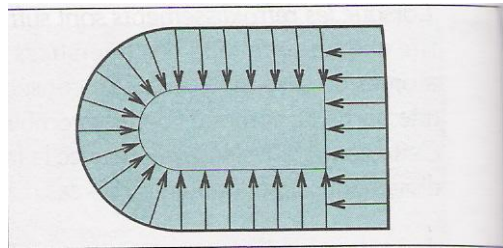


TRAITEMENTS THERMIQUES DANS LA MASSE

[1] : extrait du guide des sciences et technologies industrielles (Jean-Louis Fanchon, éditions Afnor Nathan)

La structure et les propriétés mécaniques des aciers peuvent être modifiées par chauffage suivi d'un refroidissement. Trempe, revenus et recuits sont les procédés de traitement thermique dans la masse.



*Dans le cas des traitements thermiques dans la masse
Le traitement évolue de la surface jusqu'au cœur de la pièce [1]*

Les caractéristiques modifiées par la trempe sont les suivantes :

R_r, résistance à la rupture ;

R_e limite de résistance élastique ;

K résilience (capacité du matériau à absorber les chocs sans se rompre ;

A% fin du domaine élastique en déformation (A% caractérise la ductilité)

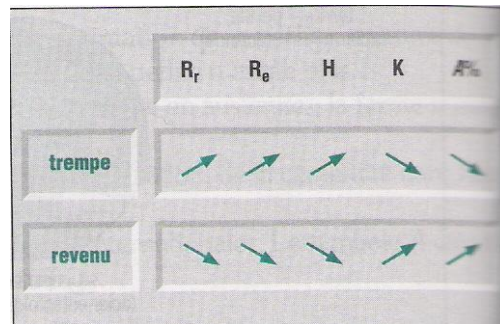
H dureté

1. Trempe, ou durcissement par trempe

Un refroidissement rapide empêche les mouvements des atomes de carbones et l'austénite ne peut se transformer ni en ferrite ni en perlite. On obtient donc une solution sursaturée en fer que l'on appelle martensite. C'est le constituant principal des aciers trempés.

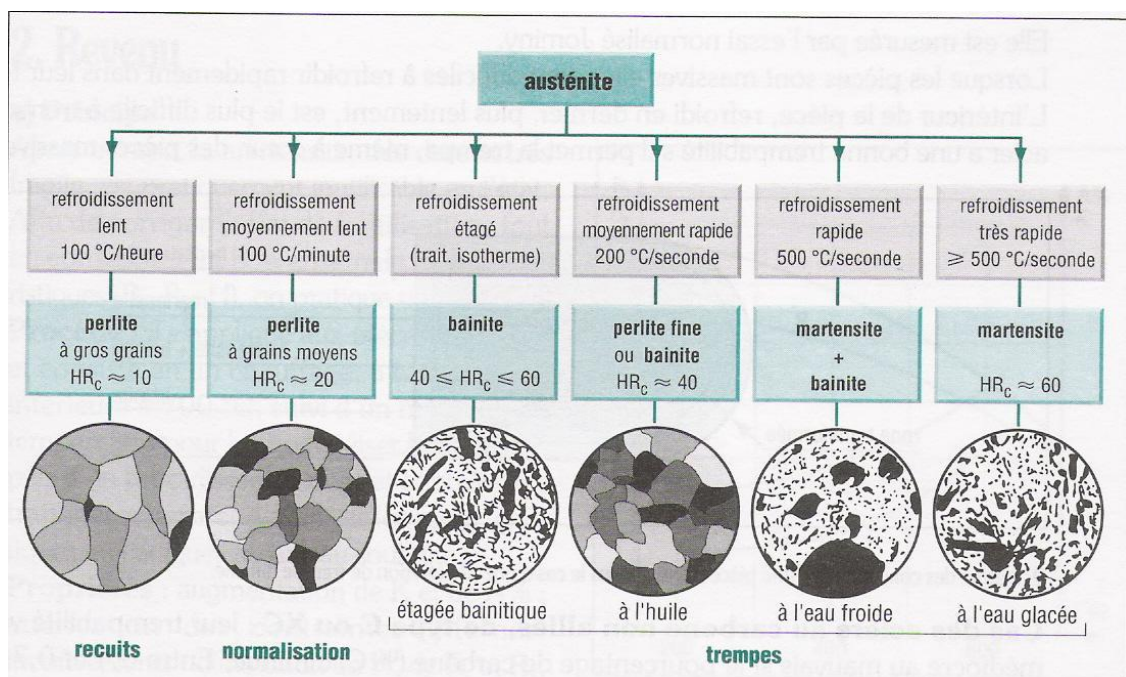
La solution puisque riche en carbone est très dure et donc très fragile.

