

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 51 (1973)

**Heft:** 6

**Artikel:** Application du sondage au micro-plasma à la construction des tubes électroniques

**Autor:** Savoy, Jean-François

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-875298>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Application du soudage au micro-plasma à la construction des tubes électroniques

Communiqué par la SA, Brown, Boveri et Cie, Baden

621.791.755: 621.385-032

## Anwendung des Mikroplasma-Schweißverfahrens in der Elektronenröhrentechnik

**Zusammenfassung.** Für die Verbindung von Metallinnenteilen in Elektronenröhren kommen neben den mechanischen Verbindungsarten durch Schrauben, Nieten oder Bördeln vorwiegend Löt- und Schweißverfahren sowie die Schweißlötung zur Anwendung. Neben den im Röhrenbau hauptsächlich verwendeten Hochtemperaturwerkstoffen, wie Wolfram, Molybdän und Tantal, gelangen auch Eisen, Nickel und deren Legierungen zum Einsatz. Zur Verschweißung dieser Materialien bedarf es besonderer Verfahren, wie beispielsweise der Elektronenstrahlschweißung oder des Mikroplasmaverfahrens, das hier beschrieben wird.

**Resumé.** Outre les méthodes mécaniques, telles que l'assemblage par vis, le rivetage, le sertissage, utilisées pour réunir les pièces métalliques montées à l'intérieur des tubes électroniques, on recourt de préférence au brasage, au soudage ou encore au soudobrasage. La plupart de ces pièces sont en métaux réfractaires comme le tungstène, la molybdène et le tantale, mais on utilise aussi le fer, le nickel et leurs alliages. Il est cependant nécessaire, pour le soudage de ces matières, d'appliquer des procédés spéciaux comme le soudage par faisceau d'électrons ou le procédé de soudage au microplasma, décrit dans cet article.

## Applicazione della saldatura al micro-plasma nella tecnica della costruzione di tubi elettronici

**Riassunto.** Per collegare fra di loro parti metalliche all'interno di tubi elettronici entrano in linea di conto, oltre alle giunzioni meccaniche mediante viti, ribadimenti o bordature, prevalentemente i processi di saldatura ordinaria o autogena. Oltre ai materiali refrattari, come il tungsteno, il molibdeno e il tantalio, si utilizzano anche ferro, nichelio e le loro leghe. Per saldare questi tipi di materiali, si devono applicare tecniche particolari, per esempio la saldatura al raggio elettronico o al microplasma, descritta appunto in quest'articolo.

### 1. Le principe du soudage au micro-plasma

Le soudage à l'arc au micro-plasma se distingue du soudage à l'arc classique par le fait qu'il met en œuvre un arc stable et mince dans lequel la densité de puissance est élevée. Rappelons que ce sont *Gerdien* et *Lotz* qui, les premiers, ont réussi en 1922 à effiler un arc électrique par une action de resserrement mécanique avec refroidissement et à augmenter notablement la densité de courant dans l'arc et sa température. Cette dernière, qui était auparavant d'environ 6000 °K, a pu être ainsi portée à 50 000 °K. Mais il s'est passé plusieurs décennies jusqu'à ce qu'on soit arrivé à une application industrielle de ce phénomène [1, 2].

Ce n'est en effet qu'en 1964 que la *Société des Ateliers de Sécheron* a lancé sur le marché les premières installations de soudage à l'arc micro-plasma. Ces installations fonctionnent selon le principe de la combinaison d'un arc principal direct et d'un arc auxiliaire indirect allumé entre l'électrode principale intérieure et l'électrode auxiliaire extérieure d'un chalumeau à plasma dont la coupe est représentée sur la *figure 1*. La tâche de l'arc auxiliaire dans lequel l'intensité du courant est relativement faible consiste à ioniser le gaz passant dans le canal central de la tuyère 1 et dirigé vers la pièce à souder. Il contribue ainsi à faciliter l'amorçage de l'arc principal reliant l'électrode principale à la pièce.

La stabilité et le resserrement de cet arc principal sont dus au refroidissement provoqué par la tuyère 1 et par le gaz protecteur du bain de fusion. Le refroidissement par la tuyère dépend de la construction du chalumeau. Quant à l'effet du gaz protecteur, il est accentué par la présence d'hydrogène. La grande énergie de dissociation de l'hydrogène moléculaire ainsi que la conductivité thermique élevée

dont il est doué dans le domaine où se fait la dissociation (2000 à 5000 °K) exercent un fort effet réfrigérant sur la surface de l'arc.

