Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

Sciences et techniques industrielles - U4.2, sous-épreuve commune aux deux options

Session 2018 • Code sujet : **TM42AB** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude du cadre treillis (4 questions) **Page 3**

2. Étude de l’extracteur expansible et choix du traitement thermique (10 questions) **Page 5**

3. Étude des platines repose-pieds (7 questions) **Page 10**

4. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 13**

Sujet officiel (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2018/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2018 - 2-Sujet.pdf

1. Étude du cadre treillis

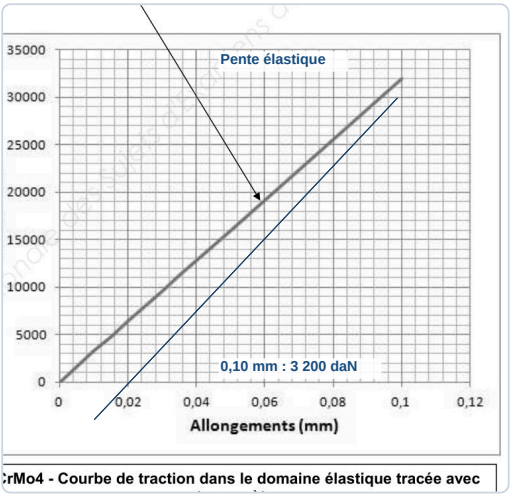
Une entreprise conçoit des cadres de motocyclettes en acier 18CrMo4 et doit vérifier les caractéristiques mécaniques spécifiées. La courbe de traction et son agrandissement permettent d'étudier le module de Young et la limite conventionnelle d'élasticité.

Partie I

Question I.1. À partir de la relation entre la contrainte, le module de Young et la déformation dans le domaine linéaire, et de la partie agrandie de la courbe de traction en annexe 1, déterminer le module de Young E et expliquer la démarche adoptée.

La section initiale vaut $S_0 = \pi d^2/4 = 78{,}54\ \text{mm}^2$, pour un diamètre de 10 mm. La longueur utile normalisée est $L_0 = 5{,}65\sqrt{S_0} \approx 50{,}08\ \text{mm}$. Sur l'agrandissement, la lecture à 0,10 mm donne environ 3 200 daN, soit 32 000 N. Dans le domaine linéaire, $E = \frac{F/S_0}{\Delta L/L_0} = \frac{FL_0}{S_0 \Delta L}$, d'où $E \approx 204\,000\ \text{MPa}$. La lecture graphique étant approximative, cette valeur est cohérente avec l'exigence du cahier des charges.

Lecture de la pente élastique



rMo4 - Courbe de traction dans le domaine élastique tracée avec

✓ RÉPONSE À RETENIR

$E \approx 204\,000\ \text{MPa}$.

Question I.2. Indiquer pourquoi il est nécessaire d'utiliser un extensomètre pour obtenir ce type de courbe.

Dans le domaine élastique, l'allongement de l'éprouvette est très faible. L'extensomètre mesure directement cette variation sur la longueur utile, avec la précision nécessaire pour déterminer la pente initiale de la courbe. Le déplacement de la traverse comprend aussi les déformations de la machine, des mors et des zones de serrage. Il ne représente donc pas fidèlement la déformation de l'éprouvette et fausserait la mesure du module de Young.

