

Au cours de la solidification de l'acier liquide, il peut se produire deux phénomènes différents selon la teneur en carbone :

Pour une teneur en Carbone inférieure à celle du point E, il commence à se former des cristaux de ferrite si $C < 0,5 \%$, et des cristaux d'austénite si $C > 0,5 \%$ (austénite proeutectique). Mais, dans tous les cas, la structure devient entièrement austénitique lorsque tout l'acier est solidifié ;

Pour une teneur en Carbone supérieure à celle du point E, qui correspond en fait à la solubilité maximale du Carbone dans l'austénite, il précipite en même temps que l'austénite un mélange eutectique de cristaux de carbures à base de Fer appelé lédeburite.

I.1.3.2 Effets des éléments d'addition :

L'addition d'un tiers élément au système Fer-Carbone se traduit par des changements de structure qui peuvent être décrits par l'utilisation des diagrammes ternaires Fe-X-C.

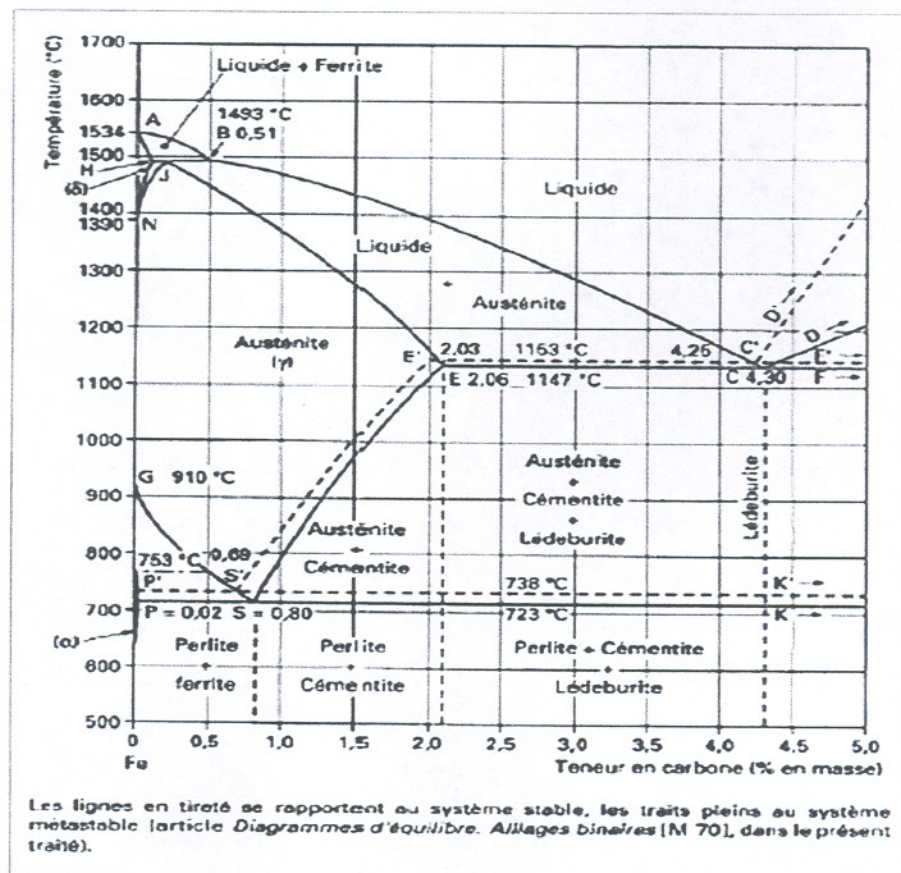


Figure I-2 Diagramme binaire Fer-Carbone [3]

Après refroidissement lent d'une structure brute de coulée ou transformation à chaud des lingots, les produits subissent un traitement de recuit dont le but est de donner à l'acier une structure et un niveau d'adoucissement tels que sa mise en œuvre soit plus aisée. Dans un tel état, la structure des aciers à outils est constituée par un agrégat de ferrite et de carbures.

Les carbures présents dans les aciers à outils à l'état recuit dépendent de la teneur en éléments d'alliage de ces derniers. En présence de tungstène ou de molybdène, au fur et à mesure que la teneur en carbone augmente, apparaissent tout d'abord les carbures du type M_3C , puis du type $M_{23}C_6$ riches en fer.

En présence de chrome, quand le pourcentage massique en carbone croît, apparaissent tout d'abord les carbures du type $KC(M_3C)$ ou cémentite substituée, puis le carbure du type M_7C_3 , puis le carbure du type $M_{23}C_6$ dans lequel l'élément métallique M est constitué par l'ensemble (Fe+Cr)

En présence de vanadium, apparaît le carbure du type MC dont l'élément M est constitué essentiellement par le vanadium avec un peu de fer ou de tungstène lorsque cet élément est ajouté à l'acier.