Le débit d'argon pur, en fonction de gaz porteur, sortant de la tuyère 1 et dans laquelle l'arc principal brûle n'est pas assez grand pour assurer une protection suffisante du bain de fusion contre les influences de l'air. C'est pourquoi il est nécessaire d'entourer l'arc d'une gaine formée par un gaz protecteur sortant de la tuyère 2. Ce gaz est également de l'argon auquel on a ajouté quelques centièmes en volume d'hydrogène. L'effet de refroidissement purement

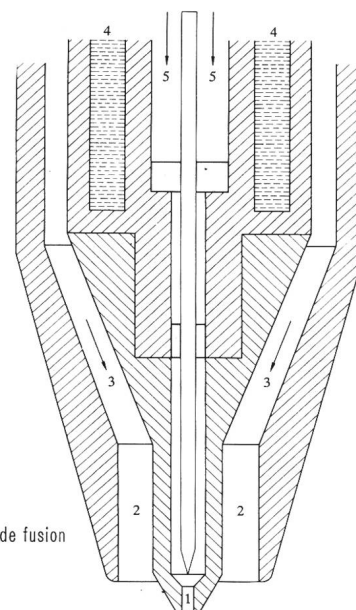


Fig. 1  
Coupe d'un chalumeau à micro-plasma

- 1 tuyère du plasma
- 2 tuyère du gaz de protection du bain de fusion
- 3 gaz de protection du bain de fusion
- 4 eau de refroidissement
- 5 gaz devant être ionisé

physique de cette gaine résulte également de la grande énergie de dissociation de l'hydrogène qui est égale à 103 cal/Mol et de sa haute conductivité thermique.

Comme la dissociation thermique est un phénomène réversible, la majeure partie de l'énergie absorbée par cette opération peut être récupérée par la recombinaison des molécules sur la pièce froide et transmise au bain de fusion. De plus, l'influence réductrice de l'hydrogène a pour effet de renforcer la protection du bain de fusion et d'en diminuer la tension superficielle.

C'est ainsi que le soudage au micro-plasma permet d'obtenir des résultats remarquables dans les opérations de soudage entrant dans la fabrication des tubes électroniques.

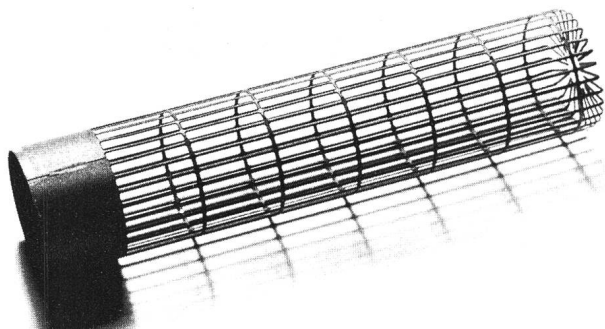


Fig. 2  
Grille de tube d'émission en molybdène assemblée par soudage au micro-plasma

## 2. L'application du soudage au micro-plasma

Lorsque les procédés de soudage usuels comme le soudage par points, le soudage à la molette ou le soudage à l'arc normal se révèlent insuffisants, on peut recourir avec succès, mais aussi moyennant une dépense assez élevée, au soudage par faisceau d'électrons. Cependant, dans de nombreux cas, le soudage au micro-plasma est plus simple, beaucoup moins coûteux et donne souvent des résultats équivalents.

Nous allons décrire quelques exemples d'application de ce procédé de soudage à la fabrication des tubes électroniques.

### 2.1 Soudage de tôles minces

Après avoir reçu la forme d'un cylindre, les grilles en molybdène de tubes d'émission, fabriquées au moyen d'étampes ou par attaque chimique, peuvent être soudées bord à bord par soudage au micro-plasma. La figure 2 montre une telle grille pour laquelle les nervures et la partie cylindrique ont été soudées de cette manière. Une fois

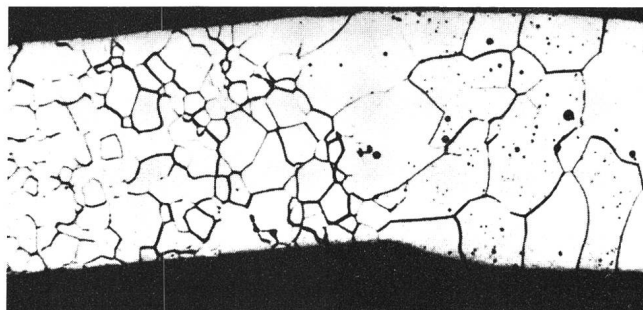


Fig. 3  
Micrographie d'une soudure de la grille de la figure 2

passées au jet de sable, ces pièces ne montrent que d'infimes traces de soudures. La micrographie transversale de la figure 3 permet bien d'apercevoir dans le joint une zone de recristallisation caractérisée par un grossissement des grains, mais l'étendue de cette zone est relativement faible. On peut voir assez nettement la soudure à l'emplacement de la surépaisseur, sur la droite de cette photographie agrandie cent fois.

