

Expériences sur les traitements thermiques des aciers

par M.-C. MICHEL,
L.T.E. Varoquaux, Tomblaine
et Jean-Pierre MICHEL,
Ecole des Mines, Nancy.

Les programmes de 4^e comportent une initiation à la métallurgie. Il s'agit notamment de sensibiliser les élèves aux différents phénomènes mis en jeu au cours de l'élaboration des aciers. Le passage du minerai au produit fini, l'acier prêt à l'emploi, peut être décomposé en deux étapes :

- (1) la métallurgie extractive qui permet par des réactions chimiques d'obtenir l'acier avec sa teneur définitive en carbone,
- (2) les traitements thermiques qui, par des transformations à l'état solide, à composition constante, donnent à l'acier ses propriétés mécaniques finales.

Les traitements thermiques sont au nombre de trois : recuit, trempe et revenu ; ils peuvent facilement être visualisés en travaux pratiques.

On utilise pour cela un fil d'acier fin, de diamètre 0,5 mm environ, vendu en quincaillerie sous le nom de « corde à piano » (10 francs les 10 mètres). Ce fil est caractérisé par une forte teneur en carbone (0,8 % en poids environ) qui le rend très sensible aux traitements thermiques. Son état, ou son histoire, peut se résumer ainsi : il a subi un recuit qui l'a rendu mou et très déformable (ductile) puis un tréfilage à la température ambiante qui l'a moyennement durci. Ce type de durcissement par déformation « à froid », également appelé écrouissage, est dû à la création de défauts dans le réseau cristallin ; il se rencontre dans tous les métaux.

Les traitements thermiques seront réalisés sur des morceaux de fil de quelques centimètres de long en utilisant des sources de chaleur de faible puissance, un bec de gaz convient parfaitement. La température étant estimée par l'observation de la couleur (voir annexe), on évitera l'utilisation de flammes donnant du noir de fumée, comme la bougie, par exemple.

I. LE RECUIT.

Le recuit consiste en un chauffage à une température supérieure à 720°C (pour le type d'acier utilisé) suivi d'un refroidissement lent (fig. 1). Il a pour effet d'effacer l'histoire antérieure de l'acier et de donner les phases d'équilibre ferrite et cémentite. Il diminue la résistance et la dureté et améliore l'usinabilité.

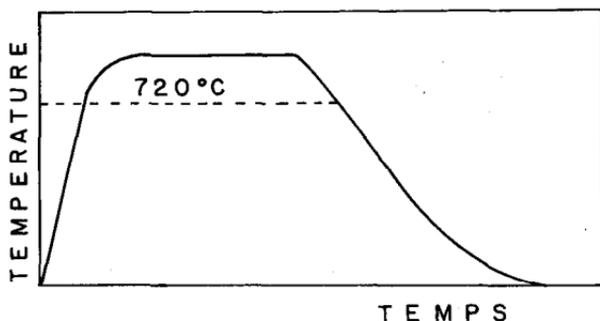


Fig. 1. — Cycle thermique du recuit.

Le temps de maintien à haute température dépend de la masse traitée, pour le morceau de fil il suffit d'attendre qu'il ait atteint la température voulue dans la flamme chauffante du bec et de le retirer progressivement de la flamme.

Après refroidissement, on montrera que l'acier est mou en l'entamant avec une petite lime et en l'enroulant facilement autour d'un crayon pour lui donner la forme d'un ressort à boudin dont les qualités élastiques sont tout à fait médiocres. Sur un autre morceau recuit on pourra, par de multiples déformations, mettre en évidence le durcissement par travail à froid.

II. LA TREMPE.

La trempe consiste en un chauffage à une température supérieure à 720°C suivie d'un refroidissement très rapide (fig. 2a). Elle conduit à une phase hors d'équilibre, la martensite, très dure et très fragile. On réalisera le même chauffage que pour le recuit mais on fera passer immédiatement le fil de la flamme à un récipient d'eau. On pourra tremper plusieurs morceaux de fil ainsi que le ressort formé précédemment. On se rendra compte que les zones trempées ne sont pas entamées par la lime et qu'elles sont fragiles car elles se cassent avec une absence totale de déformation permanente après rupture.

La vitesse minimale de refroidissement lors d'une trempe, appelée « vitesse critique de trempe » est de l'ordre de 100°C par

seconde pour l'acier utilisé. Une trempe effectuée trop lentement ne donnera qu'une structure partiellement martensitique ne présentant pas les propriétés de dureté et de fragilité de cette phase. En cas de doute, il est toujours possible de répéter le traitement.

III. REVENU.

Le revenu suit toujours une trempe. Il est destiné à en atténuer les effets en abaissant la dureté et surtout la fragilité ren-

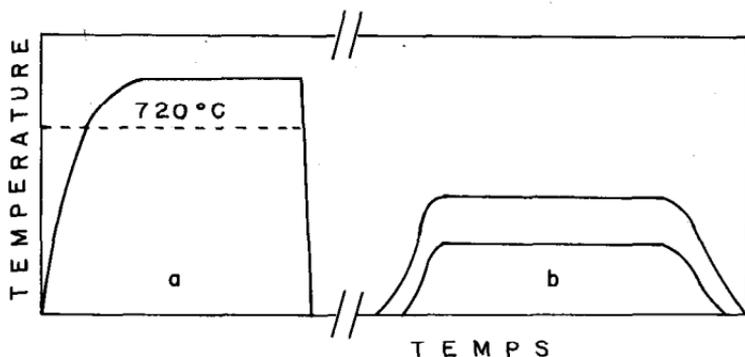


Fig. 2. — Cycle thermique a) de la trempe, b) de revenus.

dant ainsi l'acier trempé utilisable. Il consiste en un maintien à une température comprise entre 150 et 650°C. Il supprime les contraintes internes dues à la trempe et transforme partiellement la martensite en phases d'équilibre.

On pourra réaliser des revenus de durée identique, quelques secondes, à des températures différentes (voir annexe), en mettant le fil en dehors de la flamme éclairante du bec. On évaluera le gain de ductilité pour des températures croissantes par les valeurs croissantes de l'angle de rupture quand on plie le fil. On vérifiera que le ressort, après revenu, présente des propriétés mécaniques utilisables.

ANNEXE

Estimation de la température de recuit et de trempe par observation de la couleur de l'éprouvette :

à 600 °C	l'acier est rouge foncé,
750 °C	rouge vif,
950 °C	orange,
1 150 °C	jaune orangé.

Estimation de la température de revenu :

après un revenu à 200° C	l'aspect de l'acier est inchangé,
300 °C	l'acier est bleu foncé,
400 °C	bleu clair.

Ces teintes étant dues à une couche d'oxyde.

BIBLIOGRAPHIE

Cet article s'est inspiré du cours « Matériaux » de l'Ecole Polytechnique de Montréal de M. RIGAUD, J.-P. BAILON, J.-M. DORLOT, J. MASOUNAVE, G. GUÉRIN, J. MÉLANCON, L. HAENNY.

Pour plus de renseignements sur les aciers, leurs traitements et leurs propriétés, on peut consulter un des ouvrages généraux ci-après :

- J. BARRALIS, G. MAEDER. — *Métallurgie*, tome 2, édité par Communications Actives (1983).
 - R. BENSIMON. — *Les aciers*, tome 1, P.Y.C.-Edition (1971).
 - C. CHAUSSIN, G. HILLY. — *Métallurgie*, tome 1, Dunod (1972).
 - I. LAKHTINE. — *Métallographie et traitements thermiques des métaux*, Editions M.I.R. (1971).
-