Pour obtenir la martensite, on chauffe la pièce jusqu'à température d'austénitisation et on la maintient à cette température jusqu'à homogénéisation en température de la pièce. On refroidit ensuite rapidement la pièce dans de l'eau ou dans l'huile. La transformation de toute l'austénite en martensite n'est possible que si la vitesse de refroidissement est suffisamment rapide. Si le refroidissement n'est pas assez rapide il y a formation de constituants plus tendres comme la bainite ou la perlite.



Evolution des caractéristiques après trempe ou revenu [1]

La trempe augmente R_r, R_e, H mais diminue K et A%. Elle amène également l'apparition de tensions internes.

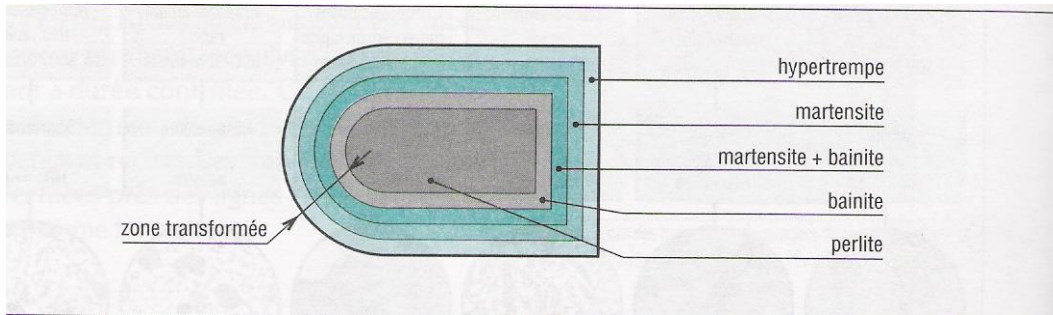


Constituants des aciers suivant la vitesse de refroidissement : cas de l'acier eutectoïde à 0.83% de carbone [1]

L'hypertrempe se produit à chaque fois que la température de trempe est trop élevée. La conséquence est la persistance, après refroidissement, d'une grande quantité d'austénite résiduelle adoucissant l'acier.

Si une trempe classique en une opération est trop brutale (risques de déformation ou de fissuration des pièces) on pratique une trempe étagée, c'est-à-dire en plusieurs étapes.

