

DIAGRAMME DE PHASE DU SYSTEME CUIVRE-ZINC

Le diagramme de phases des alliages de cuivre et de zinc est un exemple de diagramme péritectique. Les alliages contenant jusqu'à 35% de zinc sont monophasés et réputés pour leurs propriétés de ductilité et leur aptitude à la déformation à froid. Au-delà de 35% de zinc, la phase bêta cubique centrée apparaît et la dureté augmente. La ductilité à froid de ces alliages n'est pas très bonne, mais ils présentent une excellente déformabilité à chaud en raison de la plasticité de la phase bêta à haute température. La concentration limite en zinc est de 42%. Au-delà de cette valeur, les alliages sont trop fragiles et n'ont pas d'usages commerciaux.

Pour les alliages alpha monophasés, la solidification commence par la formation de dendrites alpha sous la température de liquidus. Il apparaît de la ségrégation, ce qui permet d'observer la structure dendritique après attaque métallographique. La structure dendritique de coulée est détruite par déformation et recuit pour donner une structure à grains équiaxes.

Pour les alliages à deux phases ou "duplex alpha/bêta", le comportement à la solidification dépend de la concentration en zinc par rapport à celle de la composition péritectique. Jusqu'à 37,6%, la phase alpha est la phase primaire et la phase bêta est formée par réaction péritectique qui a lieu dans le dernier liquide se solidifiant.

Au-delà de 37,6% en zinc, la solidification se fait par formation de dendrites bêta et après solidification complète, la structure n'est composée que de cette phase. L'intervalle de solidification est étroit, de sorte que les dendrites bêta sont pratiquement homogènes en composition. Au refroidissement, la phase bêta ne peut contenir autant de cuivre. Aux environs de 770°C, la phase alpha commence à se séparer de la phase bêta et augmente en quantité lorsque la température diminue.

Cette réaction est contrôlée par la diffusion et peut être supprimée par refroidissement rapide. La phase alpha précipite aux joints de grains ainsi que selon des plans cristallographiques préférentiels de la phase mère (plans octaédraux). Ce mode de séparation au sein des grains est appelé "structure de WIDMANSTATTEN".



70/30 Laiton, coulé en sable, solution alcoolique de chlorure ferrique, x100

La microstructure montre des gros grains à structure dendritique rendue visible par attaque poussée au moyen de la solution alcoolique de chlorure ferrique. Ce réactif révèle les différences de composition dues à la ségrégation.

Aux environs de 450-470°C, la phase bêta se transforme pour donner la phase bêta prime. Cette modification de structure est liée au passage des atomes de zinc d'une structure aléatoire à une structure ordonnée dans le réseau (transformation ordre-désordre). L'aspect de la microstructure n'est pas affecté par ce changement dont l'influence sur les propriétés mécaniques est négligeable.

L'alliage de type alpha, le plus largement utilisé, est l'alliage 64/36 (common brass). Il est l'alliage le meilleur marché (le zinc étant généralement moins cher que le cuivre). Toutefois, l'alliage à 30% de zinc ("Cartridge brass") offre une meilleure ductilité et une résistance à la corrosion supérieure. Des alliages commerciaux intéressants sont disponibles jusqu'à des concentrations minimales en zinc de 5%. Ces alliages riches en cuivre présentent une jolie couleur dorée et sont connus comme métal pour dorure. Les alliages sont fournis sous forme coulée soit sous forme de feuilles, tubes ou fils.

L'alliage à deux phases le plus répandu est le laiton 60/40. Il est généralement utilisé en fonderie et convient particulièrement à la coulée en coquille. Les laitons duplex présentent une excellente ductibilité aux températures de déformation à chaud et existent dès lors aussi à l'état forgé par extrusion et laminage à chaud.

D'autres éléments d'addition sont fréquemment ajoutés aux laitons pour modifier les propriétés mécaniques, la résistance à la corrosion ou l'usinabilité en vue d'une application

donnée. Ces éléments ont tous un effet sur la solubilité du zinc dans le cuivre. Bien que la plupart des laitons dont la structure ne soit pas modifiable par traitement à chaud, certains d'entre eux de composition très contrôlée sont coulés et déformés à chaud à l'état duplex alpha/bêta. Ils sont ensuite recuits aux environs de 450°C de manière à transformer la microstructure en une phase alpha unique. Celle-ci présente alors une bien meilleure résistance à la corrosion par dézincification en particulier dans les conduites d'eaux très agressives.



