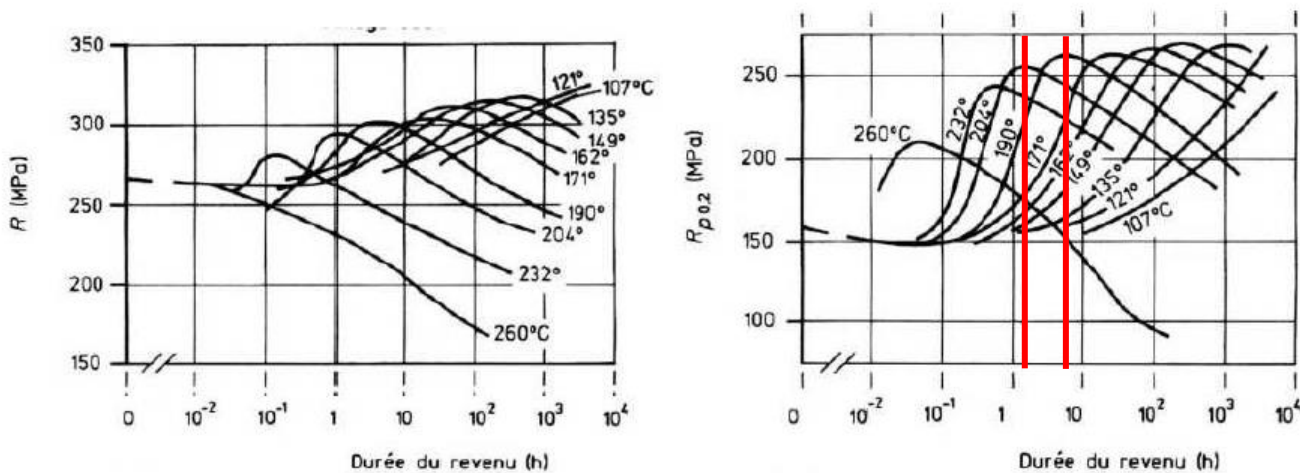
(Le schéma comporte au minimum une turbine/ventilateur et les résistances)



2.4/ Les courbes de revenu permettant de déterminer R_m et $R_{p0,2}$ (annexe 2 (page6)) sont croissantes puis décroissent en fonction du temps. Expliquer les phénomènes d'évolution de la structure qui conduisent à cette allure des courbes.

Après la trempe, les éléments d'alliage sont en solution solide dans la matrice. Le durcissement secondaire s'opère pendant le revenu. La précipitation des composés durcissants commencent assez rapidement à se former quand la température augmente dans l'alliage (zone GP). Pendant le maintien à la température, le phénomène se poursuit et les précipités cohérents avec la matrice apportent un maximum de durcissement. Quand le traitement se poursuit trop longtemps, les précipités grossissent et deviennent semi cohérents voire incohérents et les caractéristiques mécaniques décroissent rapidement.

Nous allons déterminer un couple température temps (Annexe 2 page 6) à appliquer à l'alliage afin de respecter le cahier des charges.



2.5.1/ Déterminer deux couples température / temps applicables à l'alliage afin de respecter le cahier des charges. Ayez à l'esprit que votre choix doit répondre à une réalité technico-économique.

Afin de répondre à une réalité technico économique, le temps de traitement devra être le plus court possible afin de garantir une productivité optimale :

- 190°C durant 7 à 9 h.
- 204°C durant 1 à 2 h.

2.5.2/ Après avoir comparé les deux propositions formulées à la question précédente, indiquer, en le justifiant précisément le choix que vous retenez.

Le choix retenu est 204°C durant 1 à 2 h. Ce choix impose une température plus élevée de seulement 14°C pour un gain de temps divisé par 5.

Partie 3 : pièce de support de fauteuil électrique multifonctionnel

Cette étude porte sur une pièce de socle du fauteuil électrique du dentiste, sa description est donnée en annexe 4 (page 8). Il y a 4 pièces par fauteuil. Ces pièces sont obtenues par fonderie et sont amenées à être usinées pour répondre à diverses fonctions techniques dont le lestage du fauteuil.

Après finition, elles sont recouvertes d'un film caoutchouc qui les protège des chocs et de la corrosion.

Cahier des charges :

- Graphite lamellaire
- Matrice perlitique
- Pas de carbures

Après coulée, la fonte obtenue comporte des ilots de cémentite libre. Il s'agit alors de pratiquer un traitement thermique qui permettra de répondre au cahier des charges.

