

TP UEF MATA - 02

Traitements thermiques des aciers

Essai de trempabilité par trempe en bout (Essai Jominy)

Résumé Ce TP a pour objectif l'étude de la trempabilité des aciers. Il s'agit de découvrir et mettre en place l'essai de trempabilité par trempe en bout, ou encore essai Jominy.

Important : le rendu sera de la forme rapport scientifique, en format électronique, regroupant les 2 séances de TP. La date limite de rendu vous sera précisée lors des séances de TP. Le rapport sera évalué tant sur la qualité scientifique du contenu que la forme.

Documents à disposition :

- Annexes de A à E ;
- Norme NF EN ISO 642 (1999-10), *Essai de trempabilité par trempe en bout (Essai Jominy)* ;
- Tableau de correspondance des duretés ;
- Extrait du *Précis de Métallurgie - Élaboration, Structures-Propriétés, Normalisation*, J. Barralis, G. Maeder, Éd. Nathan (2005) p.68-94.

Documents de référence :

- Norme NF EN ISO 10083-1 (2006-12-01), *Acier pour trempe et revenu - Partie 1 : Conditions techniques générales de livraison* ;
- *Conseils pour le traitement thermique des aciers à outils*, Collection ATS-OTUA (1983) ;
- *Méthode pratique de prévision de la réponse d'un acier aux traitements thermiques - Applications au choix de la nuance et à la mise au point du traitement thermique*, G. Murry, 2nd Éd., Collection ATS-OTUA (1984) ;
- *Atlas de Courbes Jominy (états brut de trempe et revenus) d'aciers de la norme NF*

- A 35-552*, Collection ATS-OTUA (1985);
— *Atlas of Time-Temperature Diagrams for Irons and Steels*, Éd. G.F. Vander Voort, Collection ASM-International (1991).

1 Essai de trempabilité par trempe en bout

Vous avez à disposition une éprouvette Jominy de nuance 42CrMo4. Le tableau 1 donne quelques informations sur cette nuance. L'annexe A donne le diagramme TRC de cette nuance.

Nuance : 42CrMo4 (AFNOR : 42CD4)								
%m. d'éléments						Température [°C]		
C	Mn	Si	S	Cr	Mo	Ac ₁	Ac ₃	M _s
0,42	0,75	0,25	<0,035	1,10	0,22	750	810	350

Tableau 1 – Composition chimique et températures caractéristiques de la nuance 42CrMo4

Austénitisez l'éprouvette à 875 °C pendant 35 min.

Effectuez la trempe en bout de cette éprouvette. Attention de respecter le temps nécessaire au bon refroidissement de l'éprouvette Jominy.

Réalisez un méplat suivant l'axe de l'éprouvette.

Réalisez les mesures de dureté (Rockwell HRC) permettant de tracer la courbe Jominy de cet acier.

Remarque : compte tenu de la largeur du méplat, pour chaque zone d'analyses, une seule empreinte de dureté sera réalisée pour chaque distance Jominy.

Remarque : afin d'améliorer la statistique de mesures, un deuxième (voir un troisième) méplat pourra être réalisé à 90° (ou 180° respectivement) et caractérisé par essais de dureté (Rockwell HRC).

1.1 Questions

1. Expliquez les conditions d'austénitisation retenues.
2. Décrivez un essai Jominy. Expliquez l'intérêt de cet essai.
3. Justifiez la réalisation d'un méplat.
4. Existe-t-il des précautions à prendre pour réaliser le méplat ? Si oui, justifiez.
5. Critiquez le profil de dureté obtenu (niveau, évolution, trempabilité...).
6. Le profil est-il conforme à vos attentes ? Justifiez votre réponse.

7. Comparez les deux abaques de courbes Jominy des nuances 42CrMo4 (Annexe B) et C45 (Annexe C). Expliquez en les différences et origines métallurgiques. Le tableau 2 donne quelques informations sur la nuance C45. L'annexe D donne le diagramme TRC de la nuance C45.

Remarque : N'oubliez pas d'expliquer et détailler chacune de vos réponses !

Nuance : C45E (AFNOR : XC48)							
%m. d'éléments					Température [°C]		
C	Mn	Si	S	P	Ac ₁	Ac ₃	M _s
0,50	0,67	0,24	0,022	0,031	730	775	300

Tableau 2 – Composition chimique et températures caractéristiques de la nuance C45E

2 Application : propriétés après trempe

2.1 Généralités

Une courbe Jominy pour une nuance d'acier donnée permet donc de caractériser l'évolution de la transformation de l'austénite vers la ferrite en fonction de différentes conditions de refroidissement continu par de simples mesures de dureté sur une seule éprouvette. L'essai par trempe en bout prend ici tout son sens pratique car relativement facile et peu onéreux à réaliser. Des abaques sont ainsi disponibles dans la littérature permettant de déterminer très simplement et rapidement les propriétés mécaniques d'une nuance en fonction de conditions de refroidissement données et inversement. Les milieux de trempe ou encore les dimensions critiques de pièces sont également des informations accessibles qu'il est possible de déterminer ou de tenir compte. Pour ce faire, l'utilisateur se référera en pratique à la distance Jominy équivalente, c'est-à-dire le point de l'éprouvette Jominy situé à une certaine distance de l'extrémité trempée ayant la même structure et la même dureté que celles du point considéré en pratique à une distance définie de la surface de la pièce traitée et refroidie dans un milieu de trempe connu.

