

8. MISE EN FORME DES ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES

Les pièces pour tubes électroniques sont mises en forme par des méthodes classiques et d'autres qui le sont moins, dont quelques-unes sont détaillées ci-dessous. Les premières (découpe, emboutissage, cambrage, repoussage, tournage, fraisage, fluotournage, etc.) peuvent être appliquées avec les précautions habituelles pour ne pas détériorer l'état mécanique des pièces obtenues, mais à condition en outre de ne pas modifier, même localement, l'état chimique. Les outillages ne doivent pas laisser de traces métalliques par friction ou inclusion, et les lubrifiants, lorsqu'ils sont absolument nécessaires, seront sélectionnés parmi les produits capables d'être éliminés totalement sans laisser de résidu.

8.1. Hobbing.

Cette méthode, appliquée à peu près uniquement au cuivre du fait de sa grande plasticité, tient du matricage et du filage à froid.

Le bloc à usiner est maintenu dans une matrice. Un poinçon, en acier traité pour avoir un état de surface lisse et dur (210 à 220 Brinell) (acier référence AFNOR 50 NCD 13 par exemple), ayant en creux la forme que la pièce à usiner devra avoir en relief, s'enfonce dans cette dernière. Le métal de la pièce *hobbée* maintenu dans la matrice se déplace sous la pression des *pleins* du poinçon pour fluier dans les *vides*; des déplacements de plusieurs centimètres sont courants. La pression à exercer dépend de la forme des pièces à réaliser, mais une valeur moyenne est de l'ordre de 8 tonnes par cm^2 ; la vitesse de pénétration est lente (1,5 mm/s).

Le métal ayant subi l'opération de hobbing devient très dur.

Ainsi, du cuivre peut atteindre une dureté de 130 à 160 Brinell (contre 27 à 30 à l'état recuit).

La méthode permet de réaliser par exemple des anodes de magnétons (fig. 31), des éléments de lignes à retard, etc., avec des cotes extrêmement précises, de l'ordre de quelques microns et pour un prix de revient très inférieur à celui qui serait obtenu par les méthodes classiques.

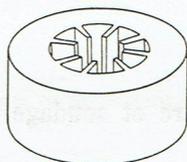


Fig. 31. — Anode de magnétron *hobbée*.

8.2. Procédés de mise en forme photochimiques et électrochimiques.

8.20. Ces deux procédés permettent la réalisation de pièces très petites ou très fines : chiffres pour tubes d'affichage, éléments de circuits internes de tubes, grilles, lignes à retard, grilles à mailles fines, etc.

8.21. Découpe photochimique. — Cette méthode est applicable à beaucoup de métaux à condition qu'ils se présentent sous forme de bandes d'épaisseur faible (0,5 mm étant un maximum, en principe).

La bande à découper est tout d'abord enduite généralement sur ses deux faces d'un vernis photosensible que l'on sèche, cette opération étant effectuée en lumière inactinique (jauné par exemple).

La bande est ensuite exposée à un faisceau lumineux, actinique cette fois, qui insole uniquement les parties du métal à conserver, les autres étant soigneusement masquées.

Dans le cas d'un vernis photosensible négatif, le vernis des parties exposées à la lumière devient insoluble dans le solvant initial du vernis. Il devient donc possible de retirer par dissolution le vernis non insolé, laissant à nu les parties de métal à éliminer, qu'une attaque chimique rongera et fera disparaître. Les parties de métal protégées par le vernis ne seront pas attaquées et resteront intactes. Avec un vernis photosensible positif, l'inverse se produit, les parties insolées devenant solubles, mais le principe reste le même. A noter un avantage du vernis positif pour la réalisation de pièces très étroites : une poussière tombée dans la zone insolée ne crée pas de discontinuité, ce qui se produit avec le vernis négatif.

L'intérêt du procédé est de permettre la découpe de pièces planes, de contour fort compliqué, pour un *prix* relativement faible : on économise l'achat de l'outil de découpe classique, devenu inutile.