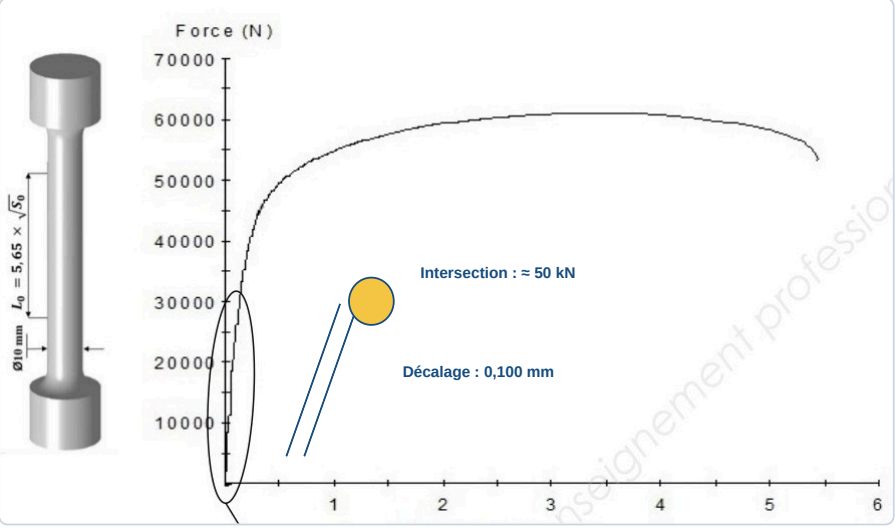
✓ RÉPONSE À RETENIR

L'extensomètre mesure précisément le faible allongement élastique propre à l'éprouvette.

Question I.3. **À l'aide des informations fournies en annexe 1, déterminer la limite conventionnelle d'élasticité Rp0,2, expliquer la démarche adoptée et réaliser le tracé sur la courbe correspondante.**

La limite conventionnelle $R_{p0,2}$ se lit à l'intersection de la courbe avec une droite parallèle à la pente élastique, décalée de 0,2 % sur l'axe des allongements. Pour $L_0 \approx 50{,}08\ \text{mm}$, ce décalage vaut $0{,}002 L_0 \approx 0{,}100\ \text{mm}$. La lecture de l'intersection sur la courbe complète donne une force voisine de 50 000 N. Avec $S_0 = 78{,}54\ \text{mm}^2$, on obtient $R_{p0,2} = F/S_0 \approx 637\ \text{MPa}$.

Construction graphique de Rp0,2



✓ RÉPONSE À RETENIR

$R_{p0,2} \approx 637\ \text{MPa}$.

Question I.4. **Indiquer si le cahier des charges du cadre treillis est respecté et justifier la réponse.**

Le cahier des charges impose $202\,000 \leq E \leq 208\,000\ \text{MPa}$, car $E = 205\,000 \pm 3\,000\ \text{MPa}$, ainsi que $R_{p0,2} \geq 500\ \text{MPa}$. Les valeurs lues et calculées sont $E \approx 204\,000\ \text{MPa}$ et $R_{p0,2} \approx 637\ \text{MPa}$. Le module se situe dans l'intervalle demandé et la limite conventionnelle est supérieure au seuil. Les deux critères mécaniques du cadre sont donc satisfaits.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Oui : $E \approx 204\,000\ \text{MPa}$ et $R_{p0,2} \approx 637\ \text{MPa}$, critères respectés.

2. Étude de l’extracteur expansible et choix du traitement thermique

L’entreprise étudie un extracteur expansible servant à démonter les roulements à aiguilles de la colonne de direction. Après l’étude d’un acier 35CrMo4 trempé-revenu et d’un défaut observé sur certaines pièces, elle envisage un acier 35CrNiMo6 traité par transformation isotherme bainitique.

Partie II

Question II.1. Décoder la désignation de la nuance d’acier préalablement choisie pour l’extracteur.

La désignation suit la règle des aciers faiblement alliés : **35** indique environ 0,35 % de carbone. **Cr** et **Mo** désignent le chrome et le molybdène. Le chiffre **4** correspond à environ 1 % de chrome. La fiche confirme cette teneur avec 0,90 à 1,20 % Cr, et indique 0,15 à 0,25 % Mo, soit environ 0,2 %.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 35CrMo4 : environ 0,35 % C, 1 % Cr et 0,2 % Mo.

Question II.2. À partir de la fiche technique de l’acier 35CrMo4 fournie en annexe 2A1, déterminer la température d’austénitisation et le mode de refroidissement.

