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

BTS TM

Sciences et Techniques Industrielles - Sous-épreuve commune aux deux options - U4.2

Session 2009 • Code sujet : **TMSTI AB** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Analyse des spécifications de l’acier 36 NiCrMo 16 (4 questions) **Page 3**

2. Recuit de la phase 20 (2 questions) **Page 5**

3. Contrôle du fibrage après frappe à froid (2 questions) **Page 6**

4. Traitement thermique et contrôle de la phase 50 (3 questions) **Page 7**

5. Modification du choix du matériau (2 questions) **Page 9**

6. Traitements de surface et gamme de fabrication (6 questions) **Page 11**

7. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 14**

Sujet officiel (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2009/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2009 - 2-Sujet.pdf

1. Analyse des spécifications de l’acier 36 NiCrMo 16

Le verrou rotatif étudié équipe un spreader et sa nuance actuelle est l’acier 36 NiCrMo 16. L’étude porte sur le décodage de cette désignation, le rôle des éléments d’addition et la caractéristique de résilience KCV.

Partie 1

Question 1.1. Décoder la désignation normalisée de l’acier 36 NiCrMo 16 en précisant en toutes lettres le nom des éléments chimiques.

Dans cette désignation d’acier faiblement allié, **36** indique environ 0,36 % de carbone. Les symboles désignent le nickel (Ni), le chrome (Cr) et le molybdène (Mo). Le nombre 16 correspond à environ 4 % de nickel, selon le coefficient 4 utilisé pour le nickel. Les teneurs en chrome et en molybdène ne sont pas précisées par cette désignation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 36NiCrMo16 : environ 0,36 % de carbone et 4 % de nickel, avec du chrome et du molybdène.

Question 1.2. Préciser la nature et le rôle de chacun des éléments d’addition entrant dans la composition de l’acier.

Élément	Nature	Rôle principal
Nickel	Gammagène, non carburigène	Améliore la ténacité et la trempabilité.
Chrome	Alphagène, carburigène	Augmente la trempabilité, la résistance mécanique et à l’usure.
Molybdène	Alphagène, carburigène	Augmente la trempabilité et la résistance au revenu ; limite la fragilité au revenu.

Ces éléments d’addition contribuent à obtenir une pièce résistante et tenace après traitement thermique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Nickel : ténacité et trempabilité. Chrome : trempabilité et résistance à l’usure. Molybdène : trempabilité, résistance au revenu et limitation de la fragilité au revenu.

Question 1.3. Définir KCV.

KCV est la résilience mesurée par l’essai Charpy sur une éprouvette entaillée en V. Elle correspond à l’énergie absorbée lors de la rupture, rapportée à la section de l’éprouvette sous l’entaille. Elle s’exprime en J/cm² et caractérise la résistance du matériau au choc.

✓ RÉPONSE À RETENIR

KCV : énergie absorbée à la rupture, rapportée à la section sous l'entaille en V, en J/cm².

Question 1.4. Donner le principe de l'essai permettant de déterminer KCV.

L'essai Charpy consiste à rompre une éprouvette normalisée entaillée en V à l'aide d'un mouton pendule.

1. L'éprouvette repose horizontalement sur deux appuis, avec l'entaille à l'opposé du côté frappé.
2. Le pendule est lâché et son percuteur frappe l'éprouvette, qui se rompt.
3. L'énergie absorbée est déduite de la perte d'énergie du pendule, puis rapportée à la section sous l'entaille pour obtenir KCV.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le pendule rompt l'éprouvette Charpy en V ; l'énergie absorbée par unité de section sous l'entaille donne KCV.

2. Recuit de la phase 20

La gamme de fabrication du verrou prévoit un recuit avant la frappe à froid. Il faut nommer le recuit adapté, en préciser le but et représenter son cycle thermique en justifiant ses paramètres.

