

## PARTIE 4

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 et mesures à prendre lors de traitement thermique**

Partie 5. Classification des catégories des T.T

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 4. Défauts des pièces et mesures à prendre lors de traitement thermique

Les traitements thermiques permettent d'améliorer les propriétés superficielles des pièces finies et de modifier leurs caractéristiques visuelles.

Les traitements thermiques réalisés sur les pièces finies (différents types d'acier, alliages métalliques de fer ou du cuivre) permettent d'améliorer leurs propriétés superficielles (la dureté, la résistance à la corrosion, à l'usure).

Dans certains cas, ils permettent aussi d'obtenir une modification des caractéristiques visuelles (coloration superficielle, brillance, etc.). Cela est particulièrement vrai lorsqu'on parle, par exemple, d'ustensiles de cuisine (couteaux, fourchettes, cuillères) dont l'aspect et la résistance à la corrosion ont une très grande importance aux yeux des consommateurs.

Pendant le traitement thermique, les pièces métalliques sont chauffées rapidement dans un four et maintenues à haute température dans une atmosphère chaude et réactive réalisée avec des gaz tels que de l'ammoniac, des hydrocarbures, et un gaz neutre tel que l'azote. Ensuite, les pièces subissent un refroidissement rapide et contrôlé dans des fluides appropriés (air, huile, polymères ou gaz selon le type de trempe appliqué). Si un des paramètres de travail n'est pas bien réglé, on peut obtenir une pièce défectueuse qui devient un rebut non utilisable.

### 4.1 Les défauts inhérents à un traitement thermique de surface

Après un traitement thermique réalisé dans des conditions non optimales, les matériaux traités et les pièces peuvent ne pas correspondre aux spécifications requises. Cela peut être un défaut visible, comme une coloration superficielle (vert, brun, avec des taches superficielles ou opaque). Parfois cela peut être aussi un défaut affectant les propriétés mécaniques de la pièce, comme par exemple :

- une variation trop importante de la dureté de surface d'un point à l'autre,
- une épaisseur de la couche modifiée non uniforme sur toute la pièce,

- des zones avec une composition chimique non souhaitée (décarburation superficielle et réduction de la teneur en carbone, épaisseur non uniforme de la couche de nitrure de fer).

Pourquoi les pièces peuvent-elles présenter des défauts ?

Au-delà d'une erreur dans l'application des bons paramètres du traitement thermique (ex. vitesse de trempe non suffisante, température trop basse, etc.), la contamination de l'atmosphère du four peut aussi générer des défauts sur les pièces finies. Cette contamination peut être causée par différents éléments :

- l'introduction dans le four de pièces métalliques sales (traces d'huiles ou de résidu de travaux précédents),
- l'utilisation de gaz (ammoniac, acétylène, azote pour la purge et la sécurité) pas suffisamment purs,
- des emballages contaminés,
- des fuites dans le système de distribution du gaz,
- un mauvais dimensionnement de l'installation pour les débits de gaz requis (ex. pour l'acétylène, il faut éviter le soutirage du solvant),
- ou tout simplement une dégradation du four : existence d'un trou ou d'une fuite qui permet à l'air et à la vapeur d'eau présents dans l'air de rentrer à l'intérieur du four, ou à l'atmosphère réactive de sortir du four. Ce dernier cas peut être très dangereux et présenter aussi des risques de sécurité pour les opérateurs.

## **4.2 Mesures à prendre lors de traitement thermique**

Pour obtenir les propriétés recherchées avec le traitement thermique et pour assurer un résultat optimal, il est toujours conseillé de vérifier certains points avant de démarrer le travail.

Les cycles de traitement thermique sont composés de plusieurs étapes : cycle de chauffe, maintien en température puis refroidissement sous atmosphère contrôlée. Pour chaque matériau à traiter (aciers, alliages, inox, ..), les cycles sont adaptés en termes de durée, température, vitesse de refroidissement, etc.