Deux exemples d'abaques sont donnés dans le cas de cylindres de révolution :

- Relations entre les vitesses de refroidissement des éprouvettes d'essai par trempe en bout et des cylindres de révolution trempés à l'eau ou à l'huile doucement agitées (Figures 1 et 2). Ces abaques donnent la distance Jominy équivalente de trois zones caractéristiques (surface, 3/4 de rayon et coeur) d'un cylindre de révolution de diamètre donné. (cf. norme NF EN 10083-1 (2006-12-01))
- Abaque Distance Jominy équivalente = $f(D, H, r/R)$ de l'Office Technique pour l'Utilisation des Aciers (OTUA), où D est le diamètre de l'éprouvette, r et R les rayons d'étude et d'éprouvette respectivement et H l'indice de sévérité du milieu de trempe (Annexe E).

Il est à noter qu'il existe des abaques permettant de déterminer les sections rondes équivalentes à des sections rectangulaires ou carrées. (Figure 3).

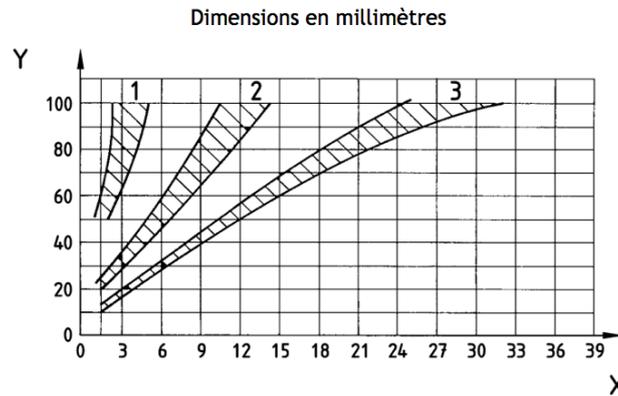


FIGURE 1 – Relations entre les vitesses de refroidissement d'éprouvettes d'essais par trempe en bout et de cylindres de révolution trempés à l'eau doucement agitées. X : Distance à l'extrémité trempée. Y : Diamètre de la barre. 1 : Surface. 2 : 3/4 de rayon. 3 : Coeur. (cf. norme NF EN 10083-1 (2006-12-01))

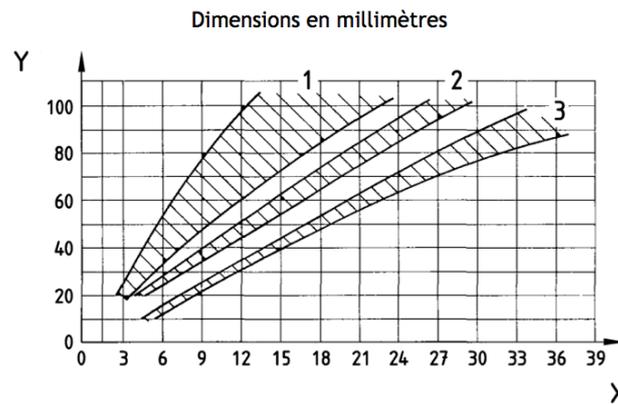


FIGURE 2 – Relations entre les vitesses de refroidissement d'éprouvettes d'essais par trempe en bout et de cylindres de révolution trempés à l'huile doucement agitées. X : Distance à l'extrémité trempée. Y : Diamètre de la barre. 1 : Surface. 2 : 3/4 de rayon. 3 : Coeur. (cf. norme NF EN 10083-1 (2006-12-01))

2.2 Questions

L'objectif est de réaliser une trempe à l'huile d'une éprouvette cylindrique de nuance 42CrMo4 de diamètre 30 mm. On admet que le milieu de trempe se caractérise par un indice de sévérité $H = 0,015 \text{ mm}^{-1}$.

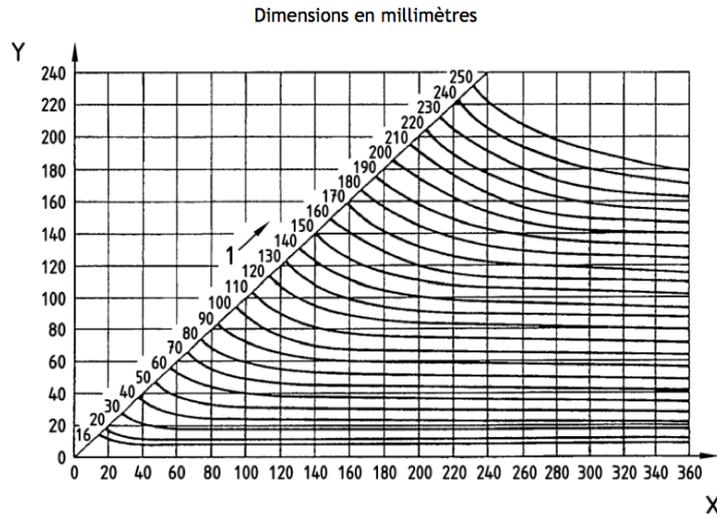


FIGURE 3 – Diamètre équivalent correspondant à des sections carrés ou rectangulaires trempées à l'eau ou à l'huile. X : Largeur. Y : Longueur. 1 : Diamètre équivalent. (cf. norme NF EN 10083-1 (2006-12-01))

1. A partir des abaques de distances Jominy équivalentes, estimez le durcissement de ce cylindre de nuance 42CrMo4 à coeur et à 0,75 fois le rayon.
2. Proposez deux solutions de traitements thermiques permettant d'obtenir une dureté à coeur de 40 HRC.
3. Estimer le niveau de dureté à coeur et à 0,5 fois le rayon équivalent d'un parallélépipède de dimension 80 x 50 mm après trempe à l'huile fortement agitée ($H = 0,04 \text{ mm}^{-1}$). Détaillez votre démarche.

Remarque : N'oubliez pas d'expliquer et détailler chacune de vos réponses !