

Introduction

Les industries **mécaniques** utilisent des **aciers de construction** pour traitement thermique qui doivent avoir les propriétés optimales qui leur permettent de satisfaire aux exigences imposées par les sollicitations auxquelles ils sont soumis pendant leur service. Dans ces conditions, il est nécessaire (techniquement mais aussi économiquement) que leurs caractéristiques de résistance soient portées aux valeurs maximales compatibles avec les niveaux que doivent atteindre les caractéristiques de ductilité pour assurer la sécurité du fonctionnement en service.

Mais les mécaniciens demandent, le plus souvent que la mise en oeuvre des aciers soit facile, c'est-à-dire que leurs propriétés soient telles que l'usinage ou la mise en forme à froid, pour ne prendre que les moyens de mise en forme les plus utilisés, soient réalisables dans les conditions techniques et économiques jugées les plus intéressantes. Cela exige que les caractéristiques de résistance de l'acier soient plus ou moins voisines des valeurs minimales qu'elles peuvent prendre (et que les caractéristiques de ductilité atteignent leurs valeurs maximales) et donc que l'acier ait été préalablement adouci.

1. Austénitisation des aciers avant traitement thermique

Pour conférer à l'acier de hautes caractéristiques de résistance, on peut mettre en jeu différents mécanismes de durcissement mais on doit constater que le plus efficace est celui qui fait intervenir la formation de précipités (le plus souvent des carbures de fer ou des carbures d'éléments d'alliage) au sein des grains de fer. Ce mode de durcissement, commun à de nombreux métaux, est réalisé selon le schéma général, à travers trois opérations successives : Austénitisation, trempe et revenu.

1.1. Condition d'austénitisation

La **mise en solution des précipités**, est rendue nécessaire par le fait que ces derniers, après solidification, sont généralement beaucoup trop gros par rapport aux dimensions optimales qui permettraient de parvenir au durcissement maximal. Ici, pour pouvoir mettre les carbures en solution, il faut porter l'acier à une température telle que le fer ait acquis sa structure cubique face centrée (fer γ) qui peut dissoudre (en solution interstitielle) le carbone présent (contrairement au fer cubique centré, fer α dans lequel le carbone est pratiquement insoluble). On transforme ainsi l'acier en solution solide de carbone dans le fer γ , l'austénite. L'opération s'appelle « **austénitisation** ».

En conséquence, cette dernière s'effectue selon deux conditions essentielles dont la première est métallurgiques (existence d'un domaine austénitiques sur le diagramme des phases à l'équilibre) tandis que la seconde est thermique (possibilité de refroidir la nuance austénitisée à une vitesse plus rapide qu'à l'air calme pour qu'on puisse mettre des structure hors équilibre.)

1.2. Paramètres d'austénitisation

L'opération d'austénitisation consiste à chauffer l'acier jusqu'à une température du domaine de l'austénite. Tous les éléments d'alliage sont sensés se mettre en solution solide

dans ce domaine. L'état antérieur de l'acier constitué de perlite se transforme à partir de **Ac1** progressivement en austénite. Le mécanisme de transformation est simple : autour d'un grain de ferrite et d'un grain de cémentite, il y a naissance du germe d'austénite. Ce germe est formé par transformation eutectoïde avec une composition chimique à son apparition de 0.8% C.

1.3. Vitesse de chauffage

L'opération de chauffage d'un acier à sa température d'austénitisation doit considérer en particulière sa composition chimique, sa structure cristalline, la forme de la pièce et de ses dimensions. Le chauffage à une vitesse donnée entraîne automatiquement un gradient thermique entre la surface et le cœur de la pièce et un décalage dans la température de transformation ($\alpha \rightarrow \gamma$). Ces deux facteurs sont d'autant plus importants que d'une part la vitesse de chauffage soit plus grande et d'autre part la conductibilité thermique est faible. Ils entraînent par conséquent la naissance de contrainte interne d'autant plus importante que l'acier est chargé en carbone et en élément d'alliage.

