

2 - PROPRIÉTÉS DES MAILLECHORTS

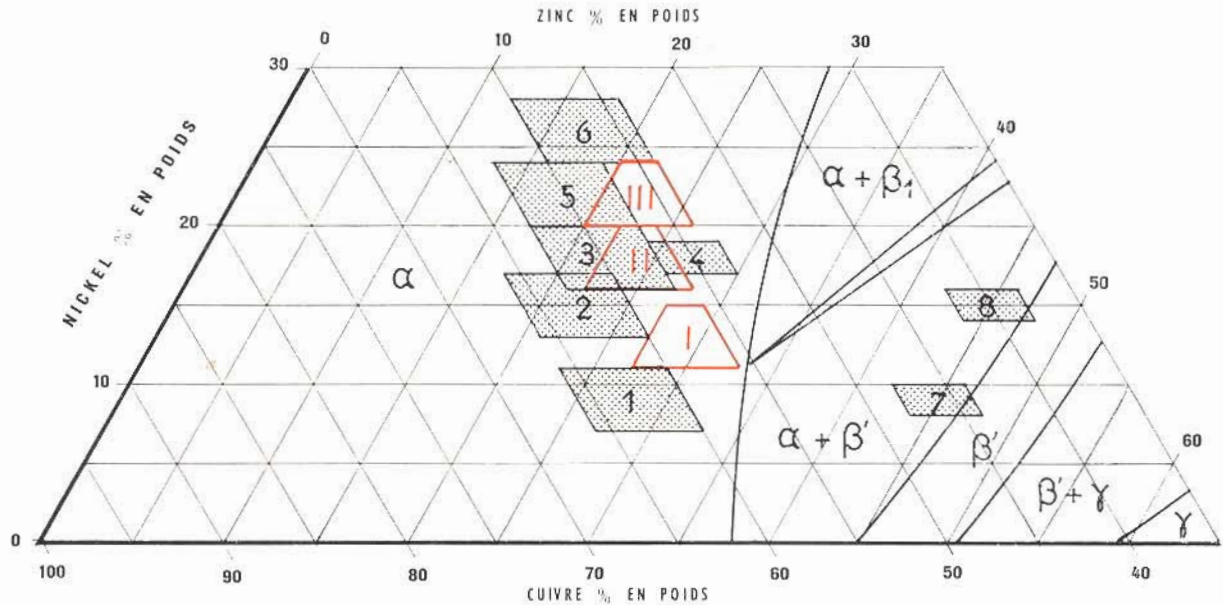


Fig. 1
Domaines de composition des maillechorts normalisés

| | | | |
|-------------|-------------|-------------|------------------------------|
| 1 U-Z28 N9 | 5 U-N22 Z18 | I U-Z N13 | } Alliages de fonderie |
| 2 U-Z22 N15 | 6 U-N26 Z17 | II U-Z N18 | |
| 3 U-Z22 N18 | 7 U-Z45 N9 | III U-Z N22 | |
| 4 U-Z27 N18 | 8 U-Z45 N15 | | |

2-1 Généralités

Les maillechorts se divisent en deux grandes catégories selon leur constitution physico-chimique : d'une part les alliages monophasés (α), très malléables à froid et faciles à transformer par laminage, emboutissage, repoussage, etc., et, d'autre part, les alliages biphasés ($\alpha + \beta'$), plus pauvres en cuivre, forgeables et filables à chaud et présentant une meilleure usinabilité.

Par suite de la solubilité relativement importante du nickel et du zinc dans le cuivre à l'état solide, il existe une grande diversité de nuances industrielles de maillechorts monophasés.

La normalisation française a retenu un nombre limité de compositions couvrant l'ensemble des besoins généraux. La figure 1 montre les positions respectives des nuances normalisées dans le diagramme d'équilibre Cu-Ni-Zn à 20°C et fait nettement ressortir les deux catégories de maillechorts.

Il faut ajouter à ces nuances deux maillechorts α comprenant 1,5 % de plomb, livrés normalement en barres pour décolletage : U-Z26 N9 Pbl et U-Z20 N15 Pbl.

En plus de ces nuances normalisées, il convient de signaler que certains maillechorts α au plomb peuvent être livrés en bandes pour le découpage et que les maillechorts biphasés renferment parfois du plomb et présentent ainsi une usinabilité comparable à celle du laiton de décolletage.