La *précision* de découpe chimique est d'autant meilleure que l'épaisseur du métal est plus faible. Le tableau XXXII donne les tolérances qu'il est possible d'obtenir pour quelques métaux usuels d'épaisseur 0,2 à 0,3 mm, l'agent chimique de découpe utilisé étant le perchlorure de fer.

| Métaux et alliages | Tolérance garantie mm |
|--|-----------------------|
| Alliages à base de cuivre | $\pm 0,025$ |
| Aciers de bonne qualité | $\pm 0,025$ |
| Aciers inoxydables genre 18/8 | $\pm 0,025$ |
| genre 18/12 | $\pm 0,075$ |
| Aciers de qualité moyenne (aciers au silicium) | $\pm 0,05$ |
| Aluminium | $\pm 0,05$ |

8.22. Electroformage. — Ce procédé est basé sur la possibilité d'épaissir un support conducteur utilisé comme électrode d'un bain électrolytique choisi (bain de cuivrage, de nickelage, de platinage, de rhodiage, etc.) et permet d'obtenir des pièces d'épaisseur faible (quelques dixièmes de mm).

Il existe plusieurs réalisations du procédé :

— l'une d'elles consiste à mettre en forme de la cire conductrice sur laquelle pourra se déposer une couche du métal choisi (cuivre, nickel, platine, rhodium, etc.) ; l'épaisseur du dépôt suit, bien sûr, les lois de l'électrolyse ; le support en cire peut ensuite être éliminé par fusion ou dissolution, le dépôt récupéré formant la pièce désirée ;

— une autre réalisation utilise une couche conductrice continue extrêmement mince (épaisseur de l'ordre du micron) déposée sur un support isolant (plaque de verre), par exemple par évaporation sous vide.

Certaines parties de la couche peuvent être éliminées par un processus très semblable à la découpe photochimique décrite § 8,21 pour obtenir le squelette de la forme désirée. Lors de l'épaississement électrolytique, la couche initiale, qui prend peu à peu de la solidité, se détache du support isolant et constitue la pièce souhaitée. Un autre moyen d'éliminer les parties inutiles de la couche conductrice (utilisé pour la fabrication de grilles) consiste à graver le support isolant aux dimensions du squelette désiré ; après évaporation de la couche conductrice sur le support gravé, il suffit d'essuyer ce dernier pour retirer le dépôt conducteur qui ne subsistera que dans le fond de la gravure.

Les *tolérances* dimensionnelles des pièces électroformées sont variables suivant les formes et les épaisseurs désirées, mais peuvent être aussi faibles que quelques microns.

8,3. Usinage par électro-érosion (étincelage).

Ce procédé, encore appelé étincelage, utilise la propriété des étincelles électriques de détruire peu à peu les électrodes entre lesquelles elles jaillissent. Il ne peut donc s'appliquer qu'à l'usinage de pièces conductrices.

L'*outillage* comprend un générateur d'étincelles, une électrode d'usinage, reproduisant en négatif la forme à obtenir, un support pour cette électrode et une cuve remplie d'un liquide diélectrique. Dans ce dernier est immergée la pièce à usiner dont l'électrode d'usinage est approchée jusqu'à atteindre la distance disruptive. A ce moment l'*étincelage* s'amorce; le support de l'électrode, mû par un servomécanisme, maintient constante la distance disruptive à mesure que l'usinage s'avance; cette distance est de l'ordre de 0,01 à 0,5 mm.

La *nature de l'électrode* dépend de la nature du métal à usiner; le graphite, le tantale, le tungstène et l'alliage cuivre-tungstène sont souvent employés.

La *vitesse d'enfoncement* peut atteindre 1 à 1,5 mm/mn et le *volume de matière usinée* peut varier de 2 mm³ à plus de 400 mm³ par minute. La *rugosité* de la surface usinée peut être aussi faible que 1 micron.

Cette méthode d'usinage présente de nombreux avantages parmi lesquels :

— possibilité d'usiner des pièces fragiles puisqu'aucun contact n'existe avec l'outil d'usinage; les efforts exercés sont, de ce fait, réduits;

— obtention de pièces irréalisables par les méthodes classiques; facilité d'exécuter des angles vifs et d'éviter les bavures;

— dans certains cas, le *prix de revient* de l'usinage, en dépit de la vitesse relativement lente de ce dernier, est plus faible qu'avec les méthodes conventionnelles.

Parmi les pièces pour tubes électroniques, réalisées par électro-érosion, figurent les éléments de guides d'ondes ou de sorties haute-fréquence pour les tubes hyperfréquence, ainsi que les grilles taillées à fils alignés pour les tubes tétrodes à faisceaux dirigés (§ 1,341).