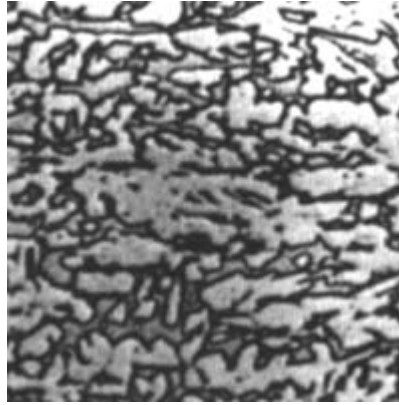
70/30 laiton, déformé à froid et recuit, solution alcoolique de chlorure ferrique, x200

La microstructure montre des grains alpha équiaxes. L'attaque uniforme de l'échantillon par le réactif indique que la structure est homogène. La ségrégation persiste nettement moins dans les laitons que dans les alliages cuivre-étain ou cuivre-nickel



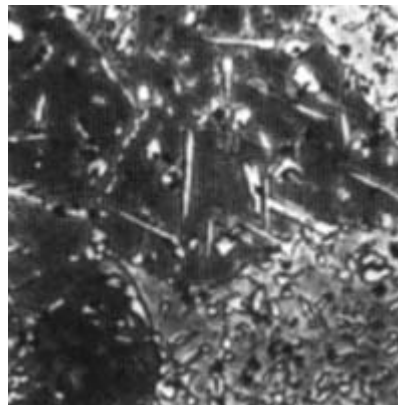
60/40 laiton, coulé en sable, Persulfate d'ammonium en milieu ammoniacal, x100

Cet échantillon montre des grains β assez larges contenant la phase alpha sous forme de précipités à structure de WIDMANNSTATTEN. Celle-ci se présente après l'attaque sous une couleur légèrement moins foncée.



Laiton 60/40 plombé, déformé à chaud, Persulfate d'ammonium en milieu ammoniacal, x200

Cet échantillon montre des zones de phase alpha légèrement allongées dans la direction de la déformation et situées dans une matrice de phase bêta. La phase bêta cubique centrée ne développe pas de macles de recuit. Toutefois, les macles sont présentes dans la phase alpha et seraient révélées par une attaque métallographique plus poussée. Le plomb est ajouté pour améliorer l'usinabilité. Il apparaît sous forme de particules sombres allongées.



Laiton à haute ductibilité, coulé en sable, solution alcoolique de chlorure ferrique, x250

La microstructure est fort semblable à celle des laitons 60/40 coulés en sable. La structure de WIDMANSTATTEN de la phase alpha et la matrice de phase bêta sont toutefois plus fines que dans l'alliage binaire. Une phase riche en fer est aussi visible sous forme de petites particules, distribuées uniformément. Elles ont été noircies par l'attaque. Un grand nombre d'entre elles se présentent sous forme de rosettes. En absence d'attaque métallographique, ce constituant est gris, ce qui permet de le distinguer du plomb souvent présent dans les laitons de haute ductilité et qui est de couleur plus foncée.

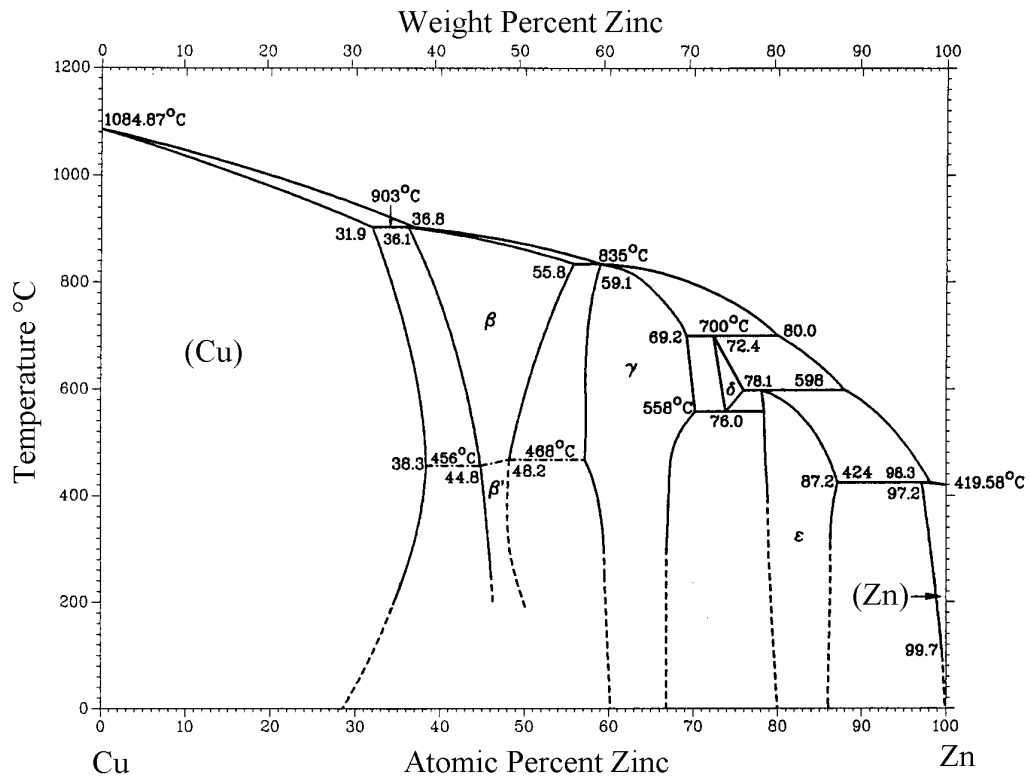


Diagramme de phase du système Cuivre-Zinc