

# Traitements thermiques et traitements thermochimiques de diffusion

*2019*

# Table des matières



<b>Objectifs</b>	3
<b>I - Traitements thermiques</b>	4
1. Définitions et procédés des traitements thermiques .....	4
2. Le recuit .....	5
3. La trempe et revenu .....	6
4. Exercice .....	8
5. Exercice .....	8
6. Exercice .....	8
<b>II - Traitements thermochimiques</b>	9
1. La cémentation .....	9
2. La nitruration .....	10
3. La carbonituration .....	10
4. Exercice .....	11
5. Exercice .....	11

# Objectifs

## Objectifs

A l'issue de ce chapitre l'étudiant sera capable de :

- Expliquer les cycles de traitements thermiques et thermochimiques
- Différencier entre les différents types de traitements thermiques et thermochimiques
- Connaître les effets des traitements thermiques et thermochimiques sur les propriétés mécaniques

# Traitements thermiques



Définitions et procédés des traitements thermiques	4
Le recuit	5
La trempe et revenu	6
Exercice	8
Exercice	8
Exercice	8

Les traitements thermiques sont constitués par un certain nombre d'opérations combinées de chauffage et de refroidissement ayant pour but :

a. D'améliorer les caractéristiques des matériaux et rendre ceux-ci plus favorables à un emploi donné, à partir des modifications suivantes :

- Augmentation de la résistance à la rupture et de la limite élastique  $R_m$ ,  $R_e$ ,  $A$  % en donnant une meilleure tenue de l'élément.

- Augmentation de la dureté, permettant à des pièces de mieux résister à l'usure ou aux chocs.

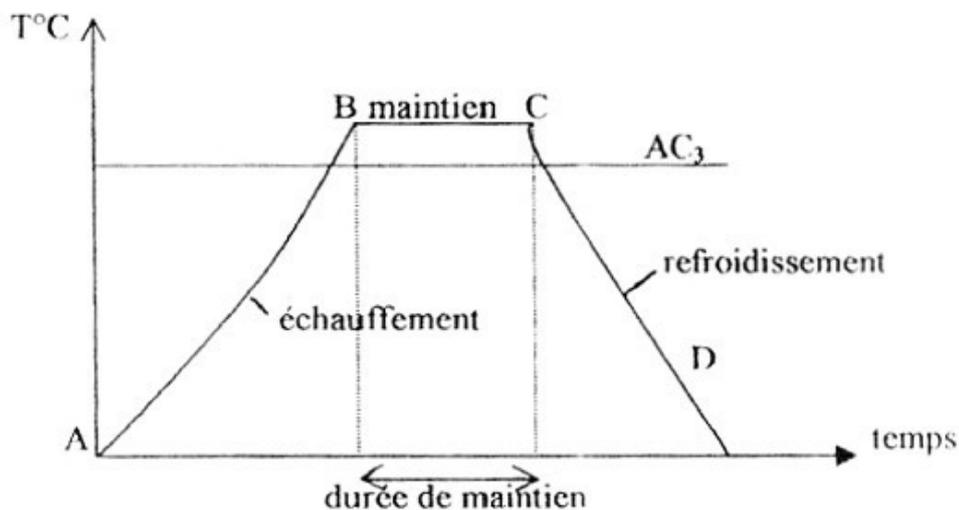
b. De régénérer un métal qui présente un grain grossier (affiner les grains, homogénéiser la structure) cas des matériaux ayant subi le forgeage.

c. De supprimer les tensions internes (écrouissage) des matériaux avant d'être soumis à une déformation plastique à froid (emboutissage, fluotournage).

Cf. "traitement thermique"

## 1. Définitions et procédés des traitements thermiques

Effectuer un traitement thermique sur une pièce, c'est faire subir à celle-ci une variation de la température en fonction du temps. Le procédé de traitement thermique se compose de :



*processus de traitement thermique*

- AB : L'échauffement à des températures supérieures aux températures de transformation (par exemple :  $AC_3$ ).
- BC : Maintient à une température définie.
- CD : Refroidissement avec une vitesse donnée :
  - lente (dans le four, à l'air).
  - Assez rapide (dans l'huile).
  - Très rapide (dans l'eau).

## 2. Le recuit

Il permet de se débarrasser de certains états hors équilibre. Il y a quatre grands types de recuits.

### *Recuit d'adoucissement*

Cela permet d'abaisser la dureté du matériau. Cela est utile pour la mise en œuvre à froid.

