

Chapitre II

Les Traitements Thermiques

II.1. Définition et but des traitements thermiques

La définition retenue par la norme NF EN 10052 pour traitement thermique est une succession d'opérations au cours desquelles un produit ferreux solide est soumis en totalité ou partiellement à des cycles thermiques pour obtenir un changement de ses propriétés et/ou de sa structure. De cela, on peut dire que les traitements thermiques sont constitués par un certain nombre d'opérations combinées de chauffage et de refroidissement : c'est la variation de la température en fonction du temps.

Les traitements thermiques ne s'appliquent pas aux métaux purs, mais seulement à quelques alliages pour lesquels on recherche principalement une augmentation de la limite élastique et une diminution de la fragilité. Ils sont appliqués surtout aux aciers destinés aux traitements thermiques (aciers fins et aciers alliés). En général les traitements thermiques ne changent pas la composition chimique de l'alliage. Il faut prendre en compte avant tout, la composition chimique, les dimensions et la géométrie de la pièce traitée.

Les traitements thermiques ayant pour but :

- 1) D'améliorer les caractéristiques mécaniques des matériaux et les rendre plus favorables à un emploi donné, à partir des modifications de ;
 - La ductilité (capacité de déformation),
 - La résilience, ou ténacité (résistance au choc),
 - La résistance (limite d'élasticité, résistance à la traction),
 - La dureté.
- 2) De régénérer un métal qui présente un grain grossier : affiner les grains, homogénéiser la structure (matériaux ayant subi le forgeage) ;
- 3) De supprimer les tensions internes des matériaux avant d'être soumis à une déformation plastique à froid (écrouissage, emboutissage, fluotournage).

II.2. Procédés des traitements thermiques

Le procédé de traitement thermique (fig. 1) se compose de :

- 1) AB : Chauffage à des températures supérieures aux températures de transformation (par exemple AC_3) ;
- 2) BC : Maintien à une température bien définie ;
- 3) CD : Refroidissement avec une vitesse donnée :
 - Lente (à l'air),
 - Très lente (dans le four),
 - Assez rapide (dans l'huile),
 - Très rapide (dans l'eau).

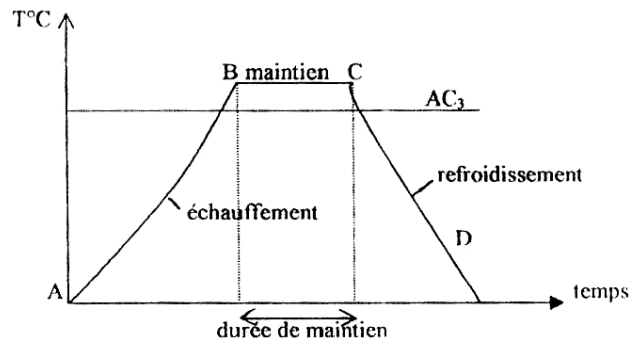


Fig.1 : Différentes opérations des traitements thermiques

L'ensemble des traitements thermiques jouent sur les transformations de phases au chauffage et au refroidissement, les mises en solution ou apparition des précipités et la diffusion d'éléments divers au chauffage. La taille des grains et leur grossissement interviennent. Cela agit sur le résultat final de la structure et par ailleurs dépend également des conditions des traitements thermiques et éventuellement des éléments d'addition.

II.2.1. Chauffage des pièces

Le chauffage doit s'effectuer très rapidement pour avoir une faible consommation d'énergie et une grande productivité. Il existe deux possibilités pour le chauffage des pièces :

- 1) Par transmission de la chaleur (conduction, convection et rayonnement),
- 2) Par production de la chaleur dans la pièce (création d'un flux de courant par résistance ou par induction, cette méthode est utilisée pour les pièces à sections petites et uniformes : $\varnothing < 150\text{mm}$).

Quel que soit le procédé de chauffage utilisé, il existe toujours une différence de température dans les différentes parties de la pièce, cela dit que la répartition de la chaleur est non uniforme. Les facteurs principaux, qui influent sur le chauffage de la pièce sont le diamètre (épaisseur), conductibilité, température du four, etc. En général le régime de chauffage pour les aciers est déterminé selon le diamètre de la pièce et d'autres caractéristiques. La figure 2 représente la courbe de chauffage pour le contour de la pièce et le cœur de la pièce.

