

BRASAGE TENDRE DU CUIVRE ET DE SES ALLIAGES

2.1 GÉNÉRALITÉS

2.1.1 Conception de l'assemblage (voir 1.6)

En brasage tendre le joint travaille à la compression ou à l'arrachement. Un simple recouvrement suffit dans la plupart des cas, comme pour le brasage fort. Si l'on désire une résistance accrue, on effectuera un agrafage avant brasage (figure 10). La rigidité du pli renforce l'assemblage, mais il faut veiller à réserver un espace capillaire où le métal d'apport liquide pourra pénétrer.



Figure 10. — Joint agrafé et brasé tendre

Une brasure tendre n'a que peu de résistance en elle-même ; il faut donc éviter qu'elle soit sous tension. On veillera de même à la dilatation qui doit pouvoir se faire librement.

2.1.2 Métaux d'apport employés

Le Tableau I donne quelques compositions types de métaux d'apport tendres les plus employés.

Les joints exécutés avec les alliages étain-plomb et étain-plomb-antimoine ne peuvent être utilisés en service au-dessus de 140 °C.

TABLEAU I
ALLIAGES D'APPORT TENDRES

Etain %	Solidus °C	Liquidus °C	Secteur d'emploi
65	183	185	Etamage ; brasage à la vague.
60	183	188	Alliages tendres destinés à des pièces qui risqueraient d'être endommagées par des températures élevées ou qui exigent un alliage très coulant (électricité, radio, conserverie).
50*	185	204	
50	183	212	
45*	185	215	
45	183	224	
40*	185	227	Alliages pour emplois généraux et pour brasage à la machine, brasures capillaires.
40	183	234	
35	183	255	Brasage à la lampe à souder ; cordons de brasure sur pièces cylindriques faits sur machines à grande vitesse.
32*	185	243	
30*	185	248	
30	183	255	
20	183	276	Alliages pour la fabrication des lampes électriques ; brasage au trempé ; carrosserie.
18,5*	185	275	

* Alliages contenant de l'antimoine.

Il existe d'autres compositions, mais celles indiquées dans le tableau peuvent être considérées comme des compositions types. Un bon alliage doit « mouiller » le métal de base, couler rapidement et pénétrer très profondément dans les joints capillaires.

2.2 FLUX POUR BRASAGE TENDRE

Le choix d'un flux en brasage tendre n'est pas toujours facile.

On se fiera donc aux indications des fabricants. Un bon flux doit être un solvant actif. Il peut être corrosif, semi-corrosif ou non-corrosif.

Le flux au chlorure de zinc, un des plus courants, se prépare en dissolvant du chlorure de zinc du commerce dans de l'eau (300 g par litre). Ce flux est très efficace et agit rapidement : il risque cependant de provoquer des corrosions si on ne lave pas avec soin les résidus après brasage.

On doit pour cela laver avec de l'eau chaude à laquelle on ajoute une goutte d'acide chlorhydrique par litre ; on neutralise ensuite à l'eau chaude contenant un peu de soude. Le point de fusion du chlorure de zinc étant plus élevé que celui des métaux d'apport ordinaires, on abaisse ce point de fusion en ajoutant du chlorure d'ammonium avec un peu d'acide chlorhydrique.

Les flux modérément corrosifs se trouvent tout préparés dans le commerce. Ils sont composés d'acides organiques (lactique, citrique, etc.), de bromures ou hydrochlorures organiques et de composants organiques tels que urée, amines ou glycérine. On les emploie surtout pour braser au chalumeau.

Les flux les moins corrosifs sont ceux à la résine colophane ; on les emploie chaque fois qu'il est difficile d'enlever le flux résiduel après le brasage. La résine est un acide organique qui n'est actif qu'à l'état fondu ou dissous. Son meilleur dissolvant est l'alcool méthylique. On l'utilise pour constituer l'âme décapante des métaux d'apport en fil. On ajoute le plus souvent un agent activant. Cet agent doit être intégralement soluble dans la résine ; il ne doit pas rendre le flux résiduel corrosif ou hygroscopique. Le pouvoir diélectrique ne doit pas non plus en souffrir. L'Institut de Recherche de l'étain indique les compositions de flux résumées dans le Tableau II (ci-après).