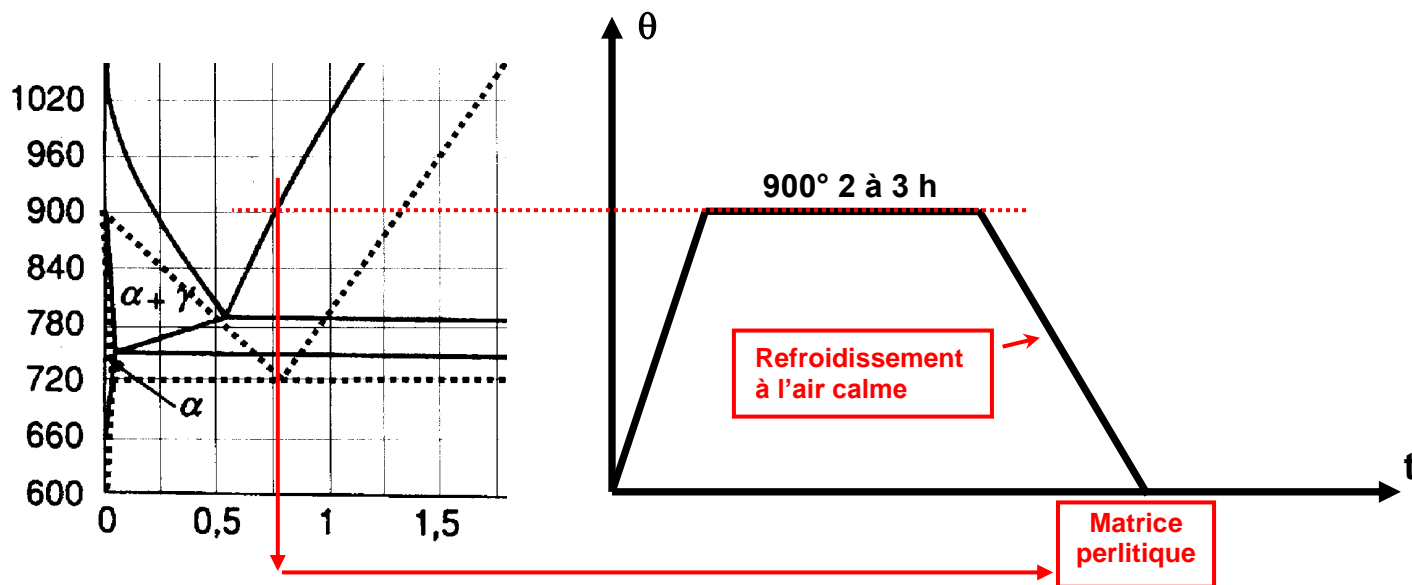
BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX Sciences et Techniques Industrielles		Session 2024
Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.4A	Code : 24TM44A	Page 5/7
Option A : Traitements Thermiques		

3.1/ Indiquer en quoi cette structure (fonte avant traitement) est néfaste.

Cette structure est néfaste pour les opérations d'usinage à réaliser sur la pièce car la cémentite libre est très dure.

3.2/ Sur l'annexe 4 (page 8) à rendre avec votre copie.

À l'aide de la superposition schématisée du diagramme stable pseudo-binaire de la fonte grise étudiée et du diagramme métastable fer-cémentite, établir et tracer un cycle complet de traitement permettant de répondre au cahier des charges. Justifier tous les paramètres (température, temps, atmosphère et mode de refroidissement).



Température de maintien : 900°C pour obtenir théoriquement une matrice perlitique (austénite à 0,77% de C).

Atmosphère du four : air ou azote.

3.3/ Décrire les phénomènes métallurgiques intervenant au cours de votre traitement.

900 C décomposition de la cémentite libre en Fe et C qui se déposera sur le graphite existant.

Refroidissement à l'air calme à partir de 900°C, passage au diagramme Fe-Cémentite donc matrice perlitique.

Partie 4 : implant dentaire

On étudie ici des implants dentaires en Ti-6Al-4V (TA6V) dont une image est donnée en annexe 3 (page 7).

4.1/ Indiquer la famille d'alliage ainsi que la composition chimique.

Alliage de titane, à 6% d'aluminium et 4% de vanadium.

4.2/ Citer au moins deux propriétés technologiques qui motivent l'utilisation de cet alliage pour la fabrication d'implants dentaires.

Le titane est un matériau bio compatible, son module d'Young est proche de celui de l'os humain, de plus il est résistant et léger.

Barème

Partie 1 (7 points)								
Question	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
Point(s)	1	0,5	0,5	1	1,5	1	0,5	1
Partie 2 (6,5 points)								
Question	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5.1	2.5.2		
Point(s)	1	1	1	1,5	1	1		
Partie 3 (4,5 points)								
Question	3.1	3.2	3.3					
Point(s)	1	2	1,5					
Partie 4 (2 points)								
Question	4.1	4.2						
Point(s)	1	1						