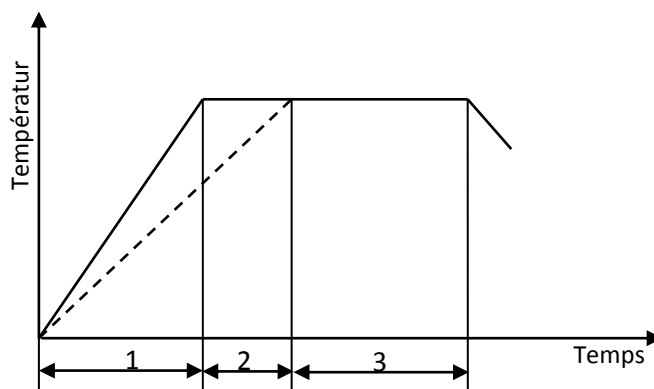


Fig.2 : Courbe de chauffage

Durant le chauffage, on distingue trois étapes :

1. *Durée de préchauffage* : C'est le temps de début de chauffage jusqu'à ce que la température nominale est atteinte à la surface de la pièce.
2. *Durée de chauffage de pénétration ou d'égalisation* : C'est le temps nécessaire pour atteindre la température nominale à la surface et au cœur de la pièce.
3. *Durée de maintien* : C'est le temps nécessaire pour maintenir la pièce à une température, et à partir de la température atteinte dans le cœur.

II.2.2. Refroidissement des pièces

Le point important pour la détermination du régime de refroidissement de la pièce est celui de l'état de structure souhaitée à obtenir. Bien sûr, on cherche toujours à refroidir rapidement pour avoir une productivité élevée, mais on doit prendre en considération les dangers de fissuration et d'étirage des pièces. La vitesse de refroidissement nécessaire à l'obtention d'un état de structure est déterminée selon le diagramme TTT (Température, Transformation, Temps). Le refroidissement s'effectue dans des bacs utilisant l'eau ou l'huile, dans les deux cas, le bain est maintenu à température constante. Le choix du bain dépend des qualités recherchées pour le métal. L'eau chaude se trouvant constamment remplacée par de l'eau froide arrivant par le bas du bac. On utilise aussi les jets permettant de régler le refroidissement des pièces sur toute leur surface, et enfin des chambres spéciales avec production du brouillard obtenu par jet d'eau et d'air sous pression, surtout utilisé en aviation pour le traitement de certaines pièces en aluminium.

II.3. Différents types de traitements thermiques

Les traitements thermiques se classent en :

- 1) *Traitements thermiques massiques (volumiques)* : ce type de traitement a pour effet de modifier en profondeur les propriétés du matériau dans toute la masse du produit.
- 2) *Traitements thermiques surfaciques* : il a pour but de modifier les propriétés du matériau sur une profondeur limitée.

La figure suivante montre les classifications des traitements thermiques.