Partie 2

Question 2.1. **Indiquer le but du recuit prévu en phase 20 et nommer ce recuit.**

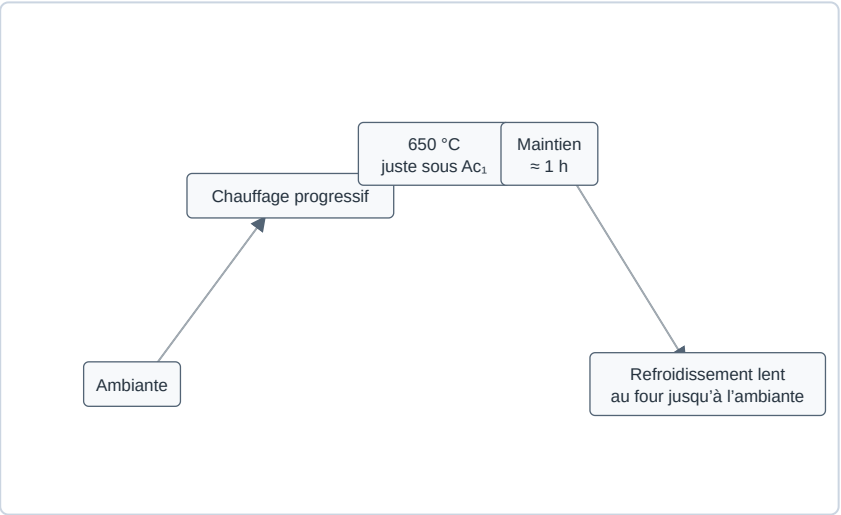
Avant la frappe à froid, le recuit doit abaisser la dureté et améliorer la ductilité pour faciliter la déformation. Le traitement adapté est un **recuit de globulisation**, ou recuit d'adoucissement.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Recuit de globulisation pour adoucir l'acier et faciliter la frappe à froid.

Question 2.2. **Tracer le cycle complet de ce traitement thermique et justifier tous ses paramètres.**

Chauffer progressivement à environ **650 °C**, juste sous Ac_1 = 670 °C, afin d'adoucir l'acier sans austénitisation. Maintenir environ 1 h après homogénéisation, ordre de grandeur adapté à la section de la pièce, puis refroidir lentement au four jusqu'à température ambiante. Ce refroidissement favorise l'adoucissement et la globulisation.

Cycle de recuit de globulisation



Cycle qualitatif température-temps : palier sous Ac_1, puis refroidissement lent.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Chauffage à environ 650 °C, maintien d'environ 1 h, puis refroidissement lent au four jusqu'à l'ambiante.

3. Contrôle du fibrage après frappe à froid

Après la frappe à froid de la phase 30, le bureau des méthodes souhaite contrôler le fibrage de la pièce. Le candidat doit expliquer le principe du contrôle et représenter le fibrage obtenu sur la silhouette fournie en annexe 7.

Partie 3

Question 3.1. Donner le principe du contrôle du fibrage.

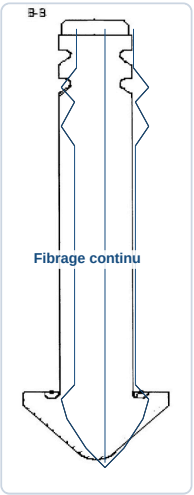
Le contrôle est un examen macrographique destructif. On prélève une coupe longitudinale passant par l'axe de la pièce, puis on la prépare par polissage et attaque chimique. Le réactif révèle les lignes de fibrage, correspondant à l'écoulement du métal lors de la frappe à froid. Leur observation permet de vérifier qu'elles suivent les contours formés et restent continues. Une coupe transversale ou une surface non préparée ne permet pas d'observer correctement ce tracé.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Coupe longitudinale polie et attaquée : observer la continuité des lignes d'écoulement du métal.

Question 3.2. Schématiser le fibrage obtenu après frappe à froid sur la silhouette de la pièce représentée en annexe 7.