9. MÉTHODES D'ASSEMBLAGE DES PIÈCES MÉTALLIQUES

En plus des méthodes habituelles de fixation qui sont utilisées sans précaution spéciale dans la construction des tubes électroniques (pattes repliées, chantournage, agrafage, sertissage, etc.), trois procédés, eux aussi connus, méritent cependant une attention spéciale, car ils doivent être appliqués avec beaucoup de soins.

9,1. Brasage.

Bien que ce procédé soit bien connu, il y a cependant deux précautions qu'il semble souhaitable de rappeler, car souvent les brasures raccordent les éléments d'enceintes et doivent, de ce fait, être étanches :

a) Le métal de brasure doit donc solidariser les éléments d'enceinte et, en outre, obturer l'interstice qui les sépare.

Cet interstice doit être assez grand pour permettre à la brasure de s'y infiltrer lorsqu'elle devient liquide une fois atteinte sa température de fusion; il doit être suffisamment étroit afin d'empêcher la formation de retassures lors de la solidification de la brasure. Une valeur moyenne convenable est 0,05 mm à la température de fusion de la brasure; il faut donc tenir compte de la dilatation des éléments à sceller.

b) Il faut ensuite se défier d'une fusion prématurée des éléments métalliques à sceller pour une température inférieure au point de fusion théorique de la brasure; cela peut s'expliquer par la formation d'eutectiques ou d'alliages à point de fusion minimal.

Par exemple, l'argent employé comme brasure pour sceller deux pièces en cuivre donne lieu à ce phénomène: à 779 °C, il y a formation d'un eutectique et le brasage s'effectue à cette température et non à la température de fusion de l'argent: 960 °C.

On trouvera dans le formulaire E 228, pour les principaux métaux utilisés en électronique, les couples formant des eutectiques ou des alliages à point de fusion minimal. Ces couples ne sont pas recommandables, car il y a risque de fondre des volumes importants de métal; dans le cas où leur emploi est indispensable, il conviendra de réduire le plus possible le volume de l'un des deux métaux en présence.

9,2. Soudage électrique par points.

Ce procédé trouve son application sur tous les types de tubes électroniques et rend de grands services. Les machines à souder

ont des principes identiques à ceux décrits dans l'article *Soudage électrique* en D 870. Leurs principales qualités sont la fidélité de reproduction des points de soudure et la sensibilité de réglage.

Les électrodes employées sont souvent des alliages cuivre-chrome (à 0,5 % de Cr), cuivre-cobalt-béryllium ou encore des composés tungstène-cuivre. Les possibilités de soudage par points de plusieurs métaux usuels sont données dans le formulaire E 228.

Lorsque la soudure de deux métaux est difficile, voire impossible, il faut se souvenir que l'utilisation d'un métal intermédiaire qui se soude bien à chacun des deux autres facilite souvent l'opération.

Ainsi, la soudure du tungstène ou du molybdène à eux-mêmes, bien que réalisable, est très délicate. Un clinquant de nickel ou de tantale ou de niobium par exemple, placé entre les deux pièces en tungstène, permet une soudure plus aisée.

De façon générale, il est souhaitable d'effectuer la soudure en atmosphère neutre, ou même réductrice. Cela peut s'obtenir partiellement en plaçant une goutte d'alcool éthylique ou de tétrachlorure de carbone, ou même d'eau, sur l'emplacement à souder, ou bien en faisant souffler à cet endroit un petit jet d'hydrogène ou d'azote hydrogéné.

9,3. Soudage argon-arc et soudage par bombardement électronique.

Ces procédés permettent de raccorder certaines pièces métalliques de façon étanche par fusion des parties en contact sans métal d'apport (bien que le soudage argon-arc puisse éventuellement se faire avec une électrode consommable constituant un métal d'apport). La zone échauffée est petite, ce qui permet d'opérer sur des ensembles comprenant des éléments risquant facilement de se dégrader par échauffement, par exemple parties en verre capables de se fêler ou cathode susceptible de s'empoisonner.

9,31. Soudage argon-arc. — Les parties en contact sont fondues grâce à un arc électrique qui jaillit entre elles et une électrode de tungstène non consommable. Généralement, il est possible de travailler dans l'air, un jet d'argon très pur (50 ppm d'impuretés au maximum) protégeant la zone fondue contre l'oxydation, mais dans certains cas délicats (acier inoxydable en particulier), il faut opérer en atmosphère d'argon. La puissance dissipée par l'arc peut atteindre 10 kW par cm² de surface attaquée, ce qui permet de fondre aisément les métaux usuels.

