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 - U4.2 - Sous-épreuve commune aux deux options

Session 2017 • Code sujet : **TMSTIAB** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude de la fourchette de fixation arrière (13 questions) **Page 3**

2. Étude des pointes de maintien (4 questions) **Page 9**

3. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 11**

Sujet officiel (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2017/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2017 - 2-Sujet.pdf

1. Étude de la fourchette de fixation arrière

Une entreprise fabrique une fourchette arrière de fixation de ski en acier 100Cr6, débitée, recuite pour globulisation, cambrée à froid puis usinée. L'étude porte sur les traitements nécessaires pour obtenir des carbures secondaires globulaires, une dureté finale de 62 ±1 HRC et un revêtement électrolytique de zinc de 25 µm suivi d'une passivation.

Désignation matière

Question 1.1.1. À partir de la désignation 100Cr6, donner en toutes lettres la nature de l'acier et sa composition chimique moyenne.

Dans la désignation **100Cr6**, 100 indique environ 1 % de carbone et Cr6 correspond à environ 1,5 % de chrome. C'est un acier fortement carburé, faiblement allié au chrome, de la famille des aciers pour roulements. Le reste est principalement du fer.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Acier au carbone fortement carburé, allié au chrome : environ 1 % C et 1,5 % Cr, le reste étant du fer.

Recuit de globulisation

Question 1.2.1. Justifier l'utilité du recuit de globulisation prévu à la phase 20 de la gamme.

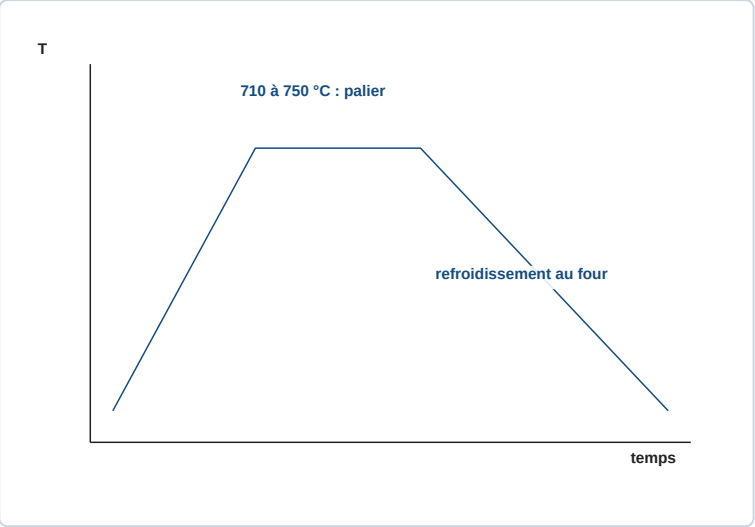
Le recuit de globulisation met les carbures sous forme de particules sphériques et adoucit l'acier. Il facilite ainsi le cambrage à froid du lopin et l'usinage de l'encoche. Il prépare la pièce avant la trempe et le revenu, tout en répondant à l'exigence de carbures secondaires globulaires du cahier des charges.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Globuliser les carbures et adoucir l'acier pour faciliter le cambrage à froid et l'usinage.

Question 1.2.2. Tracer le cycle thermique du recuit de globulisation en précisant les paramètres utiles : temps, température et mode de refroidissement.

La fiche technique indique un recuit entre 710 et 750 °C, suivi d'un refroidissement au four. Le maintien doit permettre la globulisation; sa durée dépend de la section. Après le palier, le refroidissement lent au four évite un durcissement rapide et conserve l'état adouci nécessaire aux opérations suivantes.