Les lignes de fibrage représentent l'écoulement du métal provoqué par la frappe à froid. Sur la silhouette de l'annexe 7, elles sont schématisées longitudinalement dans la tige et se déforment au voisinage des changements de section pour suivre le profil de la pièce. Elles restent continues dans la matière, sans être interrompues par un usinage. Le tracé ajouté est schématique : il ne représente pas des dimensions ni une mesure du fibrage.

Fibrage après frappe à froid



> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Fibrage longitudinal continu, dévié pour suivre les contours formés de la pièce.

4. Traitement thermique et contrôle de la phase 50

La phase 50 doit conférer au verrou les caractéristiques mécaniques indiquées sur son dessin, notamment la dureté et la résilience. Les annexes fournissent le diagramme de transformation de l'acier, ses caractéristiques après revenu et une table de correspondance entre dureté et résistance.

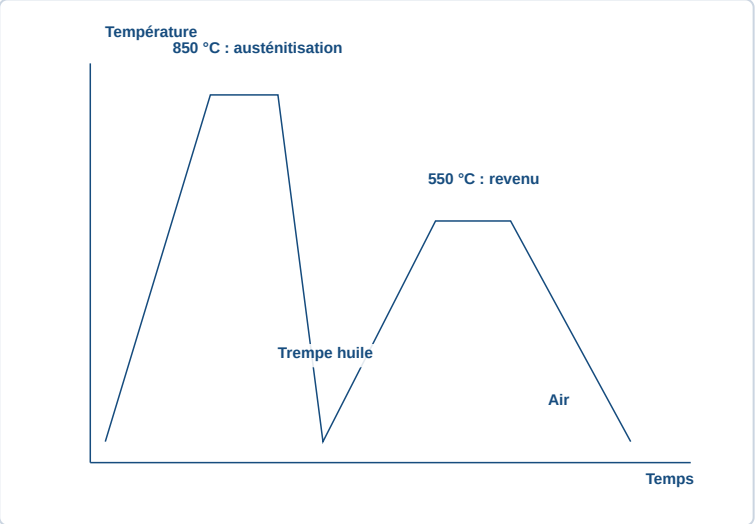
Partie 4

Question 4.1. À l'aide des annexes 1, 2 et 6, tracer les cycles thermiques complets en justifiant chaque paramètre.

La table de l'annexe 6 donne 40 HRC = 1 260 MPa et 41 HRC = 1 290 MPa, soit environ 1 275 MPa pour 40,5 HRC. La courbe de revenu de l'annexe 2 conduit à retenir environ 550 °C, compatible avec les exigences de résilience et d'allongement.

1. Austénitiser vers 850 °C, au-dessus de Ac_3 = 795 °C, et maintenir jusqu'à homogénéisation à cœur.
2. Tremper à l'huile assez rapidement pour éviter les transformations diffusantes et passer sous Ms, environ 290 °C : la structure devient martensitique.
3. Revenir vers 550 °C, maintenir à cœur, puis refroidir à l'air.

Cycle thermique de trempe et revenu du 36 NiCrMo16



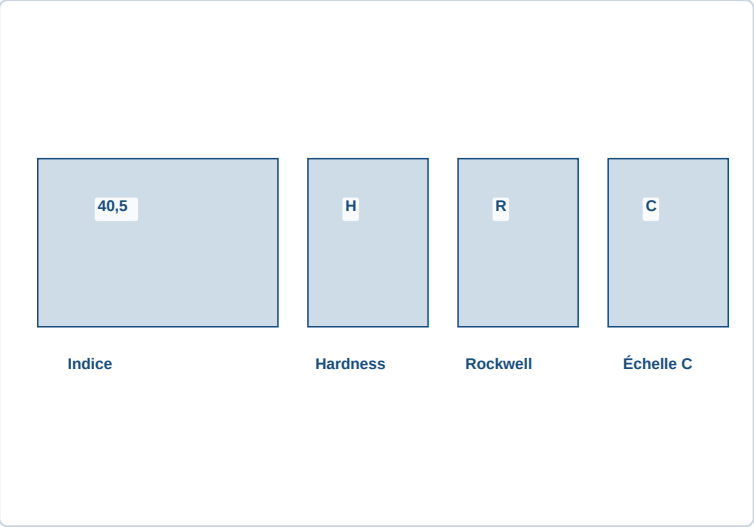
✓ RÉPONSE À RETENIR

Austénitisation vers 850 °C, trempe à l'huile, puis revenu vers 550 °C et refroidissement à l'air.