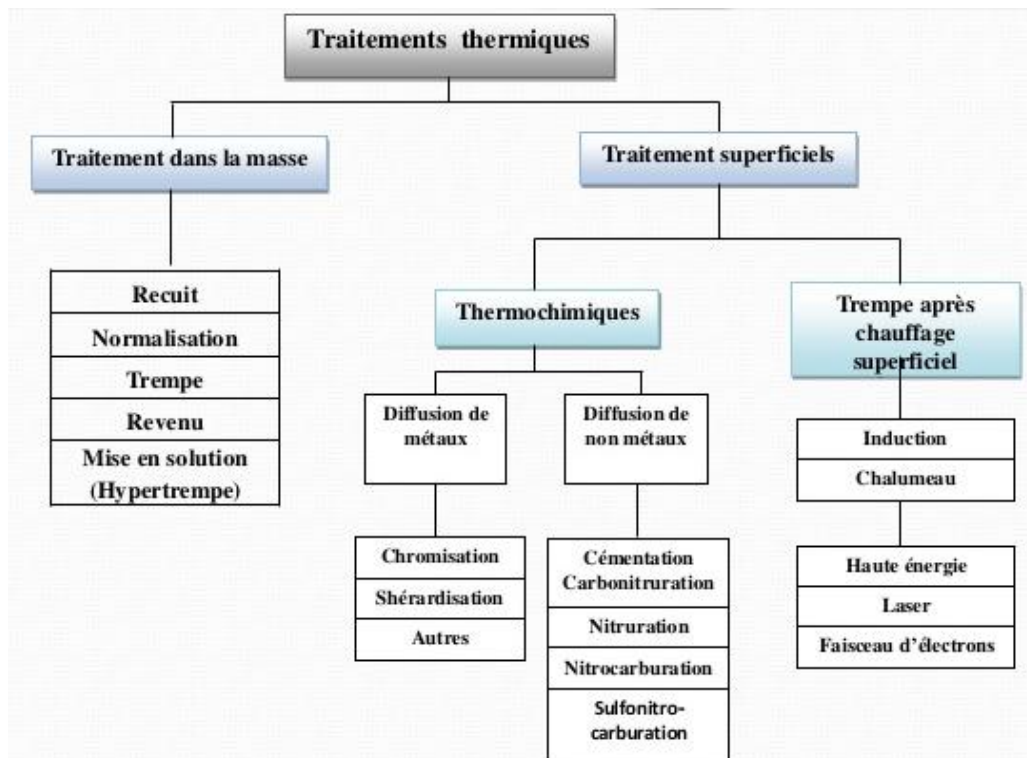


Fig.3 : Classification des traitements thermiques

II.4. Principaux traitements thermiques de l'acier

Les modes principaux de traitement thermique qui modifient de diverses manières la structure et les propriétés d'un alliage par des opérations de chauffage jusqu'à une certaine température, de maintien à cette température, et suivies d'un refroidissement à une vitesse plus ou moins accélérée sont :

- Le recuit,
- La trempe,
- Le revenu,
- La normalisation.

II.4.1. Le recuit

Le recuit consiste à :

- chauffer la pièce à une température déterminée dite température de recuit (le choix de la température dépend des objectifs, elle peut aller de 450 et 1100°C)
- maintenir cette pièce à cette température pendant un temps donné
- refroidir à la vitesse adéquate afin d'obtenir après retour à la température ambiante un état structural du métal proche de l'état d'équilibre stable.

Le recuit permet notamment :

- d'éliminer ou réduire les contraintes résiduelles du métal liées à une action antérieure (déformation, soudure, etc.) ou un traitement thermique antérieur
- d'obtenir la formation d'une structure favorable à une action ultérieure (déformation, usinage, etc.) ou un traitement thermique ultérieur.

II.4.2. La trempe

Elle consiste à :

- chauffer la pièce à une température appropriée (austénitisation ou mise en solution) ;
- maintenir cette pièce à une température bien déterminée ;
- refroidir à une vitesse adéquate la pièce en la plongeant par exemple dans de l'eau (trempe à l'eau) ou de l'huile (trempe à l'huile) ou par insufflation d'un gaz tel que l'air. On peut évoquer également les émulsions eau-polymères ainsi que certains sels (nitrates, nitrites) comme milieux de trempe.

Une trempe a pour objet de durcir le métal. Elle permet d'obtenir des aciers très durs mais dans la plupart des cas peu ductiles. Elle est donc généralement suivie d'un revenu.

II.4.2. Le revenu

Le revenu consiste à :

- En un ou plusieurs chauffages de la pièce à une température déterminée (inférieure à la température de début de transformation de phase de l'acier ~ 700°C) ;
- Un maintien de la pièce à cette température pendant un temps donné ;
- Un refroidissement approprié.

Un revenu permet d'atténuer les effets de la trempe en rendant la pièce plus ductile et plus tenace. Il peut dans des cas particuliers permettre un durcissement secondaire. L'emploi du terme revenu sous-entend que le traitement est réalisé sur un état préalablement trempé. [Un traitement à 500°C sur un acier trempé est un revenu, sur un acier non traité est un recuit].

II.4.2. La normalisation

Le traitement de normalisation (équivalent d'un recuit à haute température suivi d'un refroidissement à l'air) est un traitement d'affinage structural permettant un adoucissement et l'élimination des contraintes apparues avec les opérations précédentes. Outre l'obtention de structures homogènes recherchées dans certaines applications mécaniques il conduit à un état reproductible idéal pour la trempe. L'état dit "normalisé" est un état de livraison des produits sidérurgiques.

II.5. La dureté

La dureté d'un matériau définit la résistance qu'oppose une surface de l'échantillon à la pénétration d'un poinçon, par exemple une bille en acier trempé (dureté Brinell) ou une pyramide en diamant (dureté Vickers). S'il y résiste bien, il est dit dur, sinon il est dit mou. La dureté se mesure sur différentes échelles selon le type de matériau considéré.

