

PARTIE 1

Intitulé du Cours en ligne :
Traitement thermique (T.T)

Destiné aux Etudiants du Master I

Domaine : Sciences et Technologie

Filière: Génie mécanique

Spécialité: Génie des Matériaux

Présenté par :

Dr. HABIBI Samir

Traitement thermique (T.T)

Sommaire

Partie 1. Concept de traitement thermique (Définition, Objectifs, Paramètres clés liés au T.T)

Partie 2. Propriétés des matériaux

Partie 3. Différents types de fours et les traitements associés

Partie 4. Défauts des pièces métalliques présentent après un traitement thermique

Partie 5. Mesures et dispositions à prendre lors de traitement thermique

Partie 6. Traitement thermique dans la masse

- 6.1 Procédé thermique par la Trempe

- 6.2 Procédé thermique par le Recuit

- 6.3 Procédé thermique par le Revenu

Partie 7. Traitement thermique superficiel

- 7.1 Chauffage oxyacétylène (OA)

- 7.2 Chauffage par induction

- 7.3 Techniques haute énergie

Partie 8. Traitement thermochimique de diffusion

- 8.1 La cémentation

- 8.2 La nitruration,

- 8.3 La carbonitruration

- 8.4 La chromisation

Partie 9. Etude du diagramme temps-température- taux de transformation

Partie 10. Observations micrographiques et caractéristiques physiques et mécaniques

Partie 11. Analyse des trois types de traitement thermique appliqués aux aciers

Partie 12. Prédire et prévoir le comportement du matériau (acier) sous l'effet du T.T

Partie I. Concept de traitement thermique

Le traitement thermique est une application transverse avec de multiples procédés utilisés dans des industries variées comme l'automobile, l'aéronautique, l'industrie mécanique ou la fabrication métallique. Avec le développement de nouveaux matériaux et l'exigence croissante des utilisateurs finaux pour l'amélioration des propriétés mécaniques, de nouvelles applications de traitement thermique se développent rapidement comme la cémentation à basse pression et la trempe au gaz ou la nitruration. Pour assurer un processus fiable et efficace, la sécurité et la reproductibilité sont essentielles.

Un traitement thermique est un processus complexe et des opérations successives au cours desquels un produit solide ferreux, ou un matériau est modifié. En effet, il s'agit de changer la structure ou les propriétés de ce matériau grâce à divers cycles thermiques.

Les pièces finies ont besoin des traitements thermiques essentiellement pour améliorer les propriétés des matériaux. Ces traitements visent à corriger les caractéristiques à cœur des métaux (éliminer des contraintes internes, modifier la limite élastique, résistance à la flexion, fatigue, énergie à la rupture et comportement au fluage avec le temps d'opération) ou les finitions superficielles (augmenter la dureté, la résistance à la corrosion ou à l'usure et au frottement, prévenir l'apparition de fissures).

En fonction du métal de base, il est aussi possible d'améliorer les propriétés des matériaux dans des atmosphères neutres, sans ajouter d'éléments chimiques. Ainsi, pour des alliages ou des formes spécifiques, il est possible d'obtenir des pièces fines avec la structure métallurgique et les propriétés mécaniques requises pour un secteur industriel spécifique.

Les demi-produits ou les produits intermédiaires, comme les tubes, les tôles, les bobines d'acier, par exemple, sont produits à partir d'une matière première, et certains d'entre eux travaillés à froid dans les ateliers. Des propriétés mécaniques spécifiques et des caractéristiques données leurs sont nécessaires pour leur permettre d'être utilisées

en industrie, notamment : la ductilité (capacité à la déformation), et l'usinabilité (capacité à être travaillé). Pour cela, il faut leur appliquer un traitement thermique de recuit à haute température dans une atmosphère neutre. Pour certaines matières, comme les aciers inoxydables, le recuit est réalisé dans des atmosphères protectrices enrichies en hydrogène. Pour les aciers au carbone, on utilise des hydrocarbures pour empêcher leur décarburation.

La pièce métallique est introduite dans un four de traitement thermique où elle est chauffée, soumise et maintenue à une température élevée pour un temps défini et dans une atmosphère gazeuse spécifique qui peut être enrichie en carbone ou azote. Le traitement se conclut avec une phase de refroidissement contrôlée dite trempe.

Les principaux traitements thermiques sont :

- le recuit (pour les traitements thermiques à cœur),
- la trempe (à l'huile, aux polymères, en bain de sels fondus ou la trempe gaz à haute pression),
- les traitements de durcissement comme la nitruration,
- la cémentation (à pression atmosphérique ou à basse pression),
- les traitements mixtes comme carbonitruration ou nitrocarburation,
- le revenu et les traitements cryogéniques sous zéro pour les pièces utilisées dans le domaine de l'aérospatiale.

L'analyse du métal soumis au traitement thermique

Les éprouvettes permettent de mesurer en laboratoire les modifications des propriétés mécaniques du matériau traité. Les éprouvettes sont extraites des fours et permettent de tester les modules d'élasticité, la dureté, la résistance aux chocs, la résilience, pour s'assurer que la pièce convient aux cahiers des charges.

1.1 Définition

1.1.1 Définition générale

Le traitement thermique d'un matériau est un groupe de procédés industriels (une méthode, une technique utilisée pour la réalisation d'une tâche, ou la fabrication d'un matériau ou d'un produit fini) de nature mécanique ou chimique destiné à produire des objets ou à synthétiser des produits chimiques, en grande quantité et dans des conditions techniquement et économiquement acceptables et qui sont utilisés pour en modifier les propriétés physiques, mécaniques et parfois chimiques. De tels traitements sont utilisés lors de la fabrication des matériaux comme le verre, le bois, les aliments et surtout les métaux.