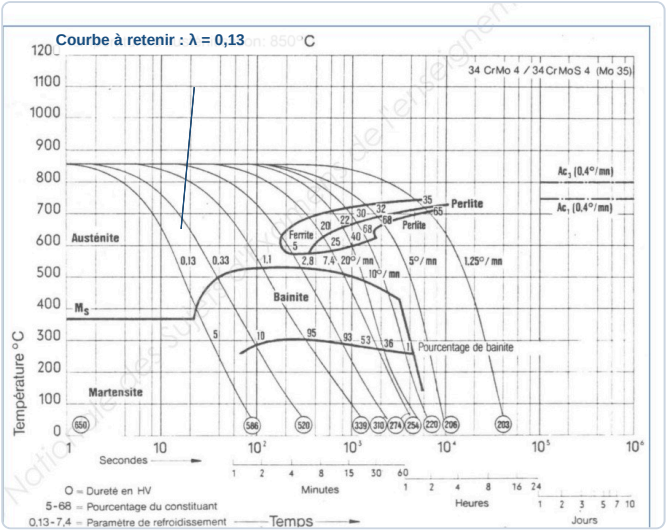
La fiche technique donne la trempe à l’huile entre 835 et 865 °C. Le diagramme TRC précise une température d’austénitisation de **850 °C**, valeur comprise dans cette plage. Le traitement consiste donc à porter la pièce à 850 °C, à attendre son homogénéisation à cœur, puis à la refroidir dans l’huile. La durée de maintien dépend de la mise à température de la pièce.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Austénitisation à 850 °C, puis refroidissement par trempe à l’huile.

Question II.3. Pour un rayon de pièce de 18,5 mm, utiliser le tableau des paramètres λ de l’annexe 2A2 pour tracer sur la courbe TRC le refroidissement correspondant au mode choisi à la question précédente.

Le paramètre λ dépend du diamètre de la pièce. Le rayon étant de 18,5 mm, son diamètre vaut **37 mm**. Dans le tableau, la colonne « refroidissement à l’huile » associe ce diamètre à λ = 0,13. Sur le diagramme TRC, il faut donc repérer et tracer la courbe de refroidissement marquée 0,13. Cette courbe sert ensuite à lire la dureté et les constituants formés.

Courbe TRC à retenir



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Diamètre : 37 mm. Refroidissement à l'huile : λ = 0,13.

Question II.4. Indiquer la dureté théorique et la structure métallurgique associées au refroidissement étudié, puis préciser si le traitement de trempe peut être validé.

La courbe λ = 0,13 aboutit à une dureté théorique d'environ **586 HV**. La lecture du diagramme indique une structure essentiellement martensitique, avec environ 5 % de bainite. Cette fraction reste sous la limite de 10 % admise par le cahier des charges. La trempe est donc validée au regard de ce critère métallurgique. Le revenu est ensuite nécessaire pour obtenir les caractéristiques mécaniques visées.

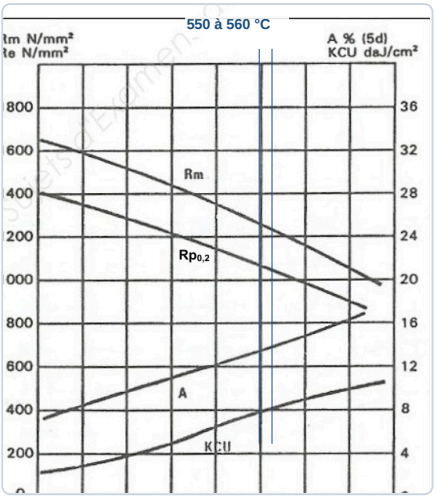
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Environ 586 HV, majoritairement martensitique avec environ 5 % de bainite : trempe validée.

Question II.5. Déterminer la température de revenu permettant de respecter le cahier des charges et délimiter sur le graphe correspondant le domaine de revenu possible.

Le cahier des charges impose 1350 à 1420 MPa en résistance à la traction et au moins 50 J·cm^{-2} en résilience. Sur le diagramme, cette dernière valeur correspond à 5 daJ·cm^{-2}. En croisant les limites de résistance avec la courbe de résilience, le domaine compatible se lit approximativement entre **550 et 560 °C**. La lecture étant graphique, cette plage reste une valeur approchée.