Cycle du recuit de globulisation



✓ RÉPONSE À RETENIR

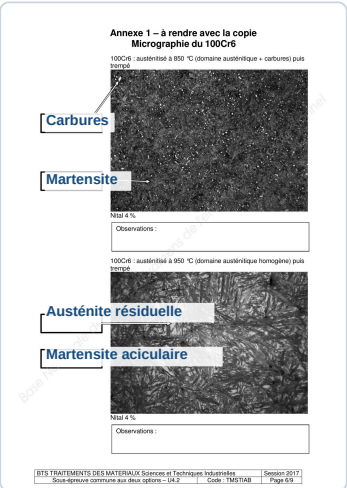
Palier entre 710 et 750 °C, puis refroidissement lent au four.

Traitement thermique de trempe et revenu

Question 1.3.1. À partir des deux micrographies de l'annexe 1, identifier les constituants observés après trempe et justifier leur présence.

À 850 °C, l'austénite coexiste avec des carbures : après trempe, les carbures non dissous restent visibles dans une matrice martensitique. À 950 °C, les carbures se dissolvent davantage et l'austénite devient homogène. La trempe donne alors de la martensite aciculaire et de l'austénite résiduelle, favorisée par l'enrichissement en carbone.

Constituants observés sur les micrographies



✓ RÉPONSE À RETENIR

850 °C : carbures non dissous et martensite. 950 °C : martensite aciculaire et austénite résiduelle.

Question 1.3.2. **Choisir et justifier la température d'austénitisation adaptée.**

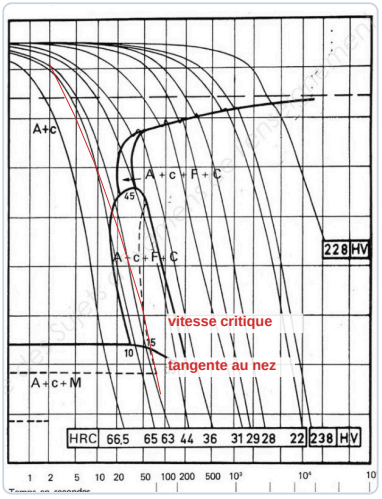
On choisit **850 °C**, dans la plage de trempe de la fiche technique (825 à 875 °C). L'annexe 1 montre qu'à 850 °C, l'austénite coexiste avec des carbures : ceux-ci ne sont donc pas entièrement dissous. À 950 °C, l'austénite est homogène, ce qui favorise une dissolution excessive des carbures recherchés.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Austénitisation à 850 °C pour conserver des carbures non dissous.

Question 1.3.3. **Sur le diagramme TRC de l'annexe 2, tracer la loi correspondant à la vitesse critique de trempe martensitique, en donner la définition et indiquer la dureté visée.**

La vitesse critique de trempe martensitique est la vitesse minimale de refroidissement qui évite les transformations diffusantes et permet la formation de martensite. Sur le TRC, la courbe de refroidissement critique est tangente au nez de la transformation. Le diagramme indique environ 66,5 HRC après trempe martensitique; le revenu ramène la dureté à la valeur finale demandée.

Loi de refroidissement critique sur le TRC

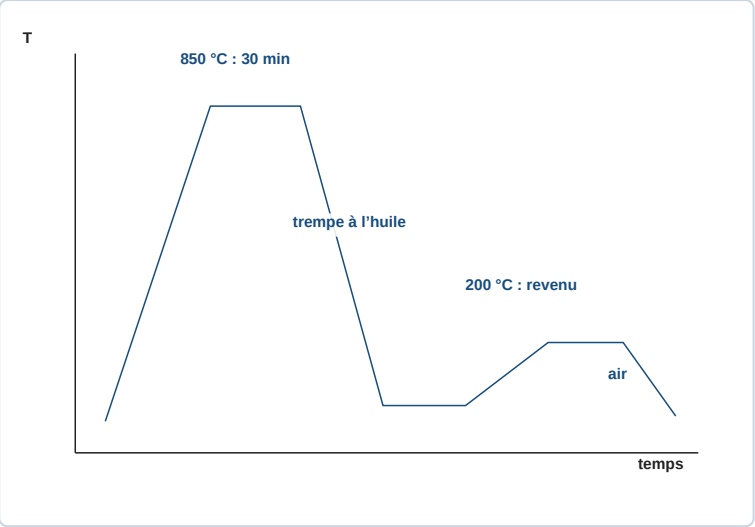


> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Vitesse critique : refroidissement minimal tangent au nez du TRC. Dureté après trempe : environ 66,5 HRC.