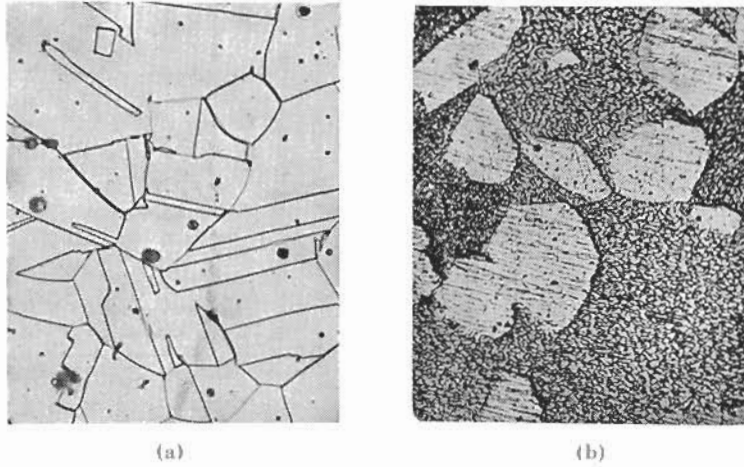


Fig. 2
 a) Maillechort du type α à 60 % de cuivre, 18 % nickel, différence en zinc.
 b) Maillechort du type $\alpha + \beta'$ à 45 % de cuivre, 10 % nickel, différence en zinc, le constituant β' est de couleur foncée.
 X 100 - Attaque au perchlorure de fer acide.

Documentation International Nickel France.

2 - 2 Propriétés physiques et mécaniques

Le tableau I rassemble les valeurs moyennes des propriétés physiques des maillechorts α .

D'une façon générale, à teneur en cuivre constante, le nickel augmente la densité, la résistivité électrique et diminue la conductivité thermique (fig. 3).

TABLEAU I

Propriétés physiques des maillechorts

| Nuance | Température de fusion (liquidus) °C | Densité | Coefficient de dilatation linéaire de 20 à 100°C | Chaleur spécifique kcal/kg.°C | Résistivité électrique $\mu\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ | Conductivité électrique % IACS | Conductivité thermique cal.m, m ² .h.°C |
|---------------|-------------------------------------|-------------|--|-------------------------------|--|--------------------------------|--|
| U-Z28 N9 | 970 à 1 050 | 8,60 | $15 \cdot 10^{-6}$ | 0,09 | 20 | 8,6 | 40 |
| U-Z22 N15 | 1 040 à 1 100 | 8,65 à 8,70 | $15 \cdot 10^{-6}$ | 0,09 | 24 à 28 | 7 à 6 | 25 |
| U-Z22 N18 | 1 050 à 1 125 | 8,72 | $16 \cdot 10^{-6}$ | 0,09 | 32 | 5,4 | 25 |
| U-Z27 N18 | 1 040 à 1 060 | 8,70 à 8,74 | $16 \cdot 10^{-6}$ | 0,09 | 27 à 34 | 6,4 à 5 | 25 |
| U-N22 Z18 | 1 080 à 1 150 | 8,75 à 8,77 | $16 \cdot 10^{-6}$ | 0,09 | 29 à 38 | 6 à 4,5 | 22 |
| U-N26 Z17 | 1 110 à 1 180 | 8,80 | $16 \cdot 10^{-6}$ | 0,09 | 34 à 40 | 5 à 4,3 | 18 |
| U-Z26 N9 Pb1 | env. 1 020 | 9,00 | $15 \cdot 10^{-6}$ | 0,09 | 24 | 7,2 | |
| U-Z20 N15 Pb1 | env. 1 050 | 9,00 | $16 \cdot 10^{-6}$ | 0,09 | 26 | 6,6 | 27 |

La résistance à la corrosion est d'autant meilleure que la teneur en nickel est plus élevée et

devient particulièrement intéressante au-dessus de 15 % de nickel.

