

## SOUDAGE DES CUPRO-ALUMINIUMS

### 7.1 SOUDABILITÉ DES CUPRO-ALUMINIUMS

Il est utile de rappeler que les cupro-aluminiums présentent de grandes différences de soudabilité selon la proportion d'aluminium contenu dans l'alliage. Si cette proportion est inférieure à 8 % on constate une tendance à la fissuration dans la zone affectée par la chaleur, surtout lorsque les pièces sont bridées. Pour cette raison, ce groupe d'alliages est peu employé dans les constructions soudées.

Les cupro-aluminiums ayant de 8 % à 13,5 % d'aluminium, et parfois des additions de métaux divers : Mn, Ni, Fe, se soudent bien à la condition d'éviter la formation d'alumine qui ne fond que vers 2 000 °C et qui est difficile à éliminer. C'est la raison de la faveur dont jouissent aujourd'hui les procédés de soudage sous gaz inerte et de l'abandon du soudage au chalumeau.

Le préchauffage n'est pas absolument nécessaire et ne doit pas dépasser 150 °C. Toutefois, les alliages contenant du fer et pas plus de 13 % d'aluminium doivent subir un préchauffage et des chauffages entre passes atteignant 260 °C suivis, après soudage, d'un refroidissement rapide. Une autre particularité du soudage des cupro-aluminiums est la nécessité de prévoir un retrait important des soudures et de préparer les bords des pièces en conséquence.

### 7.2 SOUDAGE DES CUPRO-ALUMINIUMS AU CHALUMEAU

Ce procédé est applicable à la condition de disposer d'un flux efficace contenant des fluorures afin de dissoudre non seulement l'alumine mais aussi les oxydes des éléments d'addition. Il est commode que le flux constitue l'enrobage de la baguette d'apport, sinon on enduit les bords du joint d'un flux en pâte à l'aide d'une brosse.

On soude à gauche pour les tôles fines et

moyennes en imprimant à la baguette d'apport un léger mouvement de grattage pour bien nettoyer le bain en fusion et faciliter l'évacuation des gaz. Il est extrêmement important que le métal de base au voisinage de la soudure soit à température convenable. On préchauffe à température très élevée avec un réglage normal de la flamme.

En aucun cas, la flamme ne devra être oxydante étant donné l'affinité de l'aluminium pour l'oxygène. Les avis diffèrent sur le fait de savoir si la flamme doit être normale ou contenir de l'acétylène en excès. Tout se ramène au dilemme : une garantie supplémentaire contre l'oxydation vaut-elle la peine de prendre le risque de fixation d'hydrogène avec formation possible de vapeur et porosités ?

La dimension de la flamme doit être bien contrôlée ; si elle est trop petite la solidification est trop rigide. Si elle est trop grande, on risque de percer le métal surtout dans le cas de tôles minces. Le chalumeau doit former un angle bien ouvert au départ pour élever la température locale ; lorsque la soudure est commencée, on peut diminuer cet angle.

On évitera autant que possible le bridage des tôles, car le cordon présente une tendance à craquer s'il ne peut se contracter librement lors du refroidissement. Pour une raison semblable, il est recommandé de commencer à souder à partir du milieu du joint à réaliser et de terminer la seconde partie à partir du même point de départ.

Il faut que la zone à souder soit maintenue à une température élevée sur une assez grande surface ; le métal d'apport sera présenté rapidement pour qu'il y ait une bonne pénétration sans fusion profonde du métal de base. Pour éviter de surchauffer l'extrémité de la baguette, avec risque de formation locale d'une pellicule d'oxyde, les diamètres seront choisis largement ; on adoptera en pratique un diamètre supérieur de 0,8 mm à l'épaisseur des tôles à joindre, sans dépasser cependant 9 mm.

### 7.3 SOUDAGE DES CUPRO-ALUMINIUMS A L'ARC AVEC ÉLECTRODE DE CARBONE

Ce procédé de soudage est préconisé pour l'assemblage de pièces ou tôles dont les épaisseurs sont supérieures à 6 mm et pour les assemblages présentant des différences de sections importantes, par exemple soudage sur une tôle chaudronnée de 4 ou 5 mm d'une pièce coulée (bride) de 30 mm.

La source de chaleur est constituée par un arc qui jaillit entre la pièce à souder et une électrode de graphite. Cet arc est alimenté en courant continu avec le pôle — à l'électrode.

Génératrice à courant continu :

- Tension à vide 45 V ;
- Intensité 30 à 32 A.

Le métal d'apport se présente sous forme de baguettes tréfilées. Ces baguettes ne sont pas enrobées et leur nuance correspond aux différentes compositions de cupro-aluminium.

Il est indispensable que celles-ci soient très pures.