Domaine de revenu compatible



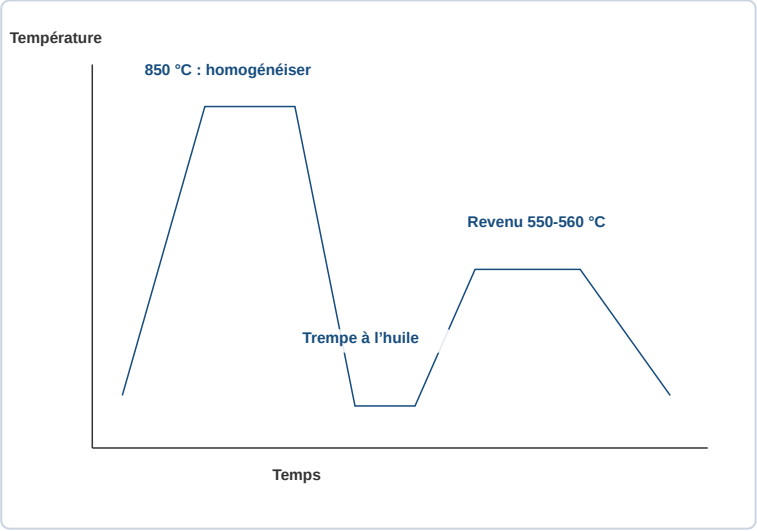
✓ RÉPONSE À RETENIR

Domaine de revenu compatible : environ 550 à 560 °C.

Question II.6. Dessiner le cycle complet du traitement thermique en précisant également les temps de maintien nécessaires.

Le cycle comprend l'austénitisation à 850 °C, la trempe à l'huile, puis le revenu choisi dans la plage conforme, suivi d'un refroidissement à l'air. Le maintien à 850 °C doit permettre l'homogénéisation à cœur avant la trempe. Au revenu, maintenir jusqu'à homogénéisation de la pièce, selon la gamme de traitement. Les annexes ne fixent pas de durée chiffrée de maintien : elle ne peut donc pas être indiquée comme une valeur imposée.

Cycle de trempe et revenu du 35CrMo4



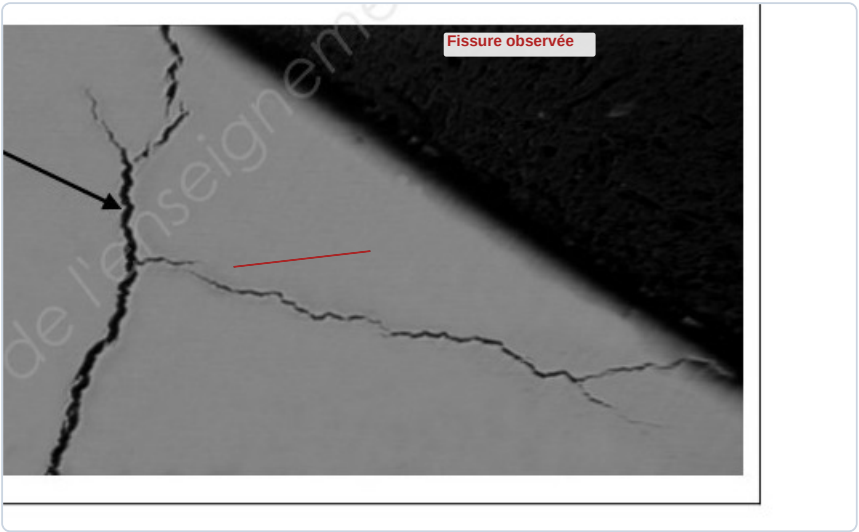
✓ RÉPONSE À RETENIR

850 °C, maintien jusqu'à homogénéisation, trempe à l'huile, revenu à 550-560 °C, maintien puis refroidissement à l'air.

Question II.7. Identifier la nature du défaut visible sur les pièces, indiquer ses causes possibles et argumenter sur la possibilité d'accepter ces pièces.