Question 4.2. Pour une dureté obtenue de 40,5 HRC, donner la signification de chacun des termes de cette désignation.

Dans **40,5 HRC**, **40,5** est l'indice de dureté mesuré. **H** signifie hardness, c'est-à-dire dureté ; **R** désigne la méthode Rockwell ; **C** indique l'échelle C, avec un pénétrateur conique en diamant et une charge totale de 150 kgf.

Décomposition de la désignation 40,5 HRC



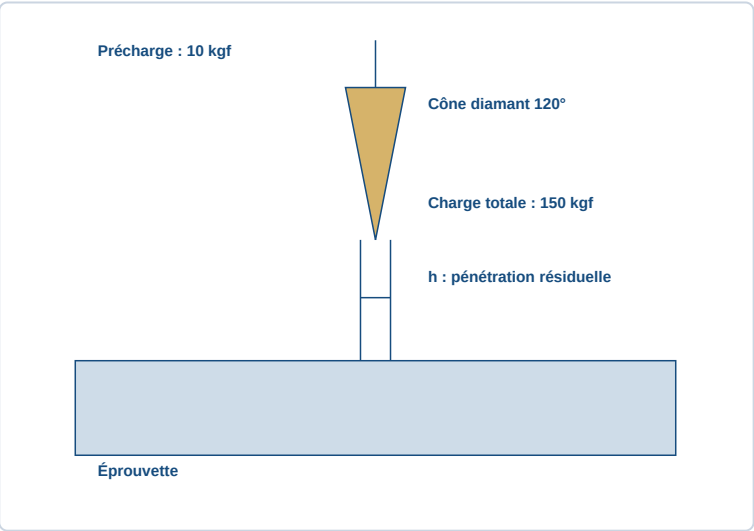
✓ RÉPONSE À RETENIR

40,5 : indice de dureté ; H : hardness ; R : Rockwell ; C : échelle C.

Question 4.3. **À l'aide d'un schéma, donner le principe de mesure de l'essai de dureté correspondant à la valeur 40,5 HRC.**

En Rockwell C, le pénétrateur est un cône en diamant de 120°. On applique d'abord une précharge de 10 kgf, puis une charge supplémentaire de 140 kgf, soit 150 kgf au total. Après retrait de la charge supplémentaire, la précharge reste en place : l'appareil mesure l'accroissement permanent de pénétration *h*. La dureté est donnée par **HRC = 100 − h/0,002**, avec *h* en millimètres.

Principe de l'essai de dureté Rockwell C



✓ RÉPONSE À RETENIR

Cône diamant de 120° ; précharge 10 kgf ; charge totale 150 kgf ; mesure de la pénétration résiduelle sous précharge.