Le vanadium a une grande affinité pour le carbone et la teneur en cet élément doit être étroitement associée à la teneur en carbone pour éviter la formation de phases intermétalliques.

I.2 TRAITEMENTS THERMIQUES DES ACIERS A OUTILS

I.2.1 Les traitements thermiques

Un traitement thermique est une opération qui fait subir au métal un cycle thermique contrôlé en vue de lui conférer une structure, donc des propriétés mécaniques adaptées au but recherché [7].

Les traitements thermiques agissent sur l'état physique et mécanique de l'acier en éliminant de nombreuses contraintes mécaniques et/ou thermiques et en introduisant de nouvelles contraintes (contraintes de trempe)

Les traitements thermiques appliqués aux aciers à outils sont les trois traitements élémentaires : le recuit, la trempe et le revenu.

I.2.1.1 Le recuit

Le but de ce traitement est d'amener le métal dans un état d'équilibre le plus complet possible. Il agit sur la structure du métal en lui donnant une structure micrographique correspondant au diagramme d'équilibre. Suivant le but à atteindre on peut distinguer plusieurs types de recuits :

I.2.1.1.1 Recuit d'homogénéisation

A pour effet de combattre les effets de ségrégation chimique et structurale des pièces forgées et des lingots coulés, sa température de chauffage est de $(Ac_3 + 200^{\circ}C)$.

I.2.1.1.2 Recuit d'adoucissement

Il s'applique aux pièces trempées pour faciliter leur usinage. Le refroidissement doit être d'autant plus lent que l'acier est riche en carbone.

I.2.1.1.3 Recuit de stabilisation

Un recuit conduit à la stabilité des formes et des dimensions des pièces par superposition des autocontraintes. Il se pratique au dessous de Ac_1 , pour l'ensemble des aciers d'outillage, la température usuelle se situe entre 600 et 700°C.

I.2.1.2 La trempe :

Tremper un acier, c'est le maintenir à la température ambiante dans un état hors d'équilibre. Ce traitement est destiné à donner à l'acier les qualités, de dureté et de résistance à l'usure.

Pour réaliser une tempe, donc la transformation austénite \rightarrow martensite la vitesse de refroidissement doit être au moins égale à la vitesse de trempe (V_c). Le choix du mode de refroidissement dépend à la fois de la trempabilité de l'acier et de la forme de la pièce. Les modes les plus fréquemment utilisés sont : l'air libre, l'huile, eau ou le vide.

I.2.1.3 Le revenu

C'est un traitement thermique appliqué exclusivement aux pièces trempées. Son but est d'atténuer certains effets néfastes de la trempe et en particulier la fragilité de la martensite.

D'une manière plus précise, c'est de réaliser un meilleur compromis entre les caractéristiques mécaniques évoluant dans les sens opposés, et ceci en fonction de l'emploi de la pièce traitée. Il consiste en un chauffage et un maintien à une température inférieure à A_{c1} .

1.2.2 Constituants obtenus après chauffage et refroidissement

On se basant sur le diagramme fer-carbone [3], on constate qu'au cours du chauffage, et dès 720°C , le mélange de ferrite et de cémentite se transforme en austénite.

Les éléments d'alliage modifient la forme du diagramme fer-carbone ; les éléments alphagènes, (chrome, molybdène, tungstène, vanadium), réduisent de façon importante le domaine de l'austénite. Ces éléments tendent à élever les points de transformation

ferrite \rightarrow austénite au chauffage. Par contre, les éléments gammagènes, favorables à la formation d'austénite, tels que le manganèse et le nickel, tendent à abaisser les points de transformation.

Les transformations structurales au refroidissement sont plus complexes. L'étude de la transformation de l'austénite peut se faire :

- soit en condition isotherme à des températures variables situées au-dessous du point A_1 ;
- soit en condition anisotherme à des vitesses de refroidissement variables.

La première méthode aboutit au tracé des diagrammes température-temps-transformation (courbes TTT), la seconde au tracé des diagrammes de transformation en refroidissement continu (courbes TRC).

La représentation du diagramme TTT convient bien pour la définition des différents constituants obtenus suivant la température de maintien après chauffage à une température donnée.

Presque tous les éléments d'alliage, à l'exception du cobalt, allongent les temps d'incubation avant la formation d'austénite et ralentissent le processus de transformation de l'austénite.

La représentation du diagramme TRC permet d'associer à une vitesse de refroidissement donnée une structure et un niveau de dureté donnés.

Suivant la vitesse de refroidissement, la transformation de l'austénite s'effectue d'une manière plus ou moins complète ; il peut donc subsister dans la structure de l'acier une fraction d'austénite non transformée, ou austénite résiduelle, qui joue un rôle important dans les aciers à outils : difficulté d'obtention de la dureté, transformation en martensite par écrouissage, déformations aux traitements.