La colophane fond à 127 °C et se volatilise vers 285 °C, ce qui correspond bien à l'intervalle de fusion des alliages Pb-Sn.

2.2.1 Préparation des joints

Il est indispensable de bien nettoyer les surfaces à joindre sans les abîmer et sans laisser de particules étrangères (cas du meulage et du sablage). Si l'on procède à un usinage, on se servira d'eau de savon, les autres lubrifiants retardant, ou s'opposant à l'action des flux. Les pièces grasses seront dégraissées chimiquement. On pourra procéder à un décapage à l'acide pour décalaminer, suivi d'un rinçage à l'eau et d'un séchage de la zone à braser.

2.3 MÉTHODES DE BRASAGE TENDRE

2.3.1 Brasage au fer

Le « fer » à braser est le plus souvent en cuivre, métal qui emmagasine beaucoup de calories et qui est bon conducteur. Le fer à braser peut être chauffé électriquement, au gaz ou par tout autre moyen. Le fer est tout d'abord nettoyé et porté à une température légèrement supérieure au point de fusion du métal d'apport. On le trempe dans le flux, on le frotte sur un morceau de chlorure d'ammonium et on « l'étame » avec du métal d'apport. L'alliage tendre peut être appliqué dès que le métal de base a atteint localement une température supérieure de 50 °C au point de fusion (liquidus) de l'apport. Dans certains cas il faut dépasser 50 °C lorsque les surfaces à braser sont importantes et lorsque le matériau est bon conducteur, comme le cuivre. Cela dépend de la quantité de chaleur emmagasinée, qui doit être suffisante pour compenser la chaleur latente de fusion du métal d'apport. Les alliages pauvres en étain exigent une température plus élevée que les alliages riches.

Pour éviter des pertes excessives de chaleur, la pièce ne doit pas être maintenue dans un étai ou par des mors métalliques. L'amiante, la brique ou même le bois peuvent servir d'isolant entre les pièces et le dispositif de maintien.

Un bridage est nécessaire pour assurer la rigidité de l'ensemble et une bonne mise en place pendant le brasage et au cours du refroidissement. Une brasure tendre doit pouvoir

se refroidir rapidement. Si on la laisse trop longtemps à température élevée, on risque la formation de composés fragiles.

Par contre, le refroidissement trop rapide doit être évité avec les brasures au plomb à 9—16 % d'étain. Ces alliages sont, dans ce cas, sujets à ruptures.

2.3.2 Brasage tendre au trempé

Ce procédé simple et rapide est semblable au brasage dur au trempé. Cette méthode est très employée notamment pour la fabrication de radiateurs ou de refroidisseurs d'huile pour les avions, d'accessoires électriques et pour braser l'armature aux connexions des commutateurs dans les petits moteurs.

La capillarité joue pour des jeux de l'ordre de 0,05 à 0,4 mm. Plus le jeu est faible, plus on économise de métal d'apport et moins le poids est élevé. En-dessous de 0,05 mm, il faut un alliage à haute teneur d'étain pour assurer la pénétration. Les surfaces à joindre seront pré-étamées pour plus de sûreté. Pour cela, on peut procéder à l'étamage au trempé ou électrolytique.

La température du bain étant de 50 °C supérieure au liquidus de l'apport, une immersion de 20 secondes suffit dans la plupart des cas.