9.32. Soudage par bombardement électronique. — Dans ce cas, c'est un pinceau d'électrons émis par un canon électronique qui bombarde la zone à fondre avec une densité de puissance capable d'atteindre 10^6 kW/cm²; l'atmosphère est le vide (10^{-2} à 10^{-3} Pa).

Les formes de joints le plus couramment employées sont indiquées figure 32.

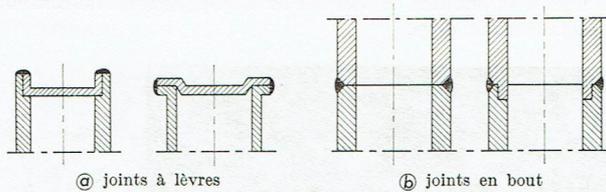


Fig. 32. — Formes de joints pour soudure argon-arc ou par bombardement électronique.

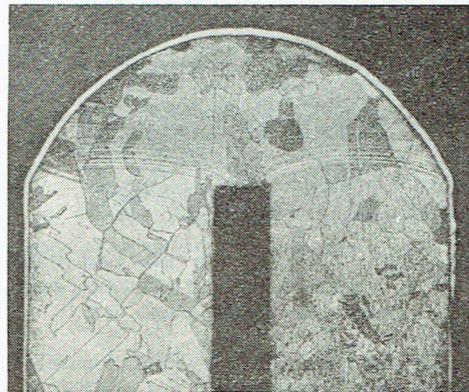


Fig. 33. — Joint à lèvres en cuivre OFHC (grossissement $\times 50$).

On trouvera dans le formulaire E 228 un tableau qui indique les métaux et la forme des soudures qu'il est possible de réaliser.

Les métaux à souder devront contenir le moins possible d'inclusions; ces dernières se rassemblent aux joints des cristaux lors de la solidification de la zone fondue en apportant une fragilisation intercrystalline et des risques de formation de criques.

Les parties à souder devront être très propres et les interstices entre les lèvres ne doivent pas excéder 0,1 mm.

La figure 33 montre la coupe d'une soudure d'un joint à lèvres cuivre OFHC sur cuivre OFHC et la figure 34 celle d'une soudure dilver P/dilver P.

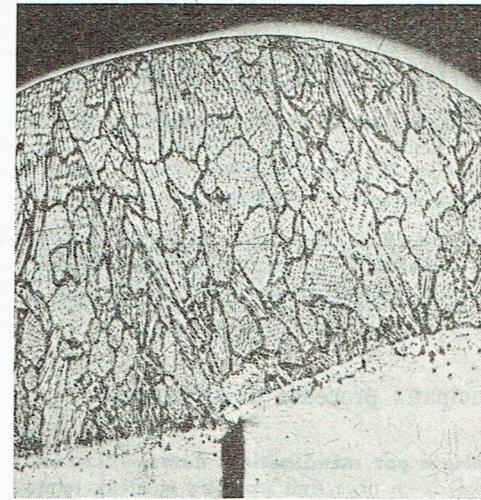


Fig. 34. — Joint à lèvres en dilver P (grossissement $\times 50$).

10. MÉTHODES DE SCELLEMENT DE PIÈCES EN VERRE ENTRE ELLES, AVEC LES MÉTAUX ET LES CÉRAMIQUES

Les méthodes conventionnelles sont décrites dans l'article E 290, *Le verre en électronique*.

Il faut cependant rappeler la méthode de scellement utilisant les ciments du type *Pyroceram*, qui permet de raccorder, de façon étanche, les pièces en verre à d'autres pièces en verre, en métal ou en céramique, sans atteindre leur température de fusion.

Les ciments *Pyroceram* se présentent sous forme de poudres susceptibles d'être mises en suspension dans un liquide additionné d'un liant, formant ainsi une peinture.

Cette peinture doit être appliquée en faible épaisseur (0,1 à 0,3 mm environ) sur les surfaces à sceller des pièces à raccorder; dans le cas d'un métal, celui-ci doit, de préférence, avoir subi un traitement d'oxydation comme pour un scellement verre-métal. Les pièces peintes sont ensuite disposées dans un montage qui les tient dans la position qu'elles devront ensuite conserver, en exerçant une pression de l'ordre de 50 à 100 g par cm² de surface à sceller.