Il existe une grande variété d'essais de dureté possibles :

- Dureté Vickers
- Dureté Brinell
- Dureté Rockwell
- Dureté Knoop

$$HV = \frac{1,854 F}{D^2}$$

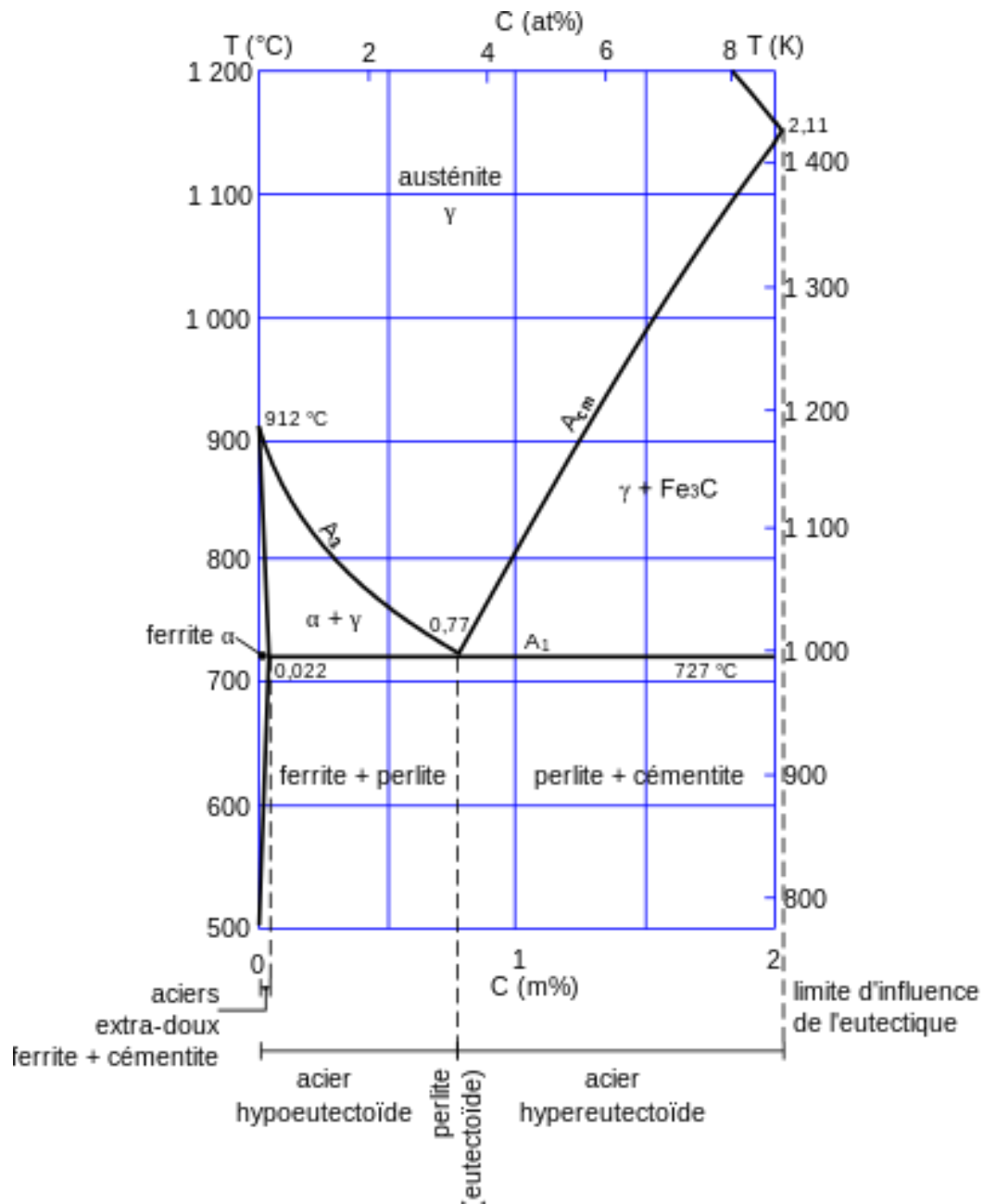


Fig.4 : Diagramme fer-carbone restreint aux aciers