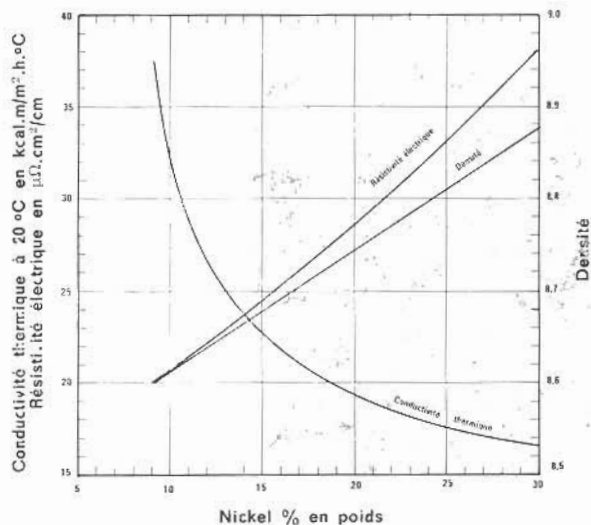


Fig. 3

Influence de la teneur en nickel sur quelques propriétés physiques des mallechorts à 62-63 % de cuivre (recuits à 800°C).

De même, l'introduction de nickel dans un alliage cuivre-zinc augmente la résistance mécanique et la limite élastique et abaisse plus ou moins l'allongement. Il est intéressant de comparer les propriétés mécaniques des mallechorts avec celles des laitons et du nickel. Le tableau II établit cette comparaison pour le mallechort à 10 % de nickel :

TABLEAU II

| | | Laiton 67/33 | Mallechort à 10 % de nickel | Nickel |
|-----------|-----|-----------------|-----------------------------------|--------|
| Recuit | R | 31 | 35 | 45 |
| | A % | 65 | 50 | 50 |
| Ecroi 10% | R | 36 | 45 | 55 |
| | A % | 45 | 30 | 23 |
| Ecroi 30% | R | 45 | 60 | 75 |
| | A % | 15 | 7 | 5 |

L'écroutissage a son effet habituel sur les propriétés mécaniques ; pour une teneur déterminée en cuivre, l'écroutissage agit d'autant plus vite que le pourcentage en nickel est plus bas. Ceci ressort des courbes (fig. 4) qui se rapportent à un mallechort titrant 7 % de nickel et à un

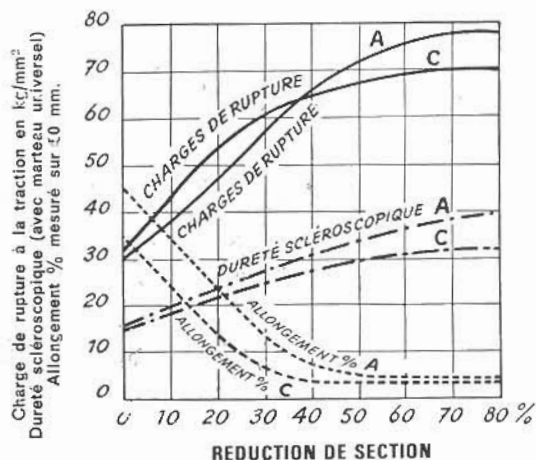


Fig. 4

Influence de l'écroutissage sur les propriétés mécaniques de deux mallechorts : A à 7 % de nickel ; C à 18 % de nickel.

(Les Mallechorts par J. Cournot et F. Hiltbold - Rev. Nickel, vol. 5, janv. 1934, pp. 16-33).

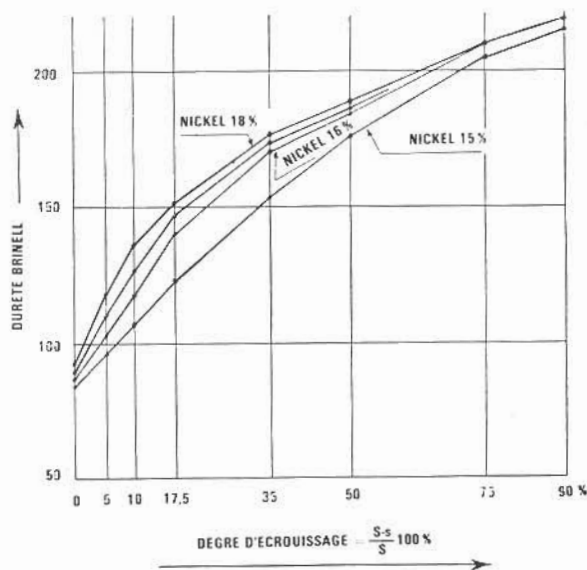


Fig. 5

Influence de l'écroutissage sur la dureté des mallechorts à 60 % de cuivre titrant 15 à 18 % de nickel.

mallechort titrant 18 % de nickel, pour des teneurs similaires en cuivre. Les courbes (fig. 5) représentent l'influence de l'écroutissage sur la dureté Brinell pour des mallechorts à 60 % de cuivre, et titrant respectivement 15 et 18 % de nickel.