Lorsque l'acier est confronté à la naissance d'une forte densité de contrainte, il doit être soumis à un chauffage à vitesse lente. Il s'agit soit de chauffage continu ou de chauffage par étape avec maintien isotherme à des températures intermédiaires et notamment autour de point de transformation **Ac1**.

1.4. Température d'austénitisation

Le choix de la température d'austénitisation dépend du meilleur rendement du traitement. Elle est fonction des propriétés du produit de transformation qui varient selon une austénitisation complète ou partielle. L'austénitisation complète conduit à une mise en solution de tous les éléments d'alliage dans L'austénitisation nécessite un temps de maintien t_a (fonction de la massivité de la pièce) à la température T_a pour l'homogénéisation et la mise en solution totale des éléments d'alliage présent dans les aciers. Ce temps est d'autant plus grand que T_a est moins élevée et réciproquement.

Remarque: ces deux facteurs (t_a et T_a) ont, tous les, deux une influence sur le grossissement des grains σ avec un avantage pour T_a (figure 2).

la maille **CFC** de l'austénite. La température correspondante à l'austénitisation complète est située au-dessus de **Ac3** pour les aciers hypo eutectoïdes et **Ac_m** pour les aciers hyper eutectoïdes quant à l'austénitisation partielle, elle concerne le domaine mixte ($\sigma + Fe_3C$) du diagramme d'équilibre Fe-c relatif aux aciers hyper eutectoïdes le niveau de température choisi est situé entre **Ac1** et **Ac_m**. (Fig 1).

Remarque: Il faut préciser que le niveau de température dans ce domaine influe sur le grosseur des grains austénitiques et donc sur la qualité des propriétés après traitement.

