

LE REVENU DES ALLIAGES FER CARBONE TREMPÉS

Les états trempés ayant une structure martensitique ont une aptitude à être adoucis par des traitements de réchauffage appelés revenus.

Ce terme revenu implique qu'il y ait eu préalablement trempe (la même température appliquée sur un alliage non trempé est un recuit).

Lors de ces réchauffages la structure martensitique se transforme progressivement avec l'élévation de température et dans une moindre mesure avec le temps pour retourner vers un état d'équilibre fer α + cémentite.

Pour les plus basses températures il précipite des carbures intermédiaires très finement répartis avant d'arriver aux plus hautes températures (au-dessus de 450°C) à la cémentite.

Pour les aciers faiblement alliés l'adoucissement n'apparaît de façon sensible qu'au-delà de 200°C, les revenus effectués jusqu'à cette température sont appelés **revenus de détente** car ils libèrent les tensions les plus fortes à l'échelle de la pièce et de la structure cristalline.

Au-delà on parle de revenu d'adoucissement.

Les revenus contribuent à une très sensible amélioration de la ductilité et de la résistance aux chocs. Sur une même nuance l'effet d'adoucissement est d'autant plus grand que le niveau de dureté initial est élevé et l'effet sur les caractéristiques de ductilité est d'autant plus appréciable que l'écart entre la dureté initiale et finale est grand, autrement dit une structure martensitique s'adoucit plus qu'une structure de type bainitique.

Alors que la trempe martensitique avait provoqué un gonflement, le revenu qui a pour effet de désaturer le réseau cristallin du fer se traduit par une contraction volumique.

Lors des revenus à basse température il peut y avoir concurrence entre les transformations de l'austénite résiduelle (avec gonflement et

durcissement) et de la martensite (avec contraction et adoucissement)

Afin de garantir une ductilité optimum pour un niveau de résistance donné, il peut être recommandé de prescrire une température de revenu minimum, garantissant un pourcentage de martensite minimum après trempe et avant revenu.

Par exemple un acier à 0,40% de carbone présente une dureté de :

- 56 HRC pour 100% de martensite
- 48 HRC pour 80% de martensite
- 40 HRC pour 50% de martensite

S'il faut obtenir sur une pièce fabriquée avec cet acier une résistance à la rupture de 1200Mpa soit 38HRC, cette dureté sera obtenue après un revenu :

- à 550°C avec 100% de martensite,
- à 500°C avec 80% de martensite
- à 375°C avec 50% de martensite

Après des revenus à ces différentes températures les rapports Re/Rm ainsi que les valeurs de A% et de résilience seront très sensiblement différentes (par exemple un rapport Re/Rm > 0,8 requiert au moins 80% de martensite).

Si la pièce doit présenter de bonnes caractéristiques de ductilité il pourra être utile tout d'abord de choisir un acier dont la trempabilité est suffisante pour avoir le taux de transformation martensitique voulu et de spécifier le taux de martensite après trempe conditionnant la sévérité de trempe de l'installation de traitement.

Seuls la température et le temps de maintien ont un effet sur le revenu des aciers, la vitesse de refroidissement n'a pas d'influence (sauf exception sur les aciers sensibles à la fragilité au revenu qui se fragilisent si la vitesse de refroidissement dans une certaine plage de température est trop lente).

Le choix d'une température de revenu peut être conditionné par une température d'emploi ou de mise en œuvre ultérieure déterminée (une nitruration par exemple), exigeant de faire un revenu à une température légèrement

supérieure afin de pas s'exposer à voir les caractéristiques évoluer.

Sur un plan pratique il faut être vigilant sur la réelle obtention de la température à cœur des pièces et de la charge, car aux températures concernées le rayonnement thermique est faible, le chauffage se fait majoritairement par convection qui dépend de la vitesse de brassage, de la morphologie des charges et de la conception de la circulation des gaz chauds. Pour une vitesse de flux gazeux allant de 1 à 10, le temps d'obtention de la température est réduit par 3.

Pour les revenus à des températures supérieures à 450°C, il est possible de faire intervenir les lois d'équivalence temps – température. Ces lois sont à utiliser avec prudence et devront faire l'objet de vérifications pratiques préalables.

Sur certaines nuances dites à « durcissement structural ou secondaire » et sur certains aciers à outils avec des conditions d'austénitisation avant trempe particulières (sur-austénitisation) le revenu peut conduire à une augmentation du niveau de dureté. Sur les aciers à outil ce gain de dureté est lié à une transformation de l'austénite résiduelle en martensite parfois appelée martensite secondaire ou martensite fraîche. Son existence peut conduire à des problèmes de fragilité qui doivent être éliminés en effectuant un second revenu destiné à cette phase de martensite non revenue.

Influence de la température de revenu sur un acier 35CrMo4 sur les duretés obtenues lors de l'essai Jominy (d'après OTUA)