#### 7.3.1 Rechargement

Le soudeur dépose sur la pièce à recharger une couche de flux de quelques millimètres d'épaisseur.

L'arc est allumé entre la pièce et l'électrode en graphite. Le métal d'apport est déposé en le portant à fusion dans l'arc ainsi établi.

Le rechargement s'exécute en passes successives, comme en soudure normale à l'arc. Avant chaque passe, il est utile d'éliminer le flux employé pour la passe précédente et de répandre une couche de flux frais sur la partie à recharger.

Les intensités, diamètre du métal d'apport et des électrodes en graphite adoptés en fonction de l'épaisseur figurent dans le tableau ci-après.

Ces valeurs ont été déterminées par l'expérience. (Documents Forges et Fonderies d'alliages à Haute Résistance).

Épaisseur de la pièce en mm	Ø de la baguette d'apport en mm	Intensité moyenne utilisée A	Ø de l'électrode en graphite en mm
2 à 6	4 à 5	120	4 à 8
6 à 12	4 à 5	160	8 à 10
12 à 20	4 à 8	200	10 à 12
20 à 30	5 à 8	250 à 270	14 à 16
30	8 à 10	300 minim	14 à 16

### 7.4 SOUDAGE DES CUPRO-ALUMINIUMS A L'ARC AVEC ÉLECTRODE ENROBÉE

Jusqu'à l'épaisseur de 3 mm, on soudera sur bords droits avec un écartement de 1 à 2 mm. De 4 à 15 mm les bords seront chanfreinés à 90°. A partir de 20 mm on soude sur bords en X.

Les électrodes doivent être d'un type spécial dont l'enrobage contiendra des fluorures, borofluorures et silicofluorures afin de dissoudre l'alumine qui se forme à la surface du bain. Avant usage les électrodes seront séchées en étuve à 150 °C pour éviter la formation de porosités dans la zone de début du cordon.

Jusqu'à 6 mm d'épaisseur des tôles à souder, les électrodes seront d'un diamètre égal à cette épaisseur. Au-dessus, on se sert d'électrodes de 8 mm.

Les réglages à adopter sont les suivants :

Ø d'électrode (mm)	3,2	4	5	6,4
Courant (A) ..	100-120	130-150	170-190	235-255

Le soudeur travaille avec un arc plutôt court et dépose le métal rapidement en cordons étroits.

Ne jamais omettre de bien gratter et brosser les bords à souder avant l'opération, ni de préchauffer les pièces de grande dimension.

Le courant continu en polarité inverse est le plus employé. L'électrode formera un angle de 80° par rapport au cordon de soudure ; on lui imprime un léger mouvement semi-circulaire de bord à bord au fur et à mesure de l'avance, comme dans le cas de l'acier. On a reconnu qu'il était bon de combiner à ces mouvements un léger va et vient de haut en bas pour que les gouttes de métal fondu qui se forment à l'extrémité de l'électrode puissent être incorporées à la soudure avant de devenir trop importantes. Ceci réduit d'ailleurs la durée d'exposition à l'oxydation. Les cordons ne devront pas être plus larges qu'il n'est nécessaire pour éviter le risque de surchauffe locale. Le soudage doit être plus rapide qu'avec l'acier car les électrodes fondent plus rapidement. Un opérateur déjà exercé au soudage sur acier apprend très vite à travailler sur cupro-aluminium.

En cas d'interruption du soudage — changement d'électrode par exemple — il faut réamorcer l'arc, non à partir du cratère terminant le cordon, mais un peu avant, car le métal situé autour du cratère pouvant être insuffisamment chaud, on risque des porosités à la jonction des deux cordons. Si l'on s'aperçoit que le cordon est poreux, on ne doit pas souder par dessus : il faut buriner et recommencer toute l'opération.

Il est préférable de terminer, si possible, en une seule passe. Sinon, il faut soigneusement décalaminer et réchauffer après chaque passe. Sans ce réchauffage, la solidification d'une couche sur la précédente peut être si rapide qu'on observera des porosités dues aux inclusions de gaz ou de laitier.

### 7.5 SOUDAGE TIG DES CUPRO-ALUMINIUMS

#### 7.5.1 Choix du courant

Le procédé s'applique surtout aux faibles épaisseurs et aux réparations. Le courant alter-

natif est parfois préféré car il brise bien la couche d'alumine qui tend à se former à la surface du bain. Il est bon, en pareil cas, que la source de courant soit équipée d'une batterie de condensateurs pour filtrer la composante continue et d'un générateur de courant à haute tension, lequel est superposé au courant de soudage.

De bons résultats sont obtenus également en courant continu à polarité négative, à la condition de se servir d'un flux fluoré pour faciliter la fusion de l'alumine.