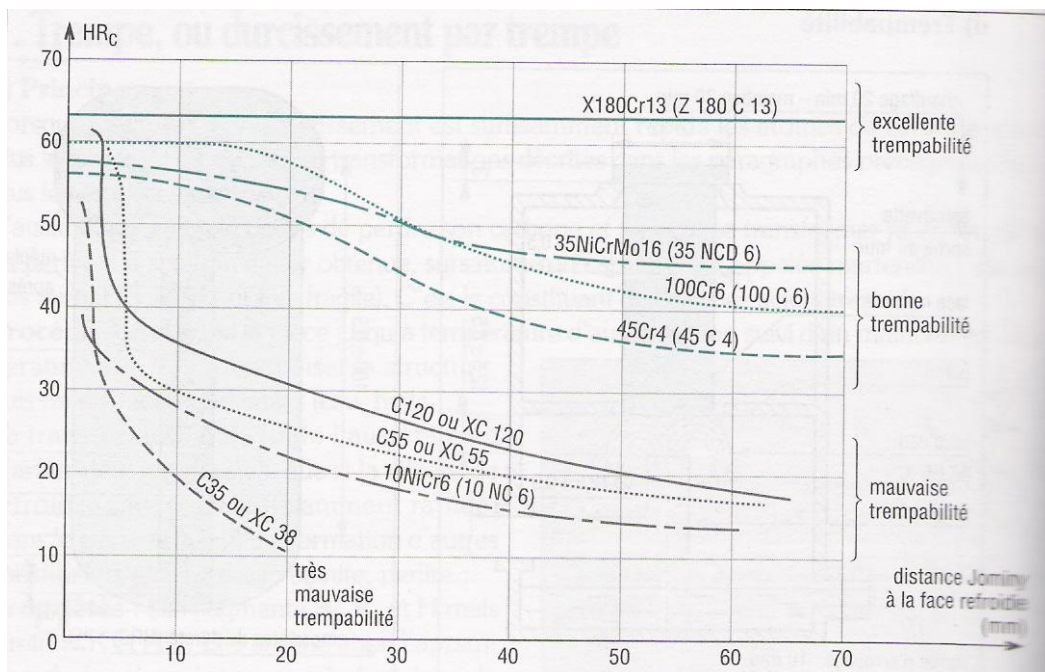
Trempabilité : la trempabilité d'une pièce est sa capacité à être trempée dans son intégralité. Les pièces massives ont une faible trempabilité car le cœur, refroidi lentement est difficilement atteint.



Nature des constituants d'une pièce massive dans le cas d'une pénétration de trempe difficile [1]

Les aciers au carbone non allié ont une trempabilité qui varie de médiocre pour un taux de carbone élevé à mauvais pour un taux faible. Les pourcentages en carbones les plus favorables, de 0.35 à 0.7%, permettent une bonne dureté tout en conservant une ductilité et une résilience acceptable.

Les aciers alliés ont une trempabilité nettement supérieure. La trempe pénètre donc mieux en profondeur.

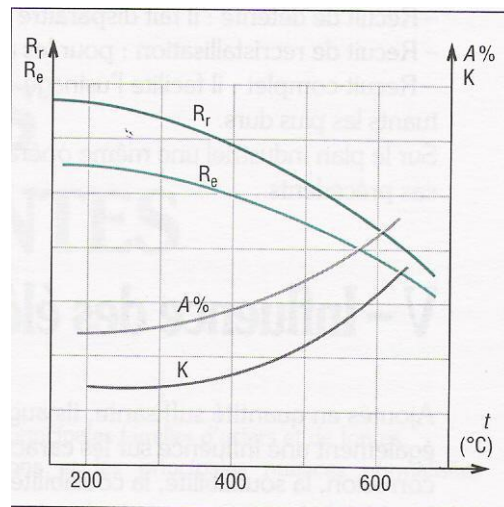


Courbes de trempabilité de quelques aciers [1]

2. Revenu

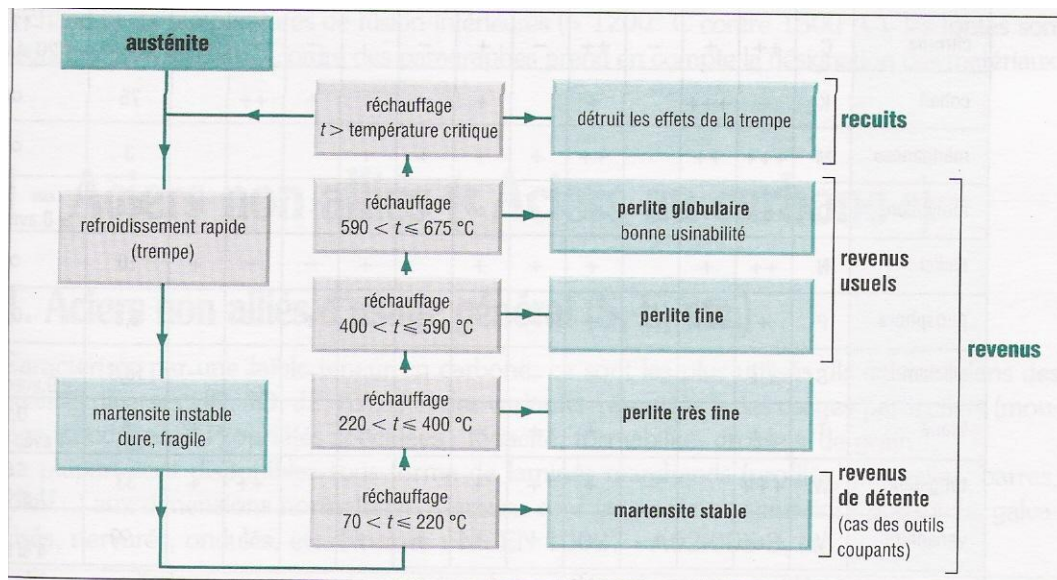
Après la trempe la martensite obtenue est très dure et donc très fragile, elle est inutilisable en l'état. Afin de corriger les effets de la fragilisation tout en conservant des caractéristiques Rr Re et H élevées on pratique une trempe.