Le tout est ensuite chauffé, de préférence dans l'air (une atmosphère neutre ou légèrement réductrice étant admissible, mais avec vitrification préalable des pièces métalliques), ce qui vitrifie le ciment et le lie aux pièces qu'il raccorde de la même façon qu'un verre (c'est-à-dire par dissolution d'oxydes des éléments à relier dans le ciment).

Comme dans les scellements classiques verre-métal, il faut prendre garde de n'associer que des éléments, y compris le ciment, ayant des coefficients de dilatation bien accordés.

Les liaisons par *Pyroceram* sont utilisées dans la fabrication des tubes à rayons cathodiques (raccordement des écrans aux cônes) ou dans l'assemblage d'éléments de canons à électrons.

Les trois ciments actuellement commercialisés portent les références 45, 89, 95.

Le tableau XXXIII donne pour chacun d'eux les conditions d'emploi.

Tableau XXXIII. — Trois ciments *Pyroceram*.

| Caractéristiques | 45 | 89 | 95 |
|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Coefficient de dilatation des matériaux soudables | 40 à $50 \cdot 10^{-7}$ | 80 à $92 \cdot 10^{-7}$ | 85 à $110 \cdot 10^{-7}$ |
| Température - Temps de scellement | 750 °C - 1 h | 425 à 450 °C - 1 h | 400 à 450 °C - 1 h |
| Vitesse de montée et de descente en température | 3 à 5 °C/mn | 3 à 5 °C/mn | 3 à 5 °C/mn |

Pour la table analytique, se reporter à la première page de cet article.

11. MÉTHODES DE SCÈLEMENT CÉRAMIQUE-MÉTAL

11.1. Modes d'accrochage d'un corps conducteur sur une céramique.

Les moyens permettant de sceller une céramique sur un métal peuvent se répartir en trois classes principales, chacune de celles-ci possédant plusieurs variantes.

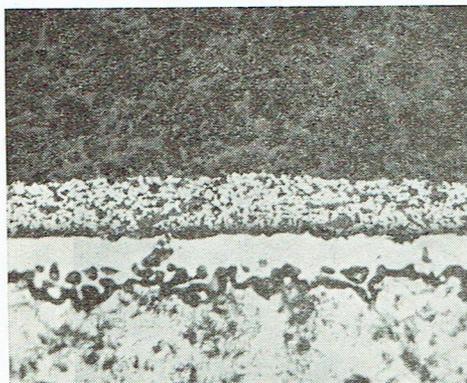
11.11. Le métal est plus réfractaire que la céramique. — Au cours d'un cycle thermique, certains composants de la céramique fondent et contribuent à assurer la liaison; les procédés de cette classe portent souvent le nom de *métallisations dures*.

11.12. La céramique est plus réfractaire que le métal. — Celui-ci, porté à sa température de fusion, mouille la céramique et s'y accroche après solidification; les procédés issus de ce principe portent le nom de *procédés au métal actif*.

11.13. Les propriétés réfractaires du métal et de la céramique ne sont pas utilisées. — La liaison s'effectue par diffusion à l'état solide, aucun des éléments n'étant porté à son point de fusion.

— Frittage sous hydrogène humide (point de rosée + 15 °C) à 1 600 °C ± 20.
Temps de palier: 15 mn environ.
— Dépôt électrolytique de cuivre ou de nickel: épaisseur 5 µ.

La figure 35 montre l'aspect d'un scellement métal-céramique avec métallisation dure.



A alumine à 94 %
B métallisation Mo/Ti
C brasure
D métal scellé (Fenico)

Fig. 35. — Scellement au Mo/Ti (métallisation dure)
Fenico/brasure Au-Ni-Cu-alumine 95 %.

11.2. Principaux procédés de scellement.

11.21. Liaisons par métallisations dures. — Les scellements métal-céramique de ce type sont exécutés en deux temps:

a) tout d'abord une couche métallique est déposée puis frittée sur la céramique, cette dernière pouvant alors être considérée comme une pièce métallique;

b) ensuite, le métal est brasé, par un procédé classique, sur la partie métallisée de la céramique.