La figure 4 représente un cylindre en tôle de nickel de 0,15 mm d'épaisseur pour lequel on a appliqué le même procédé de soudage. Celui-ci est utilisé aussi pour l'assemblage de pièces d'épaisseurs très différentes. Il permet dans ce cas de souder en une fraction de seconde des barreaux de plusieurs millimètres d'épaisseur sur des tôles de 0,1 mm seulement.

La figure 5 montre un dispositif semi-automatique qui, grâce à la grande densité de courant et à la haute température de l'arc présente d'importants avantages pour le soudage au micro-plasma de pièces ayant des épaisseurs très différentes. L'opération de soudage elle-même se déroule tout à fait automatiquement.

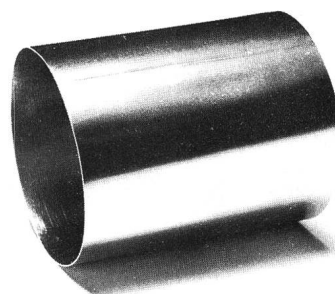


Fig. 4  
Soudure d'un cylindre en tôle de nickel de 0,15 mm d'épaisseur exécutée par soudage au micro-plasma

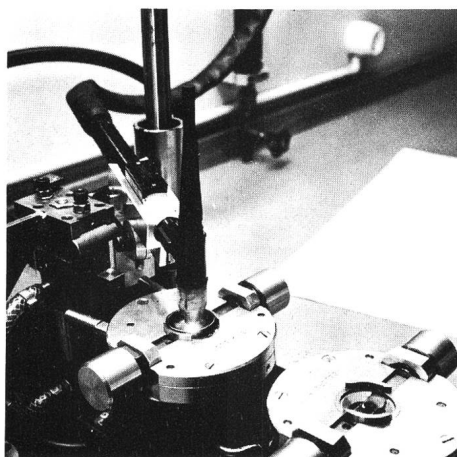


Fig. 5

Dispositif semi-automatique de soudage au micro-plasma destiné au soudage de tôles minces d'anodes et de barreaux épais servant de supports

## 2.2 Le soudobrasage

Comme la recristallisation rend le tungstène extrêmement cassant, le soudage de ce métal pose souvent des problèmes difficiles. Ceux-ci peuvent être résolus par l'emploi du soudobrasage. Il est possible, en prenant du platine comme métal d'apport, d'appliquer le soudage au micro-plasma pour fixer par soudobrasage les fils de tungstène constituant la cathode d'un tube d'émission sur un support en molybdène. La *figure 6* montre une soudobrasure de cathode dans un tube électronique.

Les figures suivantes permettent de se rendre compte de la qualité de soudobrasures obtenues par ce procédé. La *figure 7* montre une micrographie longitudinale à travers le fils de tungstène, le métal d'apport et le support en molybdène. On peut y voir nettement, tout à fait gauche, la feuille

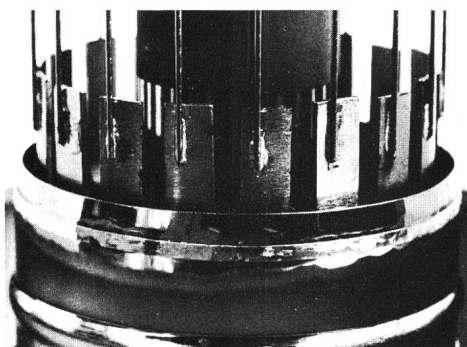


Fig. 6

Fixation de la cathode d'un tube d'émission par soudobrasage

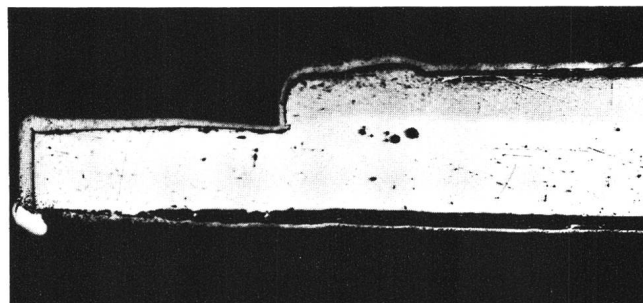


Fig. 7

Micrographie longitudinale d'une soudobrasure de tungstène et de molybdène avec apport de platine

de platine qui, dans cette région, n'est pas encore fondue. La *figure 8* montre la partie de la zone soudobrasée entourée d'un cadre sur la *figure 7*.

