

## SOUDEGE DES CUIVRES FAIBLEMENT ALLIÉS

L'industrie, principalement l'industrie électrique, utilise de façon courante des cuivres, désoxydés ou non, auxquels de faibles additions d'un autre métal procure des qualités recherchées sans sacrifice trop important sur la conductivité électrique. Les plus répandus de ces cuivres sont :

- le cuivre à l'argent
- le cuivre au cadmium
- le cuivre au tellure
- le cuivre au chrome
- le cuivre au béryllium.

Malgré la faible teneur en éléments d'addition (moins de 2%), la présence de ceux-ci modifie sensiblement leur comportement au soudage.

### 4.1 CUIVRE A L'ARGENT

La teneur en argent est toujours très faible, de 0,03 à 0,10 % de sorte que la conductivité électrique reste forte : 98 % IACS. La température d'adoucissement et de recristallisation de ce cuivre est plus élevée — de 150 °C à la teneur d'environ 0,08 en argent — que celle du cuivre pur.

Assez fréquemment, le cuivre à partir duquel l'alliage a été élaboré est un cuivre non désoxydé, très sensible par conséquent aux atmosphères réductrices. En pareil cas, le soudage oxyacétylénique doit être évité.

De tous les procédés à l'arc électrique, seul le procédé TIG est susceptible de donner des soudures correctes. On peut souder également par résistance, avec les mêmes réglages que pour le cuivre pur puisque la conductivité est presque la même.

### 4.2 CUIVRE AU CADMIUM

Dans la proportion de 0,7 à 1 %, le cadmium améliore notablement les caractéristiques mécaniques du cuivre mais au prix d'une légère chute de la conductivité (88 % IACS à l'état écroui). Il élève la température de recuit.

Le cuivre au cadmium se soude comme le cuivre désoxydé avec, toutefois, un risque de perte de cadmium par évaporation. Le procédé TIG donne de bons résultats après que les

paramètres de soudage ont été adaptés à la composition de l'alliage au moyen d'essais préalables. Le procédé MIG est déconseillé.

Le soudage par résistance est facilité par la résistivité du Cu-Cd. Toutefois les fils sont difficiles à souder en bout et leurs soudures sont souvent poreuses.

### 4.3 CUIVRE AU TELLURE

A la teneur de 0,3 à 0,7 %, le tellure forme avec le cuivre une phase séparée qui, disséminée dans la matière, favorise la fragmentation des copeaux à l'usinage. Cet alliage allie ainsi une conductivité élevée à une excellente aptitude au décolletage.

En raison de la volatilité du tellure, l'alliage Cu-Te ne peut être assemblé que par brasage (à l'argent ou à l'étain). Son soudage est à éviter.

### 4.4 CUIVRE AU CHROME

Une addition de 0,5 à 0,9 % de chrome permet d'obtenir un alliage à durcissement structural après un traitement comportant une trempe à l'eau entre 975 et 1 000 °C suivi d'un revenu entre 450 et 475 °C.

A l'état traité et écroui dur, le cuivre au chrome combine une conductivité encore bonne (78 % IACS) avec des caractéristiques mécaniques remarquables :  $R = 520 \text{ N/mm}^2$ ,  $E = 480 \text{ N/mm}^2$ ,  $A \% = 2 \text{ à } 5$ ,  $H_{R\%} = 140$ . A 400 °C on trouve encore  $R = 180 \text{ N/mm}^2$  alors que pour le cuivre pur on tombe à 100.

Le cuivre au chrome est très utilisé pour fabriquer les électrodes de soudage par résistance.

La formation d'oxydes réfractaires à haute température est une des difficultés du soudage du cuivre au chrome. Elle peut être surmontée en adoptant les procédés sous gaz inerte, le procédé TIG principalement, ou le soudage par résistance.

Le traitement thermique doit être effectué après le soudage.

#### 4.5 CUIVRE AU BÉRYLLIUM

Cet alliage à 1,8-2% de béryllium n'a qu'une conductivité de 25% IACS à l'état trempé et revenu. En revanche il présente des caractéristiques mécaniques comparables à celles des aciers alliés à haute résistance. En outre, il résiste bien à la fatigue et à la corrosion.

Le soudage faisant disparaître l'effet du traitement, celui-ci sera pratiqué après soudage. On obtiendra alors les caractéristiques suivantes sur produits étirés ou laminés.

L'oxyde de béryllium étant très réfractaire (2 750 °C) et se formant facilement dès qu'on chauffe l'alliage en présence d'oxygène on devra l'éliminer par un moyen mécanique avant de commencer à souder. Le procédé de soudage sera choisi de telle façon que l'oxyde ne se reforme pas en cours d'assemblage d'autant qu'on ne dispose pas de flux parfaitement efficace.

En raison de ce qui précède, le soudage au chalumeau est à éviter. Par contre le soudage à l'arc avec électrode de carbone et baguette enrobée donne de bons résultats s'il est mené rapidement et si les gaz dégagés par l'enrobage sont susceptibles de protéger le bain.

L'arc électrique avec électrode métallique enrobée a donné des résultats acceptables mais

les procédés TIG et MIG sont certainement les mieux adaptés au soudage du cuivre au béryllium.

En soudage TIG, le matériel employé, la préparation des bords et le mode opératoire sont identiques à ceux décrits pour le cuivre désoxydé non allié. Seuls, les paramètres de soudage doivent être adaptés à la composition de l'alliage au moyen d'essais préalables.

Les cuivres à 2% de béryllium se soudent bien par le procédé MIG en utilisant un fil-électrode de même composition. Il existe des alliages à plus faible teneur en béryllium (0,4 à 0,5%) qui sont moins faciles à souder et qui exigent un métal d'apport plus riche en béryllium pour compenser les pertes de métal.

La conductivité du cuivre au béryllium étant moindre que celle du cuivre allié, le soudage par résistance est facile.

Par points ou à la molette, le cuivre au béryllium sera soudé avant traitement thermique. Après soudage et traitement, les points peuvent atteindre une résistance mécanique de 930 N/mm<sup>2</sup>. Le courant secondaire doit être de forte intensité et de durée très courte, de l'ordre du centième de seconde dans certains cas. Il existe une pression critique aux électrodes que l'on devra surveiller.