La micrographie met en évidence une **fissure**, correspondant au défaut gravissime signalé. Dans le contexte du traitement, une fissure de trempe est possible : refroidissement trop sévère, contraintes thermiques ou de transformation, ou concentration de contraintes au niveau d'une entaille. Un défaut préalable du métal est également une cause possible. Une telle fissure peut se propager sous effort et provoquer la rupture de l'extracteur. Ces pièces ne peuvent donc pas être acceptées.

Défaut repéré sur la micrographie



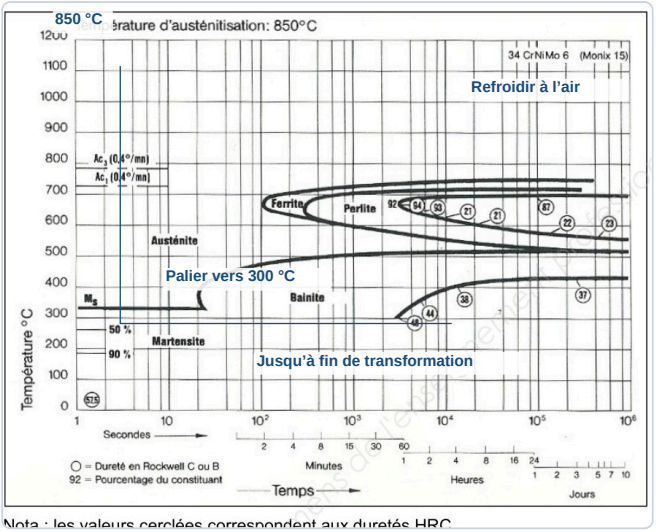
✓ RÉPONSE À RETENIR

Fissure, probablement liée à la trempe : pièces non conformes, à refuser.

Question II.8. À partir de la fiche technique de l'acier 35CrNiMo6 en annexe 2B et du tableau de l'annexe 3, tracer sur la courbe TTT le cycle thermique permettant de respecter les valeurs du cahier des charges.

Le diagramme TTT du 35CrNiMo6 indique une austénitisation à **850 °C**. Le cahier des charges vise 1350 à 1420 MPa ; le tableau de conversion donne environ 42,7 à 44,5 HRC. Sur le diagramme, cette dureté correspond à un palier bainitique voisin de **300 °C**. Tracer une descente rapide jusqu'à ce palier, maintenir jusqu'à la fin de la transformation bainitique, puis refroidir à l'air.

Cycle isotherme bainitique sur le TTT



Nota : les valeurs cerclées correspondent aux duretés HRC

✓ RÉPONSE À RETENIR

850 °C, refroidissement rapide vers 300 °C, maintien jusqu'à transformation bainitique complète, puis refroidissement à l'air.

Question II.9. Indiquer s'il est nécessaire d'effectuer un revenu après le traitement isotherme bainitique.

Après le refroidissement rapide, l'austénite est maintenue au palier jusqu'à sa transformation complète en bainite. Le traitement n'aboutit donc pas à une structure martensitique nécessitant un revenu pour en réduire la fragilité. Le refroidissement final à l'air suit la transformation isotherme. Un revenu complémentaire n'est pas nécessaire pour le traitement bainitique retenu et les caractéristiques visées.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Non, aucun revenu après transformation bainitique complète.

Question II.10. Préciser les avantages du traitement isotherme par rapport au traitement équivalent anisotherme.

Le maintien isotherme favorise une transformation et une structure plus homogènes dans la section. Par rapport au refroidissement continu, il limite les gradients thermiques et les contraintes associées, donc réduit les risques de déformation et de fissuration. Les propriétés mécaniques sont également plus régulières. Cet avantage est particulièrement utile pour un extracteur comportant des fentes et des changements de section, qui peuvent concentrer les contraintes.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Structure et propriétés plus homogènes, avec moins de contraintes, de déformations et de risques de fissuration.