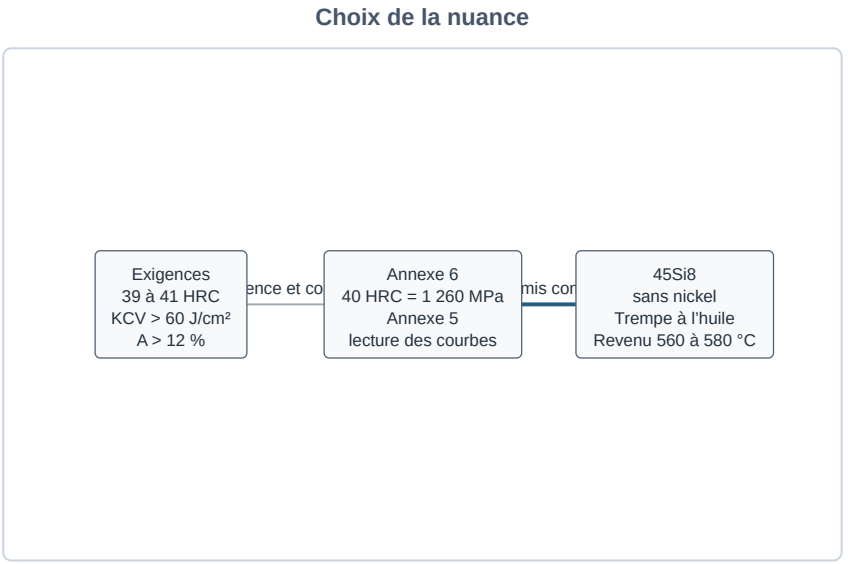
5. Modification du choix du matériau

Pour réduire le coût associé au nickel, le fabricant envisage de modifier la nuance de l’acier du verrou. Le choix doit satisfaire les caractéristiques mécaniques requises et être compatible avec l’atelier, équipé d’un four sous atmosphère contrôlée et d’un bain d’huile incorporé.

Partie 5

Question 5.1. À partir des paramètres et des annexes 3, 4, 5 et 6, choisir l’acier permettant d’obtenir les caractéristiques demandées et justifier ce choix.

La nuance retenue est le **45Si8**, sans nickel et compatible avec la trempe à l’huile. L’annexe 6 donne 1 260 MPa pour 40 HRC, au centre de la plage requise (39 à 41 HRC). La lecture de l’annexe 5 situe le compromis autour de 560 à 580 °C : résistance voisine de 1 220 à 1 290 MPa, allongement supérieur à 12 % et KCV supérieur à 60 J/cm². Ces valeurs sont des lectures approximatives des courbes.



Sélection à partir des valeurs et courbes des annexes 5 et 6.

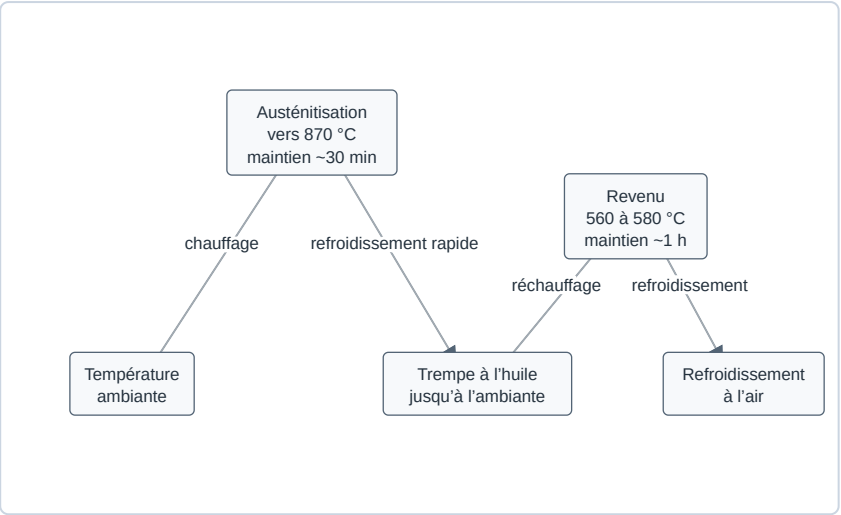
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> **45Si8**, revenu vers 560 à 580 °C après trempe à l’huile.

Question 5.2. Tracer les cycles thermiques complets des traitements à réaliser sur l’acier choisi, en justifiant les températures, les durées et les modes de refroidissement.

Pour le 45Si8, l’annexe 5 indique AC_3 = 845 °C. On choisit une austénitisation vers 870 °C, au-dessus d’AC_3, puis une trempe à l’huile, possible avec l’équipement indiqué. La durée de maintien dépend de la section et reste un ordre de grandeur pour cette pièce.