2 - 3 Résistance à la corrosion

Les maillechorts présentent une bonne tenue aux corrosions légères et moyennes, cette tenue étant d'autant meilleure que la teneur en nickel est plus élevée.

Ils résistent bien aux atmosphères d'intérieur; un léger entretien de temps en temps est suffisant pour maintenir l'éclat du métal.

A l'extérieur, le ternissement dépend de l'atmosphère. Il est possible de revêtir les surfaces de maillechort avec le vernis INCRALAC, spécialement mis au point par l'INTERNATIONAL COPPER RESEARCH ASSOCIATION. Ce vernis offre une protection de longue durée à l'extérieur.

Les maillechorts fortement écrouis peuvent parfois être sujets — comme les laitons — au type de corrosion appelé « crique saisonnière ». On se prémunit efficacement contre cette corrosion en soumettant les pièces fortement écrouies à un traitement thermique à basse température, qui n'influe pas sur les caractéristiques mécaniques, mais supprime les tensions internes.

*Fragilité du maillechort au feu**. — La fragilité du maillechort au feu est aussi un phénomène qui est provoqué par les tensions internes. Il se produit toutefois en l'absence de tout agent corrosif. Cette fragilité se présente lorsqu'un objet quelconque présentant, par suite d'un écrouissage défavorable, de fortes tensions internes, est brusquement soumis à une température élevée. La fissuration est absolument spontanée et l'objet est parfois complètement détruit. Pour éviter cette fragilité au feu, il est nécessaire de détendre les objets. Souvent il suffit de les tremper pendant plusieurs heures dans de l'eau bouillante. Il est toutefois plus sûr de les chauffer lentement à une température de 200 °C et de les maintenir à cette température une à deux heures suivant l'épaisseur des parois et le poids de la charge. Ensuite l'on pourra chauffer rapidement à la température voulue pour le recuit ou le soudage. On pourra aussi introduire les pièces directement dans le four chauffé à la température désirée sans avoir à craindre la formation de fissures.



Les acides organiques et les sels neutres sont pratiquement sans action sur les maillechorts, mais les acides oxydants les attaquent.

Cette bonne résistance aux acides organiques est très importante sur le plan pratique, car l'absence de produits de corrosion permet d'employer les maillechorts en contact avec les aliments.

2 - 4 Caractéristiques aux températures élevées et très basses

2 - 4 - 1 - à chaud

Les maillechorts ne peuvent être considérés dans l'ensemble comme des alliages présentant des caractéristiques intéressantes à chaud, à l'exception toutefois de maillechorts à teneur en nickel supérieure à 20 %. En pratique, ces maillechorts conservent, sans notable variation, leurs propriétés mécaniques jusqu'à 300 °C environ.

Il ne faut pas perdre de vue qu'à haute température un maillechort, comme un laiton, est susceptible de perdre du zinc en atmosphère réductrice et, par conséquent, de présenter, au bout d'un certain temps en température, une dézincification plus ou moins importante.

On adoptera donc, en règle générale, les maillechorts pour des applications n'exigeant pas des températures supérieures à 200 °C.

2 - 4 - 2 - à froid

Par contre, les maillechorts peuvent être retenus comme matériaux cryogéniques.

En effet, comme pour la plupart des alliages cuivreux, les caractéristiques mécaniques des maillechorts s'améliorent avec la baisse de la température.

TABLEAU III

Caractéristiques mécaniques d'un maillechort du type U-N26 Z17 aux basses températures

| Temp. °C | Limite élastique à 0,1 % kg/mm ² | Charge de rupture kg/mm ² | Allong. % sur 50,8 mm | Essai IZOD kg m |
|----------|---|--------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| 20 | 19,7 | 52,9 | 33 | 11,1 |
| — 10 | 19,5 | 54,3 | 32 | |
| — 40 | 20,2 | 55,0 | 34 | 12,0 |
| — 80 | 19,4 | 58,4 | 39 | 11,4 |
| — 120 | 20,3 | 63,2 | 38 | 11,1 |
| — 190 | 20,0 | 73,2 | 41 | 12,0 |

* Th. Zurrer, Dr. ès sc. tech., Chef du Laboratoire des Usines Métallurgiques Suisses et Co., Thun.