3. Étude des platines repose-pieds

Des platines repose-pieds en alliage d'aluminium 2014 T6 doivent recevoir différentes couleurs après une oxydation anodique sulfurique. Le cahier des charges et la gamme de traitement précisent notamment la surface des pièces, l'épaisseur d'anodisation visée et les conditions des opérations de coloration et de colmatage.

Partie III

Question III.1. Expliquer brièvement le principe de l'oxydation anodique sulfurique (OAS).

La platine est reliée au pôle positif du générateur : elle constitue l'anode. Dans le bain d'acide sulfurique, l'électrolyse provoque l'oxydation de l'aluminium en alumine (Al_2O_3). La couche formée est poreuse avant colmatage.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'électrolyse forme une couche poreuse d'alumine sur la platine, reliée au pôle positif dans le bain sulfurique.

Question III.2. Pour ces platines repose-pieds, l'entreprise a préféré une coloration après oxydation anodique sulfurique plutôt qu'une peinture. Donner un avantage que procure ce traitement OAS suivi d'une coloration.

Contrairement à la peinture, la coloration imprègne les pores de la couche anodisée : elle est intégrée à la surface et ne forme pas un film susceptible de se décoller.

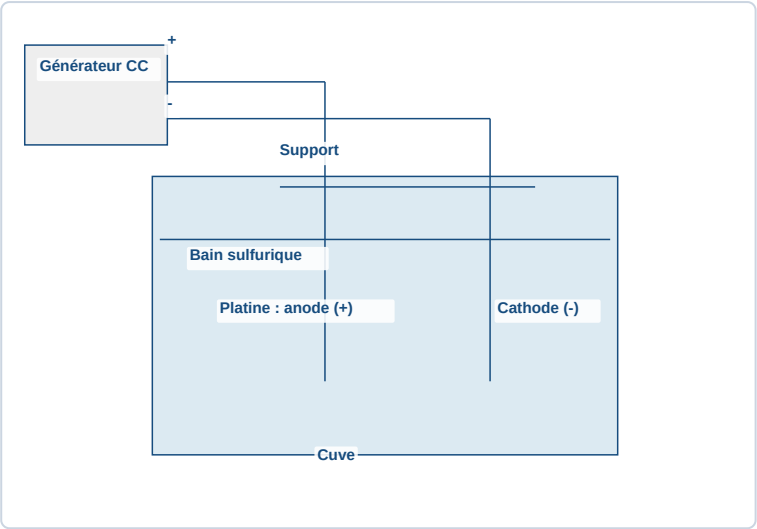
- La finition résiste mieux à l'écaillage.
- La couche anodisée améliore également la protection contre la corrosion.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La coloration intégrée à l'alumine ne s'écaille pas comme un film de peinture et protège mieux contre la corrosion.

Question III.3. Faire un schéma simplifié de l'installation d'oxydation anodique en représentant la cuve et ses accessoires.

La pièce à anodiser est l'anode, reliée au pôle positif. Les cathodes, reliées au pôle négatif, sont immergées dans le même bain sulfurique sans toucher la pièce.

Installation simplifiée d’oxydation anodique sulfurique



✓ RÉPONSE À RETENIR

Installation : platine-anode au pôle positif et cathodes au pôle négatif, immergées dans le bain sulfurique.

Question III.4. Décoder la symbolisation du traitement de surface choisi : O15(XI) / AlCu4Mg.

Symbole	Signification
O	Oxydation anodique
15	Épaisseur nominale de la couche : 15 µm
XI	Électrolyte sulfurique
AlCu4Mg	Alliage d’aluminium au cuivre et au magnésium

La désignation précise donc le traitement, son épaisseur et l’alliage traité.

✓ RÉPONSE À RETENIR

O15(XI) désigne une oxydation anodique sulfurique de 15 µm sur l’alliage d’aluminium AlCu4Mg.

Question III.5. Calculer le nombre maximal de pièces pouvant être traitées conjointement avec un générateur de 50 A et une densité de courant de 1,5 A·dm⁻², en utilisant les données du cahier des charges.

