

TRAITEMENT PAR LE FROID ou traitement cryogénique ou sub-zéro

Le traitement par le froid (ou traitement cryogénique) consiste à refroidir les pièces mécaniques en dessous de la température ambiante après un traitement thermique de trempe. La température de maintien se situe entre 0°C et 150°C (le plus souvent entre 80 et 100°C pour les aciers).

Justification du traitement par le froid sur les aciers

La nécessité d'atteindre une température inférieure à la température ambiante suppose que des transformations métallurgiques peuvent intervenir pour des températures atteintes inférieures à celle-ci. C'est le cas notamment de certains alliages fer-carbone pour lesquels le point Mf de fin de transformation de l'austénite en martensite est lui-même inférieur à 0°C, d'où la subsistance après trempe d'**austénite résiduelle** (ou austénite retenue).

Mf dépend de la teneur en carbone et de la composition chimique en éléments d'alliage.

$Mf (^{\circ}C) = (361 \text{ à } 461) - 474 (C \%) - 33 (Mn \%) - 14 (Cr \%) - 21 (Mo \%)$
(Loi de Steven et Haynes) pour les aciers faiblement alliés.

Mf est inférieure à 0°C dès l'instant que la teneur en carbone est supérieure à l'eutectoïde (0,8 % carbone en l'absence d'éléments d'alliage), d'où un risque accru d'austénite résiduelle après un traitement de cémentation.

L'existence d'austénite résiduelle dans la structure constitue une situation instable, celle-ci se décomposera si la température s'abaisse suffisamment pour atteindre la température Mf. Elle pourra également se transformer sous l'action de conditions déstabilisantes : fortes contraintes, vibrations, efforts cycliques.

L'austénite se décomposera alors de façon non maîtrisée en martensite (dite parfois martensite secondaire) en produisant des

déformations volumiques et des risques de surtensions locales pouvant aller jusqu'à la fissuration. Cette martensite non revenue est par ailleurs fragile.

A côté de la martensite, l'austénite est un constituant de faible dureté. Sa présence se traduit par des plages douces.

Le traitement par le froid aura donc pour effet sur les aciers contenant de l'austénite résiduelle :

→ **d'augmenter la dureté** et la limite élastique avec corrélativement une baisse de résilience et une augmentation des contraintes internes,

→ **d'augmenter la stabilité dimensionnelle** des pièces. Il est ainsi particulièrement recommandé pour les calibres, les éléments à jeux très serrés.

Il est indispensable sur les organes mécaniques destinés à être montés par ajustement serré, par frettage à l'azote liquide ou travaillant à des basses températures (cas des éléments d'organes cryogéniques ou des pièces de structure aéronautique).

Justification du traitement par le froid sur les alliages d'aluminium

Après trempe les alliages d'aluminium aptes au durcissement par traitement thermique sont au maximum de leur malléabilité (état de trempe fraîche), ils durciront par revenu ou par maturation vieillissement. Sur les pièces devant subir des opérations de déformation ou calibrage entre la trempe et la mise au niveau de dureté final, l'état malléable est maintenu en faisant séjourner ces pièces dans un caisson froid de façon à retarder le départ de la maturation. Ce séjour permettra de prélever les pièces au fur et à mesure des disponibilités des équipements de déformation avant que la maturation ne s'engage.