Voici comment s'effectue l'accrochage de la métallisation sur la céramique:

Les produits utilisés sont des mélanges de poudres très finement broyées, comprenant d'une part des métaux réfractaires (Mo ou W), et d'autre part des éléments destinés à assurer la liaison céramique-poudre métallique réfractaire (Ti-Mn-Li-Si-Fe, etc.).

L'ensemble de ces produits est incorporé à des liants et à des solvants pour former une peinture qui est appliquée sur les surfaces des céramiques à métalliser.

L'accrochage de la métallisation a lieu en four à atmosphère d'hydrogène humide, entre 1 350 et 1 650 °C. Au cours de cette opération thermique, plusieurs modifications se produisent simultanément:

— les éléments assurant la liaison céramique - poudre réfractaire s'oxydent partiellement et se dissolvent dans la phase vitreuse de la céramique.

— la partie des mêmes éléments qui n'est pas dissoute dans la phase vitreuse forme un pseudo-alliage avec le métal réfractaire.

Il se forme donc une chaîne continue d'éléments qui raccordent la surface du pseudo-alliage à la céramique.

Lorsque la céramique n'est pas assez riche en matières vitreuses, il faut incorporer ces dernières à la peinture métallisante.

A titre d'exemple, voici comment métalliser une céramique à base d'alumine (95 %):

— Composition de la peinture:

| | |
|---|--------------------|
| coton azotique (viscosité 1 000 s) | 0,2 g |
| acétate de butyle | 60 cm ³ |
| oxalate d'éthyle | 32 cm ³ |
| titane en poudre | 3 g |
| molybdène en poudre | 300 g |
| manganèse en poudre | 20 g |

La dimension de grain des métaux en poudre doit être de l'ordre de 1 µ. De plus, la peinture doit être très homogène, sans agglomérat.

— Dépôt de la peinture au trempé ou au pinceau:

| | |
|--------------------------|--|
| épaisseur du dépôt | 50 µ ± 10 µ |
| poids du dépôt | (15 mg ± 3 mg)/cm ² de surface peinte |

11.22. Liaisons par métal actif. — Contrairement aux liaisons par métallisation dure, les scellements par métal actif s'effectuent de préférence en une seule opération.

Ils utilisent la propriété de certains alliages à base de titane, de zirconium ou de hafnium, etc., de mouiller, à l'état fondu, en atmosphère réductrice ou neutre (le vide convenant parfaitement), les surfaces de céramique avec lesquelles ils sont en contact. Ces alliages sont très actifs chimiquement et réduisent superficiellement les oxydes métalliques constituant les céramiques. Ils peuvent donc raccorder un métal à une céramique en formant, ici encore, une chaîne continue d'éléments allant de la céramique au métal extérieur.

Il est possible de procéder ainsi pour sceller directement une céramique (alumine, forstérite, saphir, etc.) à un métal à l'aide d'un alliage cuivre-argent-titane.

— Préparer une peinture composée de:

| | |
|---|--------------------|
| coton azotique (viscosité 1 000 s) | 0,1 g |
| acétate de butyle | 60 cm ³ |
| oxalate d'éthyle | 10 cm ³ |
| hydrure de titane en poudre | 200 g |

— Déposer au pinceau une couche de 5 à 10 microns de cette peinture.

— Poser sur la surface peinte une bande d'eutectique cuivre-argent d'épaisseur 0,1 mm.

— Poser, par-dessus l'eutectique, le métal à sceller. Un système de poids ou de ressorts devra presser le tout pour appliquer le métal à sceller sur la céramique avec une pression de 1 à 3 g par mm² de surface de contact.

— Le scellement sera effectué en portant le tout vers 840 °C pendant 2 à 5 mn, l'atmosphère étant un vide meilleur que 1,32.10⁻³ Pa (10⁻⁵ torr); à ce moment l'hydrure de titane s'est décomposé, l'hydrogène s'est dégagé laissant sur la céramique une couche de titane naissant; ensuite l'eutectique cuivre-argent ayant dépassé sa température de fusion dissout le titane, formant ainsi l'alliage actif.

La figure 36 présente un scellement métal-céramique par métal actif.