Question 1.3.4. **À l'aide des annexes 2 et 3, définir la gamme complète de traitements thermiques permettant de répondre au cahier des charges. Dessiner le cycle complet et justifier les températures choisies, les temps de maintien et les modes de refroidissement.**

La fiche technique prescrit une trempe à l'huile entre 825 et 875 °C. Le TRC est établi après austénitisation à 850 °C pendant 30 min : on retient donc ces paramètres, puis une trempe à l'huile assez rapide pour éviter les transformations diffusantes. Le revenu à 200 °C donne 62 HRC selon la fiche. Refroidir ensuite à l'air.

Cycle complet de trempe et revenu



✓ RÉPONSE À RETENIR

850 °C pendant 30 min, trempe à l'huile, puis revenu à 200 °C et refroidissement à l'air : 62 HRC visés.

Contrôle des caractéristiques mécaniques finales

Question 1.4.1. Justifier le choix de l'essai HRC.

L'essai Rockwell C est adapté aux aciers trempés et revenus de forte dureté. Son pénétrateur en diamant permet de mesurer la dureté élevée visée sans utiliser une échelle inadaptée. La lecture directe permet de vérifier la conformité à l'exigence du cahier des charges, soit 62 ±1 HRC.

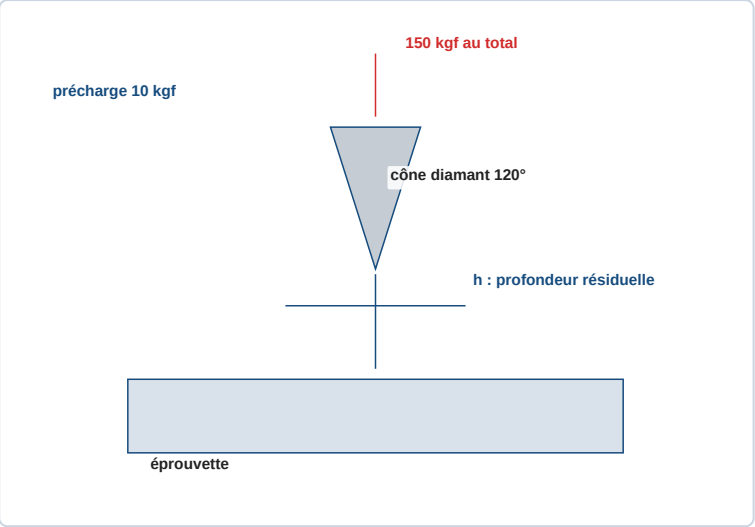
✓ RÉPONSE À RETENIR

L'essai HRC convient à la forte dureté du 100Cr6 trempé et revenu et vérifie directement la plage 61 à 63 HRC.

Question 1.4.2. Décrire le principe de l'essai HRC à l'aide d'un schéma précisant la valeur des charges, la forme et la matière du pénétrateur, ainsi que la mesure h servant à déterminer la dureté. Utiliser la relation fournie : HRC = 100 - h / 0,002.

On applique une précharge de 10 kgf, puis une charge supplémentaire de 140 kgf, soit 150 kgf au total. Le pénétrateur est un cône de diamant à 120°. Après retrait de la charge principale, on mesure la profondeur résiduelle supplémentaire *h* par rapport à la référence sous précharge. La relation fournie donne la dureté HRC.

Principe de l’essai Rockwell C



✓ RÉPONSE À RETENIR

Précharge : 10 kgf; charge totale : 150 kgf; cône diamant de 120°; pour 62 HRC, h = 0,076 mm.

Traitements de surface

Question 1.5.1. Justifier que l’acier est concerné par le risque de fragilisation liée à l’hydrogène.