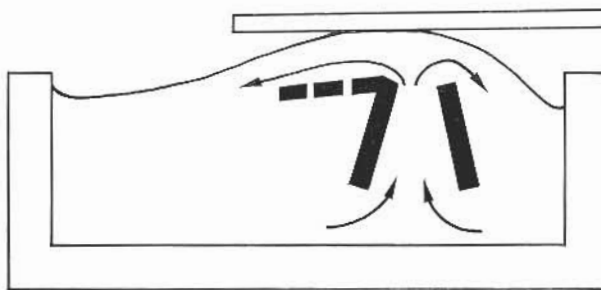


Figure 11. — Brasage tendre à la vague

Une variante de ce procédé est le brasage à la vague (figure 11) dans lequel un pompage approprié provoque la formation d'une vague stationnaire de métal d'apport liquide dont la crête dépasse les bords de la cuve. On soude ainsi en une seule passe toutes les connexions situées à l'envers d'un circuit imprimé en leur faisant tangenter le sommet de la vague.

TABLEAU II

Résine	Aniline	Chlorhydrate d'aniline	Acide lactique	Mannitol	Alcool méthyl.	Acide oléique
%	%	%	%	%	%	%
20	—	1	—	—	79	—
97,5	—	2,5	—	—	—	—
		(se servir de glycérine pour faire une pâte)				
44	9	—	36	11	—	—
20	—	—	5	—	75	—
20	—	—	—	—	75	5

2.3.3 Modes de chauffage divers : Chalumeau, fours électriques, à gaz, à induction. Résistance électrique et méthodes diverses

Tous ces procédés sont les mêmes qu'en brasage fort. On se reportera donc à ce qui est dit à ce propos aux chapitres 1 et 3. Une des principales applications du chalumeau à la brasure tendre consiste dans l'exécution de joints capillaires sur raccords à braser pour tubes en cuivre. Le raccord et l'extrémité du tube sont nettoyés et revêtus de flux avant assemblage. La source de chaleur peut consister en une lampe à souder ou un chalumeau au propane. Le métal d'apport est introduit au bord de la collerette du raccord, fond au contact de l'ensemble tube-raccord et est aspiré par capillarité. Dans un tel cas, l'étamage préalable est absolument inutile.

Le brasage tendre par induction est usité dans l'industrie électrique pour la fabrication en série de petites pièces. L'atmosphère protectrice est inutile puisqu'il n'y a pratiquement pas d'oxydation aux faibles températures atteintes.

Le chauffage par résistance avec une électrode de carbone est employé en construction électrique.

Le brasage par « ressuage » s'entend du procédé qui consiste à disposer à l'avance le métal d'apport entre les pièces : celles-ci sont ensuite serrées, puis chauffées.

2.3.4 Brasage tendre à l'aide de pâte auto-décapante

De nombreux travaux de soudage et d'étamage peuvent se faire avantageusement à l'aide de pâtes composées d'alliage d'étain en poudre ou en suspension dans une pâte décapante.

Ces pâtes, miscibles à l'eau en toutes proportions, sont appliquées au pinceau ou au pistolet sur les pièces à braser (figure 12).

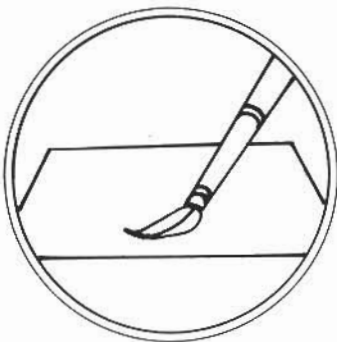
Le chauffage se fait au four ou au chalumeau — le procédé convient bien aux travaux de série.

2.4 RÉSISTANCE MÉCANIQUE DES ASSEMBLAGES BRASÉS TENDRES

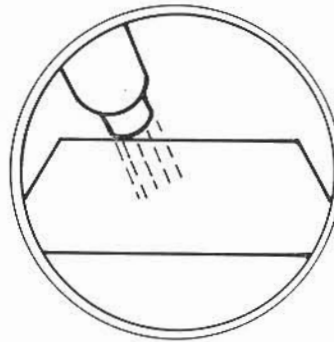
La résistance d'un joint brasé tendre dépend d'un certain nombre de facteurs, dont certains ont déjà été pris en considération au cours de cette étude (conception de l'assemblage, température de brasage, durée de l'opération).