1. Chauffer à environ 870 °C et maintenir environ 30 min.
2. Tremper à l’huile jusqu’à température ambiante.
3. Revenu vers 560 à 580 °C pendant environ 1 h, puis refroidissement à l’air. Ce revenu vise les propriétés mécaniques demandées.

Cycle thermique du 45Si8



Cycle proposé à l'ordre de grandeur demandé, cohérent avec AC3 = 845 °C et la lecture de l'annexe 5.

✓ RÉPONSE À RETENIR

45Si8 : environ 870 °C, maintien 30 min, trempe à l'huile, revenu vers 560 à 580 °C pendant environ 1 h, refroidissement à l'air.

6. Traitements de surface et gamme de fabrication

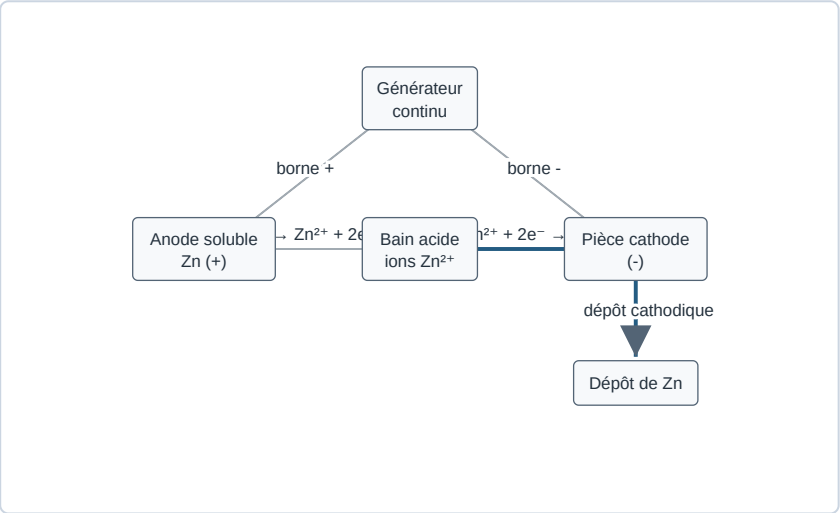
L’entreprise réalise un zingage acide destiné à protéger le verrou contre la corrosion, suivi d’une chromatation jaune irisée, sans altérer ses caractéristiques mécaniques. Le travail porte sur le dépôt électrolytique de zinc, le calcul de sa vitesse et de sa durée, la désignation des traitements et la gamme adaptée à un acier sensible à la fragilisation.

Partie 6

Question 6.1. À l’aide d’un schéma annoté, expliquer brièvement le principe du zingage électrolytique.

La pièce à revêtir est reliée à la borne négative du générateur : elle constitue la cathode. L’anode soluble en zinc est reliée à la borne positive. Dans le bain acide, les ions zinc se réduisent à la surface de la pièce et forment le dépôt. À l’anode, le zinc s’oxyde et alimente le bain en ions zinc. Le courant continu assure les réactions électrochimiques et le transfert du métal vers la pièce.

Principe du zingage électrolytique



Oxydation de l’anode soluble et réduction des ions zinc sur la pièce.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le zinc de l’anode s’oxyde, puis les ions zinc se réduisent sur la pièce cathodique et forment le dépôt protecteur.

Question 6.2. Donner l’expression littérale de la vitesse de dépôt en respectant les conventions d’écriture.

La loi de Faraday donne la masse de zinc déposée par unité de surface et de temps. En divisant ce flux massique par la masse volumique du zinc, on obtient la vitesse d’augmentation de l’épaisseur du dépôt. On note η le rendement cathodique, J la densité de courant, M la masse molaire du zinc, n son électrovalence, F la constante de Faraday et ρ sa masse volumique.

$$v = \frac{\eta J M}{n F \rho}$$

Avec les unités SI, la vitesse s’exprime en $\mathrm{m\,s^{-1}}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Vitesse de dépôt : $v = \dfrac{\eta J M}{n F \rho}$, en unités SI, avec η le rendement cathodique.