## **4.3 Les bonnes pratiques avant de lancer le travail de traitement**

Avant toutes opérations de traitement thermique, il faut s'assurer que les pièces à traiter sont correctement dégraissées et nettoyées pour éviter d'introduire dans le four des résidus solides ou liquides. Les impuretés risquent de polluer votre four, contaminer l'atmosphère et dégrader la qualité de votre traitement de surface. Quels que soient le type de traitement et le type d'installation, il faut toujours porter une attention particulière à l'état et au bon fonctionnement du four : étanchéité, parois internes, éventuelle fuite d'eau du water jacket, points d'injection du gaz, etc. Veillez à la qualité et pureté des gaz que vous utilisez pour générer l'atmosphère dans votre four. Un produit (azote, ammoniac, acétylène, etc.) qui n'est pas suffisamment pur ou qui ne respecte pas les critères de pureté, peut produire un résultat final non conforme à vos attentes, et voire même abîmer votre four. Pour terminer, veillez à la sécurité des opérateurs, au port des équipements de protection individuelle de sécurité appropriés et au strict respect des normes de sécurité dans l'atelier.

## **4.4 Mise en garde**

A ne pas faire rentrer de l'air, de la vapeur d'eau ou de l'oxygène dans un four. En l'occurrence, associée à une atmosphère combustible, la présence d'oxygène peut se révéler dangereuse et déclencher une combustion, un incendie ou une explosion dans vos locaux.

### **4.4.1 Les analyses d'atmosphère pendant le traitement thermique**

Vu la criticité de la composition de l'atmosphère dans le four, il est possible, pour certains traitements, d'analyser la présence de différentes espèces gazeuses ( $O_2$ ,  $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ , ...), et cela peut être fait de deux manières :

1. le contrôle continu de l'atmosphère pour détecter tous risques de dérive. L'analyse est faite en continu pendant la phase de maintien en température.
2. l'analyse par échantillonnage, une analyse très répandue, qui permet aussi de vérifier les conditions du four quand une mesure continue n'est pas possible ou pas nécessaire.

Cette surveillance permet d'éviter des variations non maîtrisées des propriétés des pièces après traitement thermique (ex. fluctuation de la dureté, tâches superficielles, profondeur de pénétration du traitement non uniforme ou non conforme aux attentes, etc.).

Les experts Air Liquide sont à votre disposition. Ils peuvent se rendre sur place et vous accompagner dans vos choix et vos décisions concernant l'optimisation de votre traitement thermique.

En cas de dérive des résultats, ils peuvent réaliser des audits ponctuels ou récurrents de l'atmosphère de votre four, suivis par la rédaction d'un rapport détaillé qui vous aidera à résoudre les éventuels problèmes et à envisager des axes d'amélioration.

## Références

- [1] Jean-Marie Georges, Frottement, usure et lubrification: tribologie ou science des surfaces, Paris, Eyrolles, 2000, 424 p. (ISBN 2-212-05823-3).
- [2] <https://www.unifonds.fr/fabrication/traitement-thermique/>
- [3] Dominique Ghiglione, Claude Leroux et Christian Tournier, « Pratique des traitements thermo-chimiques », Éditions techniques de l'ingénieur, traité Matériaux métalliques.
- [4] [<https://bruval.ch/fr/construction-mecanique/traitement-thermique/>]
- [5] Michel Dupeux, « Aide-mémoire de science des matériaux », Dunod, 2005.
- [6] Sidney H. Avner, Introduction à la métallurgie physique, Centre collégial de développement de matériel didactique, p. 281.
- [7] R. Fayolle et B. Courtois, Ateliers de traitement thermique — Hygiène et sécurité, INRS, 2001.
- [8] J. Barralis et G. Maeder, Précis de métallurgie — Élaboration, structures-propriétés et normalisation, Nathan/Afnor, 1991 (ISBN 2-09-194017-8), p. 70-104, 125-127.