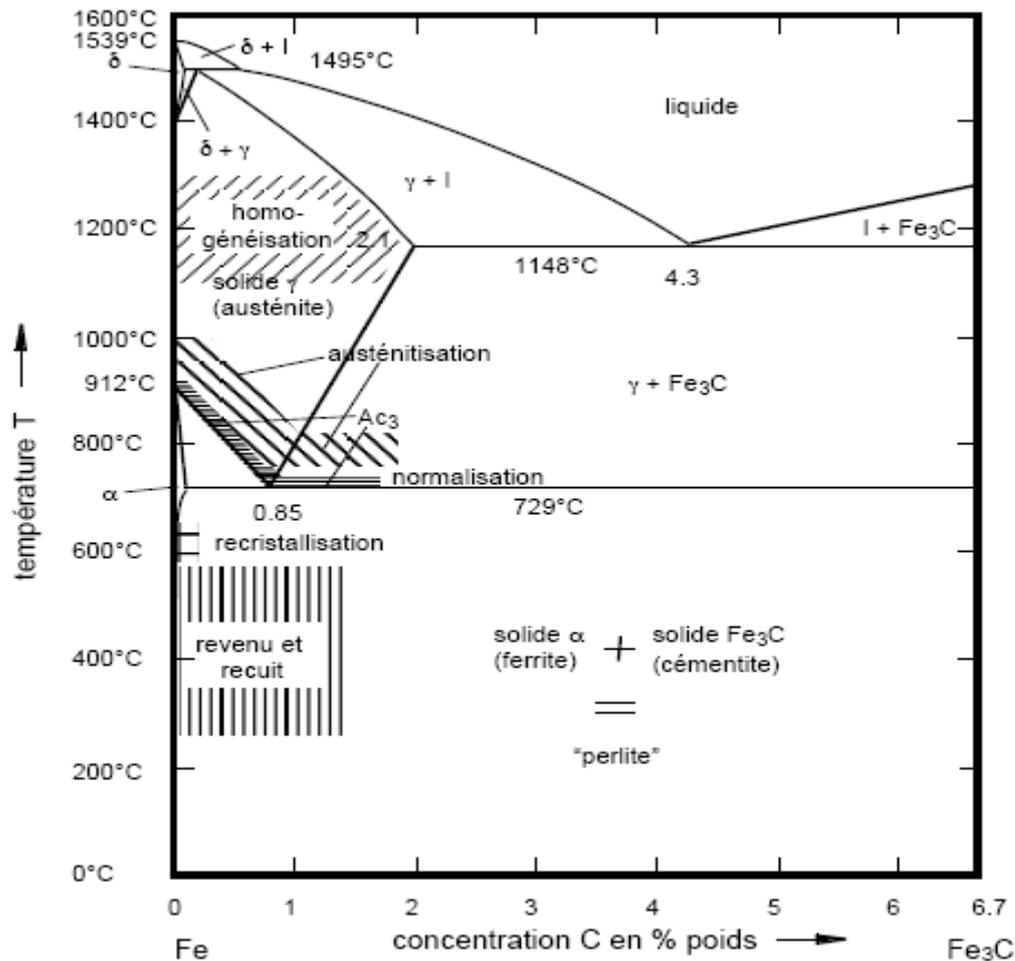
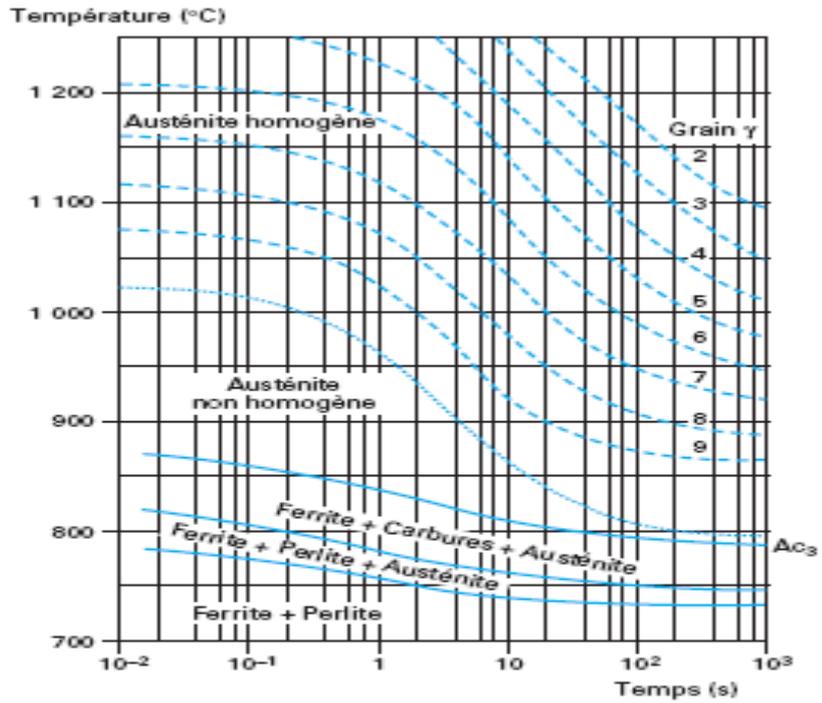


Fig.1. Le diagramme de phase Fe-C dans la gamme d'intérêt technique. Les températures des différents traitements thermiques et d'austénitisation sont indiquées en fonction de la teneur en carbone.

1.5. Durée d'austénitisation

L'austénitisation nécessite un temps de maintien t_a (fonction de la massivité de la pièce) à la température T_a pour l'homogénéisation et la mise en solution totale des éléments d'alliage présent dans les aciers. Ce temps est d'autant plus grand que T_a est moins élevée et réciproquement.

Remarque: ces deux facteurs (t_a et T_a) ont, tous les, deux une influence sur le grossissement des grains γ avec un avantage pour T_a (figure 2).



Chauffage initial à la vitesse de 130 °C/s
 Les nombres indiqués sur les courbes en tiretés sont les indices AFNOR de grosseur de grain austénitique.

— — — limite séparant les domaines de l'austénite homogène et de l'austénite non homogène

Fig. 2. Diagramme de transformation isotherme ($\alpha \rightarrow \gamma$) (cas d'un acier 35CrMo4)