### 7.5.2 Choix du gaz

L'argon est préféré comme gaz de protection si l'on soude en courant alternatif. Au contraire, l'emploi de l'hélium est recommandé en courant continu. Le débit de gaz doit être assez élevé (20 l/mn) pour réduire le risque d'absorption de tungstène par le bain. Enfin, on surveillera les condensations d'humidité qui pourraient se produire dans la torche et provoqueraient des porosités dans la soudure.

### 7.5.3 Préparation des bords et du métal d'apport

Les bords à souder doivent être soigneusement nettoyés.

Enlever la pellicule d'oxyde recouvrant les tôles avant soudage. Abattre l'angle à l'envers des parties soudées bord à bord afin d'obtenir une pénétration régulière lorsque la soudure s'effectue en une seule passe (épaisseur inférieure à 6 mm).

Le métal d'apport doit être lui aussi parfaitement nettoyé.

### 7.5.4 Mode opératoire

L'arc est amorcé sur un morceau de cuivre. On soude généralement à gauche en évitant soigneusement tout contact entre la baguette et l'électrode de tungstène. Pour y parvenir, la baguette est animée d'un mouvement alterné d'avant en arrière et réciproquement. Lorsqu'elle est avancée pour entrer en contact avec le bain et y déposer une goutte de métal, la torche est soulevée légèrement puis abaissée lorsque la baguette est retirée.

### 7.5.5 Paramètres de soudage.

Soudage TIG sous argon bout à bout de Cu-Al avec électrode de tungstène thorié  $\varnothing$  3,2, courant alternatif et préchauffage à 150 °C.

Epaisseur (mm)	Diamètre de la baguette (mm)	Débit d'argon (l/mn)	Courant de soudage (A)
1,5	1,6	5 à 8	100-130
3	3,2	5 à 8	180-220
6	3,2	8 à 10	280-320
9	3,2 à 5	8 à 10	320-400
12	5	8 à 10	360-420

On utilise de préférence des électrodes en tungstène thorié pour réduire le risque de contamination du bain de soudure par le tungstène. Il est recommandé, en outre, de surveiller la condensation de l'humidité de l'air sur la torche qui est à l'origine des porosités du métal déposé.

## 7.6 SOUDAGE MIG DES CUPRO-ALUMINIUMS

Ce procédé est d'un emploi très étendu pour souder les cupro-aluminiums à partir de l'épaisseur de 6 mm et au-dessus. Son apprentissage est rapide et les soudures obtenues sont compactes à l'exception de celles pratiquées sur les alliages dont la teneur en Al est comprise entre 5 et 7 % pour lesquelles un risque de fissuration à chaud subsiste. En outre, le procédé se révèle très économique.

Comme gaz de protection on choisit presque toujours l'argon et plus rarement le mélange argon-hélium 75/25. Le débit moyen de gaz est de 20 l/mn ; pour les fortes épaisseurs, il peut s'élever à 30 l/mn.

Le courant de soudage est continu et la polarité positive. On soude à droite en maintenant le pistolet incliné de 75° environ. Le courant pulsé est intéressant surtout si l'on soude en position.

Le fil-électrode d'emploi le plus courant présente une teneur en Al de 9 à 9,5 % avec des additions de Mn, Fe et Ni. Le préchauffage, s'il est pratiqué, ne dépassera pas 150 °C et seulement pour les pièces massives.

Les paramètres sont les suivants pour le soudage sous argon avec fil de 1,6 mm :

Epaisseur (mm)	Vitesse de fil (m/mn)	Tension à l'arc (V)	Courants (A)	Débit d'argon (l/mn)
6	5	26-28	280-320	9 à 12
9	5,80	29-30	300-330	9 à 12
12	6	29-30	320-350	12 à 20
18	6	29-30	350	12 à 20
24	6	31-32	380	12 à 20
plus de 30	6,3	31-32	400	12 à 20

## 7.7 SOUDAGE PAR RÉSISTANCE DES CUPRO-ALUMINIUMS

Les cupro-aluminiums à phase unique peuvent être assemblés par tous les procédés de soudage par résistance. Les conductivités sont suffisamment basses pour que l'on puisse opérer avec les machines ordinaires. Le courant secondaire, toutefois, devra pouvoir atteindre une intensité supérieure de 25 % à celle adoptée pour l'acier doux.

La couche d'oxyde d'aluminium n'est pas gênante. MM. Cook et Davies ont obtenu des charges de rupture de 140 N/mm<sup>2</sup> avec des points de soudage de 6 mm de diamètre. On notera une application intéressante du soudage en bout des cupro-aluminiums complexes à la fabrication de chaînes non magnétiques.