La surface d’une pièce vaut 31 570 mm², soit 3,157 dm². Le courant requis par pièce est donc **1,5 × 3,157 = 4,7355 A**. Avec un générateur de 50 A, le quotient est 50 / 4,7355 ≈ 10,56. Le nombre de pièces étant entier, on arrondit à l’inférieur pour ne pas dépasser le courant disponible.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le générateur permet de traiter au maximum 10 platines simultanément, sans dépasser les 50 A disponibles.

Question III.6. **Sachant que la vitesse moyenne de croissance de la couche d'alumine est de 0,43 µm·min⁻¹, déterminer le temps nécessaire pour obtenir l'épaisseur souhaitée de 15 µm.**

On divise l'épaisseur visée par la vitesse moyenne de croissance :

1. $t = 15 / 0{,}43 = 34{,}88$ min.
2. La durée théorique d'oxydation est donc d'environ 35 min.

Cette durée concerne l'anodisation, hors rinçages, coloration et colmatage.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Il faut anodiser pendant environ 34,9 min, soit 35 min, pour atteindre l'épaisseur de 15 µm.

Question III.7. **Expliquer brièvement le rôle du colmatage.**

La gamme prévoit un colmatage après coloration, pendant 35 min à 100 °C. L'eau chaude hydrate l'alumine et obture les pores de la couche anodique :

- les colorants sont mieux retenus ;
- la surface devient moins perméable aux agents corrosifs.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le colmatage ferme les pores de l'alumine, fixe la coloration et renforce la protection contre la corrosion.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2018)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve U4.2 du BTS Traitements des matériaux, session 2018, code TM42AB, dure deux heures et est affectée du coefficient 2. Elle porte sur un cadre treillis en 18CrMo4, un extracteur de roulements soumis à des traitements thermiques et des platines en aluminium anodisées et colorées. Elle évalue l'exploitation de courbes et de fiches techniques, le choix de traitements et les calculs de procédé.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Dans le domaine élastique linéaire, le module de Young est le rapport entre la variation de contrainte et celle de déformation.
- Le paramètre λ correspond à la durée, en secondes, du refroidissement de 800 °C à 500 °C divisée par 100.
- Le traitement trempe-revenu associe austénitisation, refroidissement contrôlé et revenu pour ajuster les propriétés mécaniques.
- En oxydation anodique, le courant requis dépend de la densité de courant et de la surface totale traitée : $I = J \times S$.

Points de vigilance & attentes du jury

- Vérifier les unités et les échelles des courbes avant de relever des valeurs ou de tracer un cycle thermique.
- Comparer les propriétés obtenues aux exigences chiffrées du cahier des charges pour justifier un choix de traitement.
- Convertir la surface dans une unité compatible avec la densité de courant avant de calculer le nombre de pièces traitables.
- Distinguer les rôles de l'oxydation anodique, de la coloration et du colmatage dans la gamme de traitement.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer le module de Young sur une courbe de traction ?

Repérez deux points de la partie linéaire et calculez le rapport entre la variation de contrainte et celle de déformation. Vérifiez les unités et exploitez l'allongement mesuré par l'extensomètre.

Q : Comment exploiter une courbe TRC ou TTT pour choisir un traitement ?

Repérez les températures et les temps du cycle, puis tracez sa trajectoire sur le diagramme. Vérifiez les domaines de transformation traversés et reliez la structure obtenue aux propriétés demandées.

Q : Comment répartir le temps pendant cette épreuve de deux heures ?

Le barème répartit les 20 points entre la partie I, sur 4 points, la partie II, sur 9,5 points, et la partie III, sur 6,5 points. Gardez du temps pour les tracés, les calculs et la vérification des unités.

Q : Quels éléments présenter pour les tracés et les calculs ?

Le sujet attribue des points par question et demande des tracés sur des courbes ainsi que des calculs. Présentez une démarche lisible, les unités, les repères graphiques et une conclusion liée au cahier des charges.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2018/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2018 - 2-Sujet.pdf
Ressources BTS Traitements des Matériaux : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.