Ce serait une erreur de croire que la résistance d'un joint brasé est celle du métal d'apport à structure fondue. En effet, par suite d'interdiffusion de l'alliage et du métal de base, il se forme des phases intermédiaires qui modifient complètement la structure du joint.

La charge de rupture de joints à simple recouvrement exécutés sur cuivre ordinaire re-



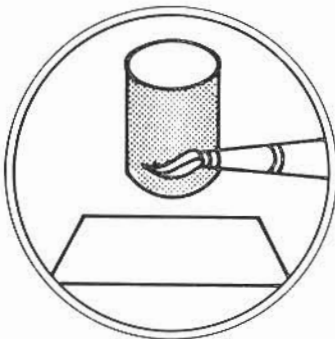
Etamage d'une surface plane, au pinceau, à l'aide de pâte à braser.



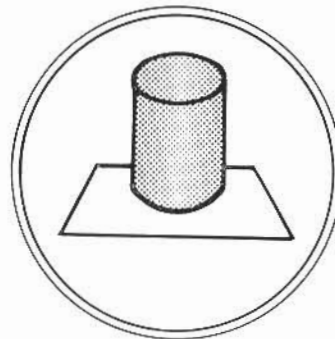
Chauffage de la plaque.



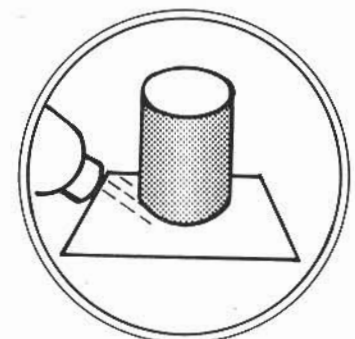
Essuyage de la surface après étamage.



Application au pinceau de pâte à braser



Mise en place des pièces à assembler



Chauffage de l'assemblage.

Figure 12

cuit, d'une épaisseur de 0,9 mm varie entre 25 et 25 N/mm² suivant le type de métal d'apport utilisé. La charge de rupture croît rapidement avec la teneur en étain des alliages étain-plomb, avec un maximum pour 50 % d'étain environ. La résistance n'est que peu affectée par l'antimoine et l'argent.

La courbe obtenue en comparant l'effort nécessaire à l'arrachement et la teneur en étain, fait apparaître une résistance à l'arrachement maximale pour 50 % d'étain.

Des essais sur laiton brasé par recouvrement ont donné des charges de rupture variant entre 40 et 45 N/mm² suivant l'alliage employé.

On a trouvé les valeurs suivantes pour la résistance au fluage* de joints brasés tendres sur du cuivre. Avec un alliage étain-plomb à 44 % Sn et 2 % Sb : 2,7 N/mm². Sur laiton, la résistance au fluage atteindrait 3,3 N/mm². Une addition de 0,1 % (maximum) de cuivre dans les alliages améliorerait la résistance au fluage.

2.5 BRASAGE TENDRE DU CUIVRE

Le cuivre se brase mieux que tout autre métal. Nous avons déjà donné des renseignements relatifs au brasage tendre du cuivre ainsi que des chiffres de résistance mécanique des joints. L'opération est simple et n'exige qu'un peu de soin. Les flux, s'ils sont corrosifs, doivent être éliminés après coup.

Pour braser les fils de cuivre très fins pour instruments de mesure, le flux décapant doit être composé de résine pure en solution dans de l'alcool.

2.6 BRASAGE TENDRE DES ALLIAGES DE CUIVRE

Les cuivres faiblement alliés, les cuprochromes, les bronzes et les cupro-nickels se brasent aussi bien que le cuivre.

2.6.1 Brasage tendre des laitons

La diffusion, au cours du brasage, du cuivre et surtout du zinc dans l'étain provoque la formation d'un composé intermétallique fragile et la présence d'antimoine accélère le phénomène. Les résidus de décapages chimiques favorisent également cette formation de sorte qu'il est préférable d'effectuer un décapage mécanique.