Le revenu s'applique aux pièces trempées. Il consiste en un chauffage à une température inférieur à 700°C suivi d'un maintien pour homogénéiser la température de la pièce, puis d'un refroidissement lent et contrôlé qui permet d'amener les caractéristiques au niveau souhaité.



Evolution typique des caractéristiques mécaniques en fonction de la température de revenu [1]

Les propriétés d'un bon revenu sont une augmentation de K et de $A\%$, une atténuation des contraintes internes. Mais les inconvénients sont une diminution de H , de R_r de R_e .



Structure schématique des aciers après trempe et revenu [1]

3. Recuit

Le recuit a pour but d'avoir l'effet strictement inverse à celui de la trempe. Le métal est amené au maximum de ses caractéristiques de ductilité, c'est-à-dire $A\%$ et K maximales et R_r et H minimales. La structure obtenue est plus facilement usinable.

Pour effectuer un recuit, la pièce est chauffée au dessus de la température d'austénitisation suivi par un maintien en température pour homogénéiser la pièce, puis un refroidissement lent.

Le recuit fait disparaître le passé mécanique de la pièce, mais il existe différents types de recuits permettant de palier à d'autres défauts.

ANALYSE MICROSTRUCTURALE

1. Principe

Le principe de l'analyse microstructurale est de pouvoir observer au microscope les différents constituants de la pièce (perlite et ferrite) mis en évidence par une attaque chimique. On en déduit un pourcentage de perlite et de ferrite et connaissant la concentration en carbone dans ces deux constituant (0.02% pour la ferrite et 0.3% pour la perlite) on en déduit le pourcentage de carbone total dans la pièce.

Suivant le grossissement utilisé on peut aussi déterminer un indice de grain qui donne un nombre de grains au cm carré.

2. Mode opératoire

Dans un premier temps on réalise un polissage miroir de l'échantillon à l'aide de papier abrasif à grains de plus en plus fins puis à la pâte diamantée. On rince la surface à l'eau puis à l'alcool, on sèche. On met ensuite en évidence la structure par attaques successives de 6 secondes au nital. Le nital attaque plus rapidement les zones riches en carbone (la perlite) qui apparaisse donc noir au microscope. La ferrite moins riche en carbone apparaît blanche.

On étudie plusieurs échantillon du même acier (échantillon vert) qui a subit différents traitements.

Sur l'échantillon brut on observe 40% de blanc (ferrite) et 60% de noir (perlite). On en déduit le $\%C = 0.47\%$. On observe également un indice de grain $G = 10$ et un nombre de grains/ $cm^2 = 8192$.

Sur l'échantillon recuit on observe 50% de ferrite et de perlite soit $\%C = 0.395$; $G = 11$ et 16384 grains par cm^2 .

La différence s'explique par la différence d'homogénéité entre les 2 échantillons. Pour le recuit la structure est beaucoup plus homogène car issue d'une austénitisation suivie d'un refroidissement lent.