### *Recuit de normalisation*

Le but est d'avoir une structure avec de très fins grains bien répartis dans tout le matériau qui a subi un maintien à haute température (moulage, forgeage...).

### *Recuit de détente (ou stabilisation ou relaxation)*

le recuit de détente permet d'éliminer les contraintes physico-chimique internes qui se trouvent dans le solide produites par le soudage ou la mise en forme. Il s'effectue entre  $600$  et  $650^{\circ}\text{C}$  suivi d'un refroidissement lent.

### *Recuit d'homogénéisation*

Sert à limiter les inhomogénéités chimique qui se trouvent dans le solide. Le recuit à lieu de 950 à 1200°C puis est suivi par un refroidissement de 20 à 60°C par heure

## 3. La trempe et revenu

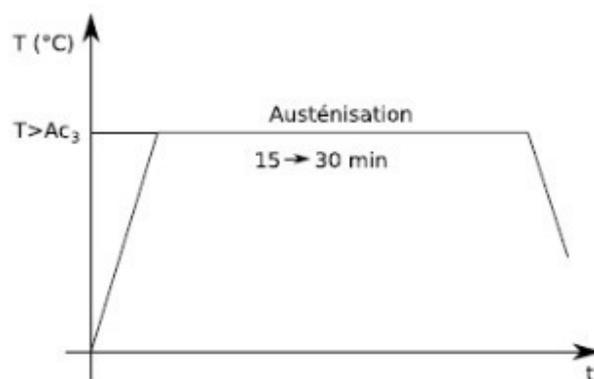
### *la trempe*

Contrairement au recuit d'adoucissement, le but de la trempe est augmenter la dureté du matériau.

On va chauffer à très haute température et on refroidit très brutalement, en fait plus vite que la diffusion naturelle.

Les trois facteurs de trempe sont :

- La teneur en carbone qui conditionne l'augmentation possible de dureté.
- La température de trempe, elle doit permettre la formation d'austénite (la température doit être supérieure de 50°C par rapport au seuil de formation de l'austénite).



*Austénitisation*

- La vitesse de trempe, le refroidissement doit être suffisamment rapide pour permettre l'augmentation de dureté. Ainsi le constituant caractéristique de la trempe est la martensite (c'est de l'austénite transformée grâce au refroidissement rapide du matériau).

De plus on peut classer par ordre de vitesse croissante les constituants formés grâce à la trempe :

Perlite < Troostite < Bainite < Martensite

La trempe est souvent suivie d'un revenu car il permet de détruire le reste d'austénite contenue dans le matériau.

La trempabilité est l'aptitude d'un acier à augmenter sa dureté par trempe.

Certains aciers alliés sont tels qu'un refroidissement lent à l'air provoque la martensite : on dit qu'ils

sont autotremnants.

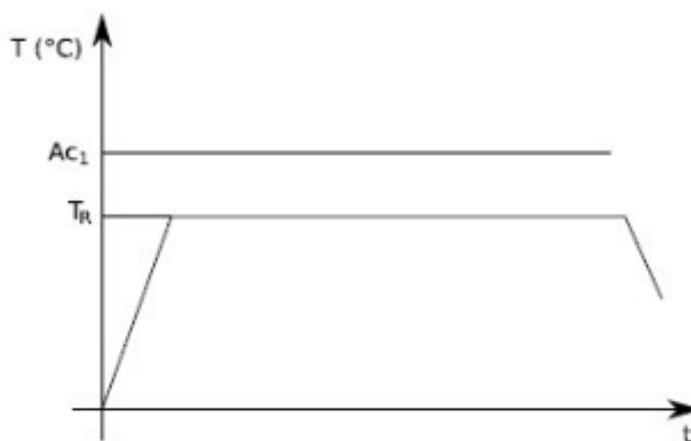
### *Le revenu*

Le revenu est un traitement thermique qui suit la trempe.

On effectue un revenu immédiatement après la trempe sur les pièces complètement refroidies pour être certain que la transformation martensitique est terminée (On chauffe et on refroidit là aussi mais beaucoup plus brutalement que la trempe.) . En effet la structure martensitique créée lors de la trempe donne une certaine fragilité à la pièce.

Une pièce d'acier est très rarement utilisée à l'état simplement trempé car elle est souvent plus dure. De plus, elle est très fragile, car elle est le siège de contraintes mécaniques importantes...

Le revenu consiste à chauffer une pièce à une température inférieure à  $723^{\circ}\text{C}$ , on maintient cette température puis on refroidit.