Le flux sera, généralement, la colophane activée ou un flux modérément corrosif. L'acide orthophosphorique en solution, bien que corrosif, est employé également.

Suivant le métal d'apport employé, la résistance au cisaillement des brasures peut atteindre 40 à 50 N/mm².

* La résistance au fluage peut être définie dans le cas présent comme l'effort maximum qui, appliqué pendant longtemps à température ambiante, ne provoque pas de déformation appréciable.

Les laitons riches en zinc, très écrouis, peuvent criquer lors du brasage tendre, sous l'influence de l'apport liquide, si l'on n'a pas pris la précaution d'effectuer un recuit de détente à 250-270 °C pendant une demi-heure à une heure.

Il ne faut pas notamment que les pièces en laiton, riches en zinc, soient sous contrainte tant que la brasure est en fusion.

Si on recherche une bonne résistance au choc, il ne faut pas dépasser 0,5 % d'antimoine, car ce constituant peut se combiner au zinc en formant un composé assez fragile.

Pour le laiton à l'aluminium 76/22/2, il faut un flux très actif, contenant de préférence de l'alcool méthylique, du chlorure de zinc, du chlorure d'ammonium avec de l'acide chlorhydrique libre afin de s'opposer à la formation d'alumine.

Les flux de ce type conviennent également pour braser les laitons à haute résistance contenant de l'aluminium.

2.6.2 Brasage tendre des cupro-aluminiums et cupro-siliciums

Les cupro-aluminiums et cupro-siliciums nécessitent un flux du type suivant :

- acide orthophosphorique de poids spécifique au moins égal à 1,75.
- solution aqueuse d'acide chlorhydrique et de chlorure de zinc à 25 %.

Ces flux s'opposent à la formation des oxydes d'aluminium et de silicium.

Certains auteurs ont aussi recommandé pour les cupro-aluminiums des flux corrosifs contenant notamment des fluorures. Les flux à base de résine sont sans action. Plus la teneur en aluminium est élevée et plus le brasage est difficile. Les cupro-aluminiums sont parfois brasés plus facilement après revêtement galvanique de cuivre.

Il y a lieu d'appeler l'attention des utilisateurs sur les précautions à prendre en brasage tendre ou en étamage de cupro-aluminium sous tension, principalement dans le cas d'alliages biphasés.

En effet, il y a risque de rupture, mais seulement à chaud, au cours de l'étamage.

Il s'agit d'un phénomène de corrosion sous tension, qui est dû à l'étain et non pas au flux.

Les cupro-siliciums doivent, avant brasage, être décapés dans une solution à 5 % de bichromate de sodium dans de l'acide sulfurique à 10 %. Les métaux d'apport qui donnent les meilleurs résultats contiennent 63 % d'étain pour 37 % de plomb ou 60 % Pb et 40 % Sn. Le brasage doit être exécuté aussitôt après le lavage qui suit le décapage.

Le temps pendant lequel les pièces restent en contact avec le métal d'apport doit être aussi court que possible pour éviter la formation de composés riches en silice, qui diminueraient la résistance.

2.6.3 Brasage tendre des cupro-bérylliums

Pour le cupro-béryllium, on utilise les flux suivants :

a) Résine 23 %, bromure de cétylpyridine 6 %, alcool ordinaire reste.

b) Acide lactique 20 %, agent mouillant 0,2 %, eau reste.

c) Acide glutamique 2 g auquel on ajoute 40 g de résine après fusion. On agite lentement tout en chauffant légèrement jusqu'à dis-

parition des fumées. Après refroidissement, on ajoute de l'alcool éthylique chaud. On réchauffe la solution jusqu'à dissolution complète des éléments solides. On complète enfin à 100 g avec de l'alcool.

Les résidus des flux b et c sont suffisamment corrosifs pour nécessiter un nettoyage soigné.

Rappelons que le cupro-béryllium ne doit être brasé qu'après le dernier traitement thermique.



EMBOITURE DE TUYAU DE DESCENTE EN CUIVRE BRASÉE TENDRE A L'ÉTAIN