À 62 HRC, l’annexe 4 donne une résistance à la traction de **2425 MPa**. Cette valeur est supérieure au seuil de 1100 MPa indiqué dans le sujet. L’acier est donc exposé au risque de fragilisation par l’hydrogène absorbé lors du zingage électrolytique; un traitement de défragilisation après dépôt est nécessaire.

✓ RÉPONSE À RETENIR

À 62 HRC, Rm = 2425 MPa, supérieur à 1100 MPa : la défragilisation est requise.

Question 1.5.2. Choisir la température et la durée du traitement de défragilisation après dépôt électrolytique, en veillant à ne pas altérer les propriétés mécaniques obtenues lors de la trempe et du revenu.

À 62 HRC, l’annexe 4 indique *Rm* = 2425 MPa, donc supérieur à 1800 MPa. Le tableau prescrit 24 h entre 190 et 230 °C. On choisit 190 °C, borne basse de la plage et température inférieure au revenu de 200 °C, afin de limiter le risque d’altérer les propriétés mécaniques. Effectuer le traitement après le zingage.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Défragilisation après zingage : 24 h à 190 °C.

Question 1.5.3. **Lister l’ensemble des opérations de la gamme de traitements de surface pour le zingage électrolytique de 25 µm suivi d’une passivation, en précisant les précautions à prendre.**

Procéder dans l’ordre pour réduire le risque d’absorption d’hydrogène et protéger la passivation :

1. Dégraisser, rincer, puis décaper brièvement avec un inhibiteur.
2. Rincer, zinguer électrolytiquement à 25 µm, puis rincer.
3. Défragiliser rapidement après dépôt, 24 h à 190 °C.
4. Passiver, rincer et sécher.

Éviter un décapage acide prolongé et contrôler l’épaisseur ainsi que la continuité du dépôt.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Dégraissage, rinçage, décapage inhibé, zingage 25 µm, rinçage, défragilisation, passivation, rinçage et séchage.

Question 1.5.4. **Calculer en minutes le temps d’électrolyse nécessaire pour déposer 25 µm de zinc, à partir des données de fonctionnement du bain et des caractéristiques du zinc fournies.**

Pour 1 cm², 25 µm correspondent à 0,0025 cm. La masse déposée par unité de surface vaut alors 7,1 × 0,0025 = 0,01775 g/cm², et la densité de courant vaut 2/100 = 0,02 A/cm². Avec la loi de Faraday, t = (m/S)nF/(MηJ); on convertit ensuite les secondes en minutes.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Temps d’électrolyse : environ 45,95 min.

2. Étude des pointes de maintien

La seconde partie étudie les pointes de maintien avant d'une fixation de ski, fabriquées en acier 35NiCr6. Leur gamme comprend une trempe superficielle par induction et les traitements de surface désignés Cr (XII) + Zn20 (I) / Fe.

Désignation matière

Question 2.1.1. Préciser le caractère alphagène, gammagène et carburigène des éléments d'addition de l'acier 35NiCr6, ainsi que leur influence sur la trempabilité.

Dans **35NiCr6**, 35 indique une teneur moyenne d'environ 0,35 % de carbone ; Ni et Cr désignent le nickel et le chrome. Le nickel est gammagène et non carburigène. Le chrome est alphagène et carburigène, car il forme des carbures. Nickel et chrome retardent les transformations au refroidissement et augmentent la trempabilité, donc la profondeur de la couche durcie à la trempe.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Ni : gammagène, non carburigène. Cr : alphagène et carburigène. Ni et Cr augmentent la trempabilité.

Trempe superficielle par induction

Question 2.2.1. Donner le but et le principe de ce traitement thermique.

1. Une bobine parcourue par un courant alternatif induit des courants dans la pointe et chauffe rapidement sa surface jusqu'à l'austénitisation.
2. La surface est ensuite refroidie rapidement, généralement par aspersion, afin de former une couche martensitique dure.