Le traitement thermique implique l'utilisation du chauffage et/ou du refroidissement, normalement à des températures extrêmes, pour obtenir le résultat souhaité, tel que la modification de la friabilité, de la dureté, de la ductilité, de la fragilité, de la plasticité, de l'élasticité ou de la résistance du matériau.

Les traitements thermiques jouent également un rôle important dans le domaine de la *tribologie* (la science qui étudie les phénomènes susceptibles de se produire entre deux systèmes matériels en contact, immobiles ou animés de mouvements relatifs. Ce terme recouvre, entre autres, tous les domaines du frottement, de l'usure, de l'étude des interfaces et de la lubrification)¹.

1.1.2 Définition selon la norme NF EN 10052

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.

1.2 Objectifs des Traitements Thermiques

Un traitement thermique permet de modifier la structure cristalline du métal en lui faisant subir une augmentation de température dans un four et suivant un processus parfaitement contrôlé. Il a des répercussions sur la dureté du matériau, mais aussi sur la ductilité (capacité à se déformer sans se rompre), une notion importante pour la production de ressorts.

Pour augmenter la dureté d'un alliage fer-carbone, il faut réaliser un chauffage supérieur à une température critique, évaluée entre 750 et 1 200 °C (variables possibles en fonction de la composition du métal). Un refroidissement rapide ou une trempe à une vitesse supérieure à la vitesse critique sera nécessaire pour finaliser le processus.

Le traitement thermique est un ensemble de procédés industriels qui consistent à modifier les propriétés physiques, mécaniques et/ou chimiques de matériaux, principalement des aciers et des alliages métalliques.

Les traitements thermiques sont réalisés dans un four où les pièces métalliques sont chauffées à haute température dans une atmosphère gazeuse contrôlée et choisie selon les propriétés que l'on souhaite modifier : dureté en surface, ductilité, résistance à l'usure, aspect esthétique etc. L'étape finale d'un cycle de traitement thermique est la trempe, qui est un refroidissement contrôlé des pièces pour les amener à la température ambiante. L'objectif est d'obtenir des pièces avec des caractéristiques mécaniques différentes des pièces initiales.

1.3 Les paramètres clés liés à la T.T

Un traitement thermique est tributaire de l'environnement et des conditions dans lesquelles se déroule le transfert thermique.

Donc le T.T se joue sur plusieurs éléments tels que :

- la température fournie au matériau
- le temps de transfert thermique

- l'environnement pendant le maintien de la température.

Afin d'éviter les redites et les redondances les explications concernant ces concepts seront évoqués dans la rubrique relative au trois types de traitement thermique.

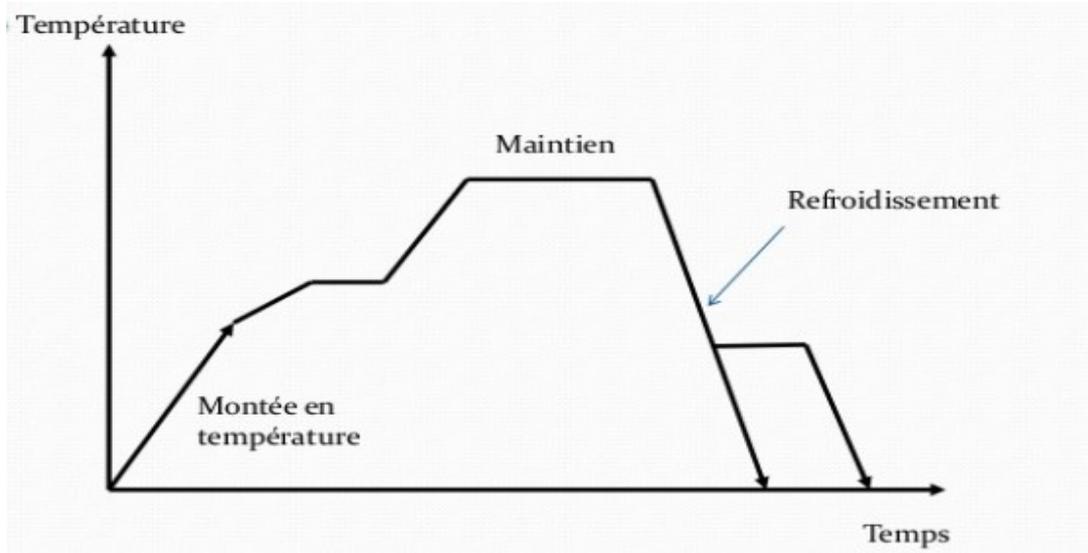


Fig. 1. Illustration de base des traitements thermiques.

En effet, il y a trois principales phases qui caractérisent le traitement thermique des matériaux métalliques. Il s'agit de :

1. la phase de chauffage, c'est-à-dire la montée en température,
2. la phase de stabilisation, c'est-à-dire le maintien de la température et homogénéisation du transfert thermique.
3. le refroidissement, s'effectue à l'aide d'un fluide de refroidissement (Voir Fig. 2) telles que :
 - L'eau pour avoir un refroidissement le plus rapide.
 - L'huile pour avoir un refroidissement à une vitesse moyenne.
 - L'air pour avoir un refroidissement le plus lent.



Fig. 2. Le système de refroidissement des pièces métalliques.

La régulation du milieu de refroidissement est un facteur prépondérant dans la mesure où il détermine le choix préalable du procédé thermique désigné (voir la partie consacrée à la classification des modes de traitement thermique).

Il faut souligner que le refroidissement (voir le figure ci-dessus) est la phase la plus critique et la plus importante. Il y a une certaine vitesse recherchée pour avoir des caractéristiques données. Pour cela, il faut faire le choix du milieu de refroidissement selon la trempabilité et les différentes dimensions du métal à traiter.