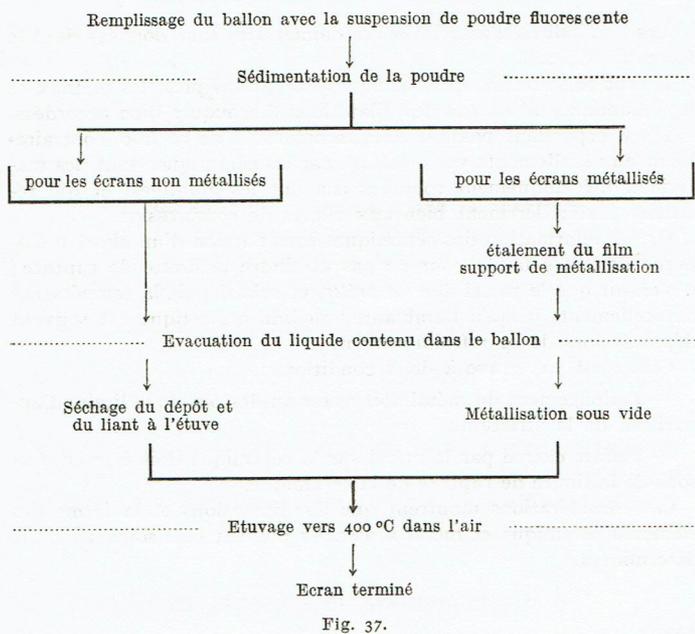
A noter que si le métal à sceller sur la céramique est du titane ou bien si la brasure utilisée contient une âme en titane, la peinture de la céramique avec l'hydrure de titane devient inutile. En effet, l'alliage actif se forme dès que l'eutectique cuivre-argent est fondu, car ce dernier prélève le titane par dissolution superficielle de la partie métallique à sceller ou par dissolution totale de l'âme de la brasure.

11.23. Autres procédés. — Il existe d'autres procédés beaucoup moins employés que les deux précédents: en voici deux rapidement décrits.

— **Scellement par vitrification ou émaillage:** ce procédé est basé sur la grande affinité du verre pour la céramique. Le scellement a lieu par l'intermédiaire d'un verre enrobant le métal, comme pour un scellement verre-métal, et migrant partiellement dans la céramique pour former un composé plus réfractaire que le verre initial.

Le sulfate de soude se dissout dans l'eau et s'élimine en vidant le ballon.

PROCÉDÉ UTILISANT LA SÉDIMENTATION

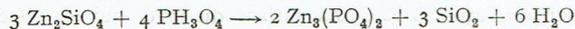


12,312. Dépôt par pistolet.

Le procédé (fig. 38) consiste à faire passer la poudre fluorescente, tenue en suspension dans un courant d'air, sur une surface mouillée uniformément d'acide phosphorique. Cet acide très visqueux doit être utilisé après avoir été dilué à l'aide d'un de ses solvants qui le rend plus fluide et peut servir en outre de mouillant.

La poudre se colle sur l'acide qui réagit partiellement à chaud sur elle, en donnant un phosphate et de la silice qui sert de liant.

Avec la *Willemite*, cette réaction est de la forme :

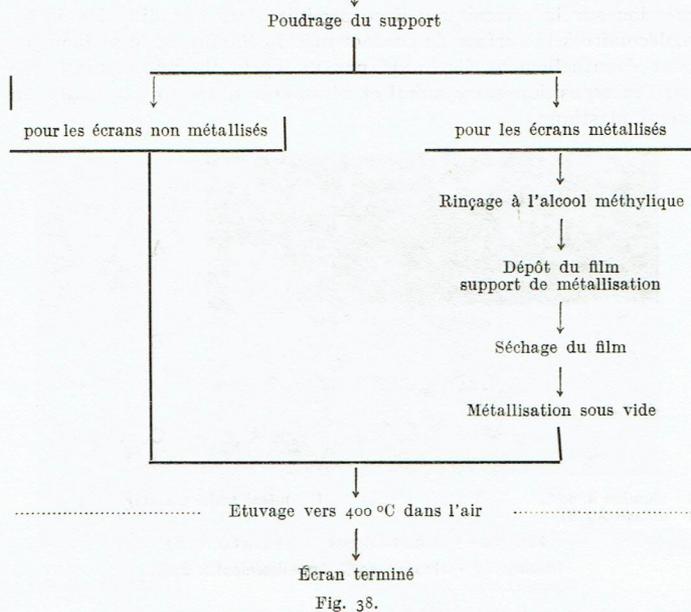


12,32. Etalement d'un film de collodion (ou de méthacrylate de méthyle). — Ce procédé n'est utile que si l'écran doit être métallisé afin de former