Question 6.3. Calculer la valeur numérique de la vitesse de dépôt et l'exprimer en µm/min.

On convertit les données en unités SI : $J = 4{,}0\ \mathrm{A\,dm^{-2}} = 400\ \mathrm{A\,m^{-2}}$, $M = 65{,}4\ \mathrm{g\,mol^{-1}} = 0{,}0654\ \mathrm{kg\,mol^{-1}}$ et $\rho = 7{,}1\ \mathrm{g\,cm^{-3}} = 7100\ \mathrm{kg\,m^{-3}}$. Le rendement vaut $0{,}95$, l'électrovalence 2 et $F = 96500\ \mathrm{C\,mol^{-1}}$. La conversion de $\mathrm{m\,s^{-1}}$ en $\mu\mathrm{m\,min^{-1}}$ multiplie par 60×10^6.

$$v = \frac{0{,}95 \times 400 \times 0{,}0654}{2 \times 96500 \times 7100} \times 60 \times 10^6$$

✓ RÉPONSE À RETENIR

La vitesse théorique de dépôt vaut environ $1{,}09\ \mu\mathrm{m\,min^{-1}}$, pour les conditions données.

Question 6.4. Calculer, en minutes, le temps d'électrolyse nécessaire pour obtenir une épaisseur de zinc de 30 µm.

À densité de courant et rendement constants, le dépôt progresse à la vitesse calculée à la question précédente. Le temps d'électrolyse est donc l'épaisseur demandée divisée par cette vitesse. Pour une épaisseur de $30\ \mu\mathrm{m}$, le calcul direct donne :

$$t = \frac{30}{\frac{0{,}95 \times 400 \times 0{,}0654}{2 \times 96500 \times 7100} \times 60 \times 10^6}$$

La durée obtenue est une valeur théorique, arrondie à une précision adaptée aux conditions du bain.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Temps d'électrolyse pour déposer $30\ \mu\mathrm{m}$ de zinc : environ $27{,}6\ \mathrm{min}$.

Question 6.5. Écrire la désignation normalisée des traitements de surface réalisés, en tenant compte de la désignation normalisée du substrat choisi.

Le substrat choisi à la question 5.1 est l'acier 45SiCrMo7. La désignation de traitement précise le substrat ferreux, le dépôt électrolytique de zinc de $30\ \mu\mathrm{m}$, puis la conversion chimique jaune irisée. Dans la désignation usuelle, le code C2 correspond à la chromatation jaune. La désignation doit donc faire apparaître successivement le support, le zingage et la chromatation.

✓ RÉPONSE À RETENIR

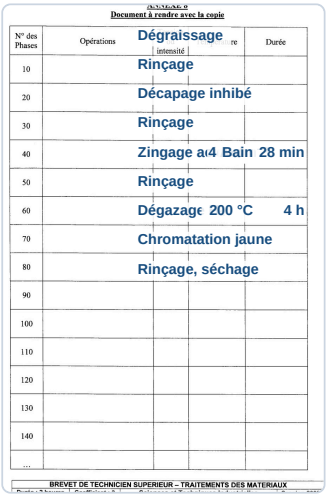
45SiCrMo7 : $\mathrm{Fe/Zn\ 30\ C2}$, zingage électrolytique de 30 µm suivi d'une chromatation jaune irisée.

Question 6.6. Sachant que l'acier est sensible à la fragilisation, compléter la fiche de gamme de l'annexe 8, à rendre avec la copie. Il n'est pas nécessaire de remplir toutes les cases et les températures ainsi que les durées sont attendues à l'ordre de grandeur.

Pour limiter la fragilisation par l'hydrogène, le dégazage intervient rapidement après le zingage, avant la chromatation. Le décapage acide doit rester inhibé et bref. Les valeurs de bain non précisées sont réglées selon les prescriptions de l'atelier ; la durée du zingage est estimée à partir de l'épaisseur visée et de la vitesse calculée.