La *figure 9* est une vue microsonde électronique agrandie 100 fois. L'image électronique montre une zone dans laquelle le molybdène, le platine et le tungstène sont encore complètement séparés.

L'image rayons X (*fig. 10*) montre combien le tungstène et le molybdène se sont diffusés profondément dans le platine pour constituer un lien très solide et dont on peut attendre une très grande durée. La *figure 11* illustre qu'il n'apparaît aucune diffusion de platine dans le tungstène et le molybdène.

Nous n'avons pu parler, dans le cadre de cet article, que d'un petit nombre d'exemples choisis parmi les multiples possibilités d'application du soudage au micro-plasma à la construction des tubes électroniques. Ces exemples représentent autant de problèmes qui sans cette technique relativement nouvelle n'auraient pu être résolus de manière

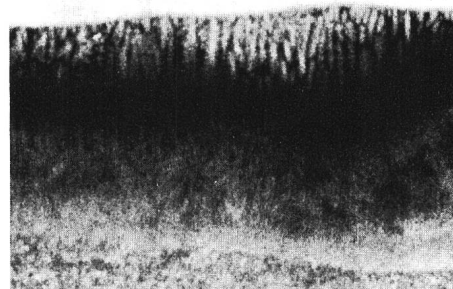


Fig. 8

Vue microsonde électronique: Image électronique de la zone encadrée de la *figure 7*

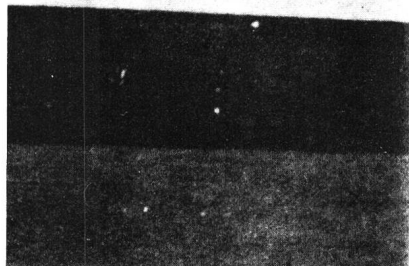


Fig. 9

Vue microsonde électronique: Image électronique d'une zone non brasée de la figure 7

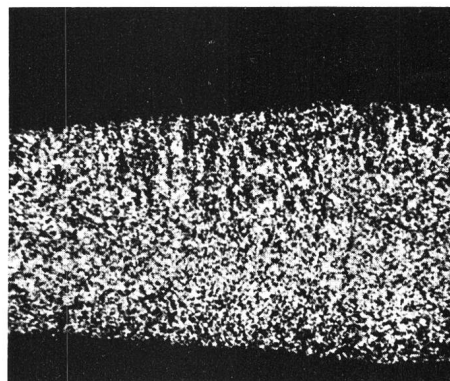


Fig. 11

Vue microsonde électronique: Image rayons X de platine

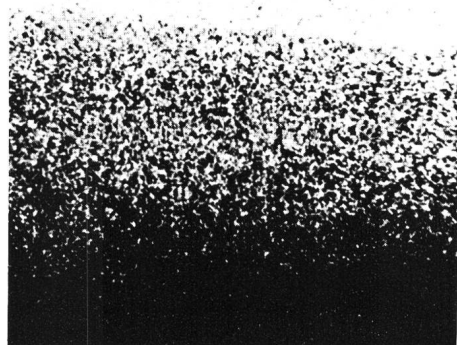


Fig. 10

Vue microsonde électronique: Image rayons X de tungstène

aussi satisfaisante. La haute fiabilité et la longue durée de vie des tubes d'émission *Brown Boveri*, essayés sous les conditions les plus sévères, sont là pour attester de la valeur de cette technique d'assemblage.

#### Bibliographie

- [1] *Wagenleitner A. H.* Procédés de soudage à l'arc plasma. Bull. Sécheron n° 35, décembre 1967, p. 14...25.
- [2] *Wagenleitner A. H., Liebisch H.* Mikroplasma-schweissen, ein neues Verfahren für das Verbinden kleinster Querschnitte. Schweiz. Arch. angew. Wiss. u. Tech. 1968 34 (4), p. 101...108.

---

**Die nächste Nummer bringt unter anderem  
Vous pourrez lire dans le prochain numéro**

P. Breu und K. Scherrer

Die künftige schweizerische Bodenstation

La future station terrienne suisse pour satellites