*Cycle de revenue*

Le but du revenu est :

- D'abaisser la résistance à la traction  $R_m$ , la dureté HB, HRC.
- D'élever la résilience K, la ductilité A%.

Le revenu fait chuter considérablement la dureté d'une pièce, pour limiter ce phénomène il faut maintenir la température (environ une heure).

On peut aussi effectuer un revenu de détente qui a pour but d'éliminer les contraintes dues à la trempe, il s'effectue à une température comprise entre  $100$  et  $200^{\circ}\text{C}$ .

## 4. Exercice

Les traitements thermiques permettent d'améliorer

- Les propriétés mécaniques du matériau
- Les propriétés physiques du matériau
- La composition chimique du matériau

## 5. Exercice

Effectuer un traitement thermique sur une pièce, c'est faire subir à celle-ci une variation de la température en fonction du temps.

- oui
- non

## 6. Exercice

Le but du revenu est :

- D'abaisser la résistance à la traction  $R_m$ , la dureté HB, HRC.
- D'élever la résilience K, la ductilité A%.

- oui
- non

# Traitements thermochimiques



La cémentation	9
La nitruration	10
La carbonitruration	10
Exercice	11
Exercice	11

Le traitement thermochimique ou trempe superficielle permet d'obtenir une grande dureté en surface tout en conservant un bon allongement et une bonne ductilité du cœur de la pièce.

Pour effectuer une trempe il faut chauffer localement la surface d'une pièce en acier jusqu'à température d'austénitisation, puis on refroidit avec une vitesse suffisante pour obtenir une trempe (apparition de martensite).

## 1. La cémentation

La cémentation est l'enrichissement de la couche superficielle (1 à 2 mm) de la pièce par le carbone afin d'obtenir après trempe une bonne résistance à l'usure et à la fatigue. La température de cémentation est de 920°C pour que la structure soit austénitique.

Mais pour effectuer une cémentation il faut :

- Effectuer un recuit avant.
- Effectuer une trempe juste après.
- Effectuer un revenu après la trempe.

Seules les pièces à cœur ductile, soit un pourcentage de carbone inférieur à 0.3%, peuvent être cémentées car il faut que l'élévation de la dureté et de la résistance des couches superficielles qui entraînent une fragilité importante soit compensées.

### Exemple

Par exemple les aciers non alliés (C10- C20), les aciers au CrMo (18CrMo4) ou les aciers au NiCr

(20NiCr6).

## 2. La nitruration

La nitruration est un traitement thermochimique de diffusion de l'azote atomique dans le fer.

Elle permet :

- D'augmenter la dureté en surface.
- D'augmenter la résistance à l'usure et au grippage.
- D'augmenter la limite d'endurance.
- D'augmenter la résistance à la corrosion.

Elle a lieu à environ 500°C, sur une profondeur allant de quelques dizaines de microns (jusqu'à HV1300) à quelques dixièmes de millimètres (de HV400 à HV900).

Les différentes nitrurations sont :

### *Nitruration gazeuse*

la dureté est obtenue par formation de nitrure d'aluminium et de chrome sur la pièce.

### *Nitruration liquide*

la dureté est obtenue par formation de nitrure d'aluminium et de chrome sur la pièce.

### *Nitruration ionique*

la dureté est obtenue par formation de nitrure de fer et par diffusion de l'azote.

Les aciers de nitruration gazeuse ou liquide doivent contenir de l'aluminium ou du chrome (30CrMo12-30CrAlMo6-12)

## 3. La carbonitruration

La carbonitruration consiste à cémenter simultanément l'acier par du carbone et de l'azote. Néanmoins elle est essentiellement une cémentation et non une nitruration.

L'azote permet de réduire la température de la cémentation (car diminution de la température de formation de l'austénite) donc économie d'énergie, ainsi elle a lieu entre 600 et 880°C.

Le durcissement de la couche carbonitrurée (0.1 mm) est obtenu par une trempe directe (on effectue la trempe directement à partir de la température de carbonitruration), ainsi la dureté atteint HV850.

#### 4. Exercice

La cémentation est l'enrichissement de la couche superficielle (1 à 2 mm) de la pièce par le carbone afin d'obtenir après trempe une bonne résistance à l'usure et à la fatigue.

- oui
- non

#### 5. Exercice

La nitruration est un traitement thermo-chimique de diffusion de l'azote atomique dans le fer.

Elle permet :

- D'augmenter la dureté en surface
- D'augmenter la résistance à l'usure et au grippage
- De diminuer la limite d'endurance
- De diminuer la résistance à la corrosion