Lorsque l'on élève la température de chauffage d'un acier à outils, les carbures que l'on rencontre à l'état recuit commencent à passer en solution. Les carbures M_3C et $M_{23}C_6$, contenant du chrome, du tungstène et du molybdène en plus du fer, commencent à se dissoudre dès 800 °C pour M_3C , 900 °C pour $M_{23}C_6$ et on ne les rencontre plus au-delà de 1130 °C. Les carbures complexes du type M_6C ou MC , par contre, sont beaucoup plus résistants et ne sont que partiellement remis en solution ; les dissolutions importantes de ces deux dernières phases ne commencent que vers 1150 °C pour M_6C et 1200 °C pour MC .

Dans les aciers à outils à hautes teneurs en chrome et en carbone, la quantité de carbures M_7C_3 qui subsiste après chauffage aux environs de 1000 °C est comprise entre 4 et 5 % pour les aciers à 5 % de chrome

I.3 TENUE A LA CORROSION :

La dégradation de la surface d'un outillage par corrosion résulte de combinaisons d'effets mécaniques et d'effets chimiques interactifs [9]. Le processus est dominé par une réaction chimique ou électrochimique avec le milieu extérieur. Les principales formes que revêt la corrosion sont, d'une manière générale, la corrosion uniforme, la corrosion localisée, la corrosion sous contrainte et la corrosion intergranulaire [10].

Les facteurs déterminants qui conditionnent dans ce cas la dégradation par corrosion peuvent être classés en quatre groupes [11]:

- Les facteurs chimiques : concentration du milieu, teneur en oxygène, pH, température ;
- Les facteurs électrochimiques : différence de potentiel, effet de couplage des matériaux ;
- Les facteurs métallurgiques ou structuraux : composition du métal ou de l'alliage, procédé d'élaboration, impuretés, traitement thermique, taux d'écrouissage ;
- Les facteurs mécaniques : contraintes résiduelles, état des surfaces, sollicitations mécaniques.

Dans ce cas plus spécifique de la dégradation par corrosion, l'action mécanique apportée par le glissement des deux surfaces antagonistes entraîne des déformations plastiques superficielles et une élimination de la couche passive. Il en résulte une augmentation du courant de corrosion, avec apparition des effets précédemment indiqués, et notamment la corrosion générale et la corrosion localisée.

Cette augmentation du courant de corrosion est d'autant plus importante que la cinétique de formation de la couche protectrice dans le milieu considéré est faible. Il s'agit donc d'une compétition entre l'élimination de la couche passive par voie mécanique et la formation de cette dernière dans le milieu considéré. La cinétique de formation de la couche passive est d'autant plus forte que la teneur en chrome de l'acier est plus élevée [12].

I.4 CRITERES DE CHOIX DES ACIERS A OUTILS

Les propriétés qui sont exigées d'un outil en service dépendent, dans une large mesure, des conditions d'utilisation de cet outil et de la température à laquelle peut être portée sa partie active. On voit donc apparaître dans les outillages utilisés pour les problèmes de mise en forme un ensemble de propriétés qui peut se caractériser globalement de la manière suivante [13]:

La ténacité, ou faculté de résister à des niveaux de contraintes très élevés sans entraîner de rupture brutale, propriété qui doit être accompagnée, dans de nombreux cas, par une bonne résistance aux chocs répétés ;

La résistance à la fatigue thermique, c'est-à-dire au cyclage de contraintes de traction et de compression qui sont le résultat de chauffages et de refroidissements successifs d'outillages utilisés notamment dans la mise en forme à chaud, cycles au cours desquels il y a en plus une oxydation superficielle ;

La résistance à l'usure, qui se caractérise par la faculté, pour la surface de l'outil, de conserver son état initial le plus longtemps possible sans endommagements en cours de service ;

Trempabilité, les outils doivent bénéficier de propriétés homogènes ; cela suppose qu'ils fassent preuve d'une bonne trempabilité. Un grand pouvoir trempant est également nécessaire si l'on veut éviter que les déformations en cours de traitements ou en cours d'utilisation n'apparaissent.

La tenue à la corrosion qui traduit la résistance de la surface aux agressions liées à la chimie du milieu environnant.

Dureté, la dureté est évidemment l'une des propriétés de base des aciers à outils ; elle exprime la résistance du matériau à l'enfoncement ou à la déformation, à la température ambiante ou à chaud, pour des sollicitations mécaniques de courte durée ou au contraire pour des maintiens prolongés sous charge. Cette propriété peut être atteinte par les critères suivants :

- Le niveau de dureté à la température ambiante, mesuré selon les cas en empreinte Vickers ou en empreinte Rockwell ;
- La dureté à chaud mesurée en général en empreinte Vickers ;
- La résistance au fluage.