Le cœur reste moins dur et plus tenace. Le traitement améliore ainsi la résistance à l'usure de la surface sans durcir toute la pièce.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Chauffer par induction la surface jusqu'à l'austénitisation, puis la refroidir rapidement : surface dure, cœur tenace.

Traitement de surface

Question 2.3.1. Décoder la désignation des traitements de surface Cr (XII) + Zn20 (I) / Fe appliqués aux pointes.

La désignation décrit les couches appliquées sur le substrat **Fe**, qui est l'acier. **Zn20** correspond à un dépôt de zinc de 20 µm ; **(I)** indique la classe de traitement associée. **Cr (VI)** désigne la passivation chromique au chrome hexavalent, appliquée sur le zinc. Il s'agit donc d'un revêtement de zinc passivé, et non d'un dépôt métallique de chrome de 12 µm.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Acier Fe revêtu de zinc 20 µm, puis passivé au chrome hexavalent, classe I.

Question 2.3.2. Indiquer le but des traitements de surface appliqués aux pointes de maintien.

Le traitement vise principalement à protéger les pointes contre la corrosion. Le zinc joue un rôle sacrificiel en protégeant l'acier, tandis que la passivation chromique améliore la tenue anticorrosion de la couche de zinc.

- Protection du substrat en acier contre la corrosion.
- Amélioration de la résistance à la corrosion du revêtement de zinc.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Protection anticorrosion de l'acier par le zinc sacrificiel et sa passivation chromique.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2017)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de BTS Traitements des matériaux, session 2017, code TMSTIAB, dure 2 heures et a un coefficient 2. Elle étudie deux pièces de fixation de ski : une fourchette en 100Cr6 et des pointes en 35NiCr6. Les compétences évaluées concernent les nuances d'acier, les traitements thermiques, le contrôle de dureté, la fragilisation par l'hydrogène et les traitements de surface.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le recuit de globulisation favorise les carbures sphéroïdaux et facilite les opérations ultérieures de mise en forme et d'usinage.
- La vitesse critique de trempe martensitique est la vitesse minimale évitant les transformations diffusives avant la formation de martensite.
- En Rockwell C, HRC = 100 - h / 0,002, où h est la profondeur résiduelle exprimée en millimètres.
- La loi de Faraday relie la masse déposée à la charge : m = η M I t / (n F).

Points de vigilance & attentes du jury

- Relier les constituants visibles sur les micrographies aux conditions d'austénitisation avant de choisir le cycle thermique.
- Lire les transformations sur le diagramme TRC en tenant compte de l'échelle logarithmique du temps.
- Utiliser la résistance mécanique et le tableau de défragilisation pour choisir la durée du traitement après zingage.
- Pour le dépôt électrolytique, convertir correctement les unités de surface, d'épaisseur, de masse volumique et de courant.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment organiser le calcul du temps de zingage électrolytique ?

Calculer d'abord la masse de zinc à déposer à partir de l'épaisseur, de la surface et de la masse volumique. Déterminer ensuite la charge par la loi de Faraday en tenant compte du rendement, puis diviser cette charge par l'intensité pour obtenir le temps.

Q : Comment choisir la température d'austénitisation du 100Cr6 ?

Comparer les microstructures obtenues aux deux températures et consulter la fiche technique de la nuance. Le choix doit permettre une dissolution adaptée des carbures, puis une trempe et un revenu qui satisfont les exigences du cahier des charges.

Q : Comment répartir le temps pendant cette épreuve ?

L'épreuve dure 2 heures et comporte deux parties notées sur 16 et 4 points. Repérez le barème, traitez d'abord les questions maîtrisées et gardez du temps pour les cycles thermiques, le calcul d'électrolyse et la vérification des unités.

Q : Quels éléments sont explicitement pris en compte dans la notation ?

Le barème attribue 16 points à la partie 1 et 4 points à la partie 2, avec une répartition par question. Il faut répondre aux consignes, notamment fournir les justifications et schémas demandés et présenter le calcul d'électrolyse.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2017/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2017 - 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.