Phase	Opération	Tension ou intensité	Température	Durée
10	Dégraissage	-	50 à 70 °C	Quelques minutes
20	Rinçage	-	Ambiante	Bref
30	Décapage acide inhibé	-	Ambiante	Bref
40	Rinçage	-	Ambiante	Bref
50	Zingage acide, dépôt 30 µm	4,0 A·dm^{-2}	Selon le bain	Environ 28 min
60	Rinçage	-	Ambiante	Bref
70	Dégazage de l'hydrogène	-	Environ 200 °C	Environ 4 h
80	Chromatation jaune irisée	-	Selon le bain	Selon le bain
90	Rinçage et séchage	-	Ambiante	-

Annexe 8 complétée



Document à rendre avec la copie

N° des Phases	Opérations	intensité	Durée
10	Dégraissage		
20	Rinçage		
30	Décapage inhibé		
40	Rinçage		
50	Zingage a(4 Bain		28 min
60	Rinçage		
70	Dégazage	200 °C	4 h
80	Chromatation jaune		
90	Rinçage, séchage		
100			
110			
120			
130			
140			
...			

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX

✓ RÉPONSE À RETENIR

Dégraisser, rincer, décaper brièvement, zinguer, dégazer vers 200 °C pendant environ 4 h, chromatater en jaune irisé, puis rincer et sécher.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2009)

Bilan de l'épreuve : Cette sous-épreuve de Sciences et Techniques Industrielles du BTS Traitements des matériaux, session 2009, code TMSTI AB, dure 2 heures et est affectée du coefficient 2. Elle étudie le verrou rotatif d'un spreader et évalue l'analyse des aciers, les traitements thermiques, les contrôles mécaniques et du fibrage, ainsi que le zingage électrolytique et la prévention de la fragilisation.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La désignation d'un acier renseigne sur sa teneur en carbone et sur les éléments d'addition qui influencent ses propriétés.
- Un cycle thermique comprend chauffage, maintien et refroidissement, avec des paramètres adaptés à l'acier et aux propriétés visées.
- Le contrôle du fibrage permet d'observer l'orientation des fibres métalliques après une déformation telle que la frappe à froid.
- La loi de Faraday relie la quantité de métal déposée à la charge électrique, au rendement cathodique et à l'électrovalence.

Points de vigilance & attentes du jury

- Pour chaque cycle thermique, indiquer les températures, les maintiens et les modes de refroidissement, puis justifier les choix.
- Lire les axes, les unités et les courbes des annexes avant d'estimer les propriétés mécaniques après revenu.
- Dans les calculs de dépôt, convertir les unités et distinguer le rendement cathodique de l'électrovalence.
- Pour la gamme d'un acier sensible à la fragilisation, prendre en compte l'enchaînement des opérations et la préservation des caractéristiques mécaniques.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment organiser le tracé d'un cycle thermique ?

Représentez la température en fonction du temps. Faites apparaître le chauffage, le palier de maintien et le refroidissement, avec les valeurs demandées et une justification fondée sur les données de l'acier et les annexes.

Q : Comment aborder le calcul de la vitesse de dépôt de zinc ?

Utilisez la loi de Faraday pour relier la masse déposée à la charge électrique, puis la masse volumique pour obtenir l'épaisseur. Intégrez le rendement cathodique et vérifiez les unités avant la conversion en µm/min.

Q : Quelle est la durée de l'épreuve et comment répartir son temps ?

L'épreuve dure 2 heures et son coefficient est 2. Le barème totalise 20 points pour les six parties. Répartissez le temps selon le poids des questions et gardez quelques minutes pour vérifier unités, justifications et documents à rendre.

Q : Quels critères de notation faut-il viser pour les schémas et les justifications ?

Les schémas doivent être lisibles et annotés, notamment pour le zingage et les essais. Les choix de matériau et de traitement doivent s'appuyer sur les données du sujet et des annexes, avec les unités et les étapes de calcul clairement présentées.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2009/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2009 - 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.