



## Les traitement isothermiques



### Les courbes temps-température-transformation (TTT)

Le diagramme d'équilibre fer-carbone ne donne pas d'information sur les vitesses de refroidissement et ne concerne que les aciers au carbone, c'est-à-dire les aciers non alliés. D'autre part, dans le cas de la trempe classique, on fait varier à la fois, pour un acier déterminé, la température et le temps, la vitesse de refroidissement étant fonction du fluide de trempe utilisé. Si, au contraire, on examine la transformation de l'austénite à différentes températures, déterminées en fonction du temps, on obtient un ensemble de courbes appelées courbes temps-température-transformation, ou courbes T.T.T. ou encore courbes en S en raison de leur forme, bien qu'elles aient souvent, surtout en ce qui concerne les aciers alliés, une forme plus complexe.

### La trempe bainitique

Ce procédé doit son nom aux constituants qui résultent de ce traitement. La trempe s'effectue, après chauffage dans un bain de sels maintenu à température constante au dessus de la limite supérieure de la formation de la martensite, soit vers 350°C. Le maintien à cette température doit être prolongé jusqu'à ce que l'austénite se soit complètement transformée en bainite, ensuite l'acier refroidit à la température ambiante. La trempe bainitique est employée pour le traitement des aciers à moyenne ou forte teneur en carbone, comportant du manganèse, et parfois d'autres éléments alliés. La trempe bainitique est maintenant de plus en plus utilisée car elle permet de bénéficier des mêmes avantages que procure la trempe classique suivie d'un revenu, en ce qui concerne les propriétés mécaniques des aciers, d'obtenir un minimum de déformation et de supprimer les risques de tapures. Toutefois ce procédé présente l'inconvénient d'être plus lent que la trempe classique, la durée du séjour dans le bain étant fonction de la température de celui-ci et de la composition de l'acier. Ce temps peut être déterminé à l'aide des courbes T.T.T.

### La trempe martensitique

Ce procédé porte aussi le nom de trempe étagée. Tout comme la trempe bainitique, il diminue la sensibilité aux déformations et réduit les risques de tapures. La trempe martensitique consiste à refroidir rapidement un acier austénitisé, dans un bain porté à une température supérieure. Là encore, la pièce est maintenue dans le bain pendant le



temps nécessaire à l'obtention d'une température uniforme. Durant ce stade, l'acier ne subit pas de transformation, à condition de ne pas « écorcher » le nez de la courbe T.T.T. Ensuite, comme dans la trempe bainitique, on laisse refroidir la pièce jusqu'à la température ambiante. Pendant le refroidissement, l'austénite se transforme en martensite. La transformation amorcée dans le bain d'huile (ou de sels) s'achève pendant le refroidissement à l'air; d'où le nom de trempe étagée. Ce procédé est en général limité par la nuance des aciers. Ceux-ci doivent être suffisamment riches en éléments alliés pour que la position du « nez » de la courbe T.T.T. permette de garantir un refroidissement sans transformation. Le « nez » de la courbe doit être d'autant plus déporté vers la droite du diagramme que la pièce est plus volumineuse. Cette trempe martensitique est souvent suivie d'un revenu, comme dans la trempe classique.

### **La trempe subzéro**

Ce procédé consiste à refroidir dans la neige carbonique, ou l'air liquide. Les pièces traitées en trempe étagée martensitique dont la transformation austénite-martensite est insuffisante pour obtenir la dureté recherchée. Cette trempe est très intéressante avec les aciers cémentés pour lesquels la température de trempe n'est qu'un compromis entre la température assurant la trempe à cœur et celle assurant la trempe des couches extérieures.

### **Le recuit isotherme**

Cette opération, résultant de l'étude des courbes T.T.T., permet de simplifier l'opération de recuit classique et de réduire ainsi le temps nécessaire à son exécution. Avant que les pièces forgées n'aient atteint en refroidissant la température de 690/700 °C, on les immerge dans un bain de sel maintenu à température constante. Les pièces sont ensuite refroidies. La température du bain et le temps d'immersion sont déterminées par l'étude des courbes T.T.T. La température retenue est déterminée par la partie la plus à gauche de la courbe, juste au-dessous du point critique. Dans cet intervalle, la structure sera d'autant plus grossière, et la dureté d'autant plus faible, que la température sera plus élevée, mais une température trop élevée – ou trop basse – augmente la durée de la transformation. Ce procédé, applicable aux aciers alliés, est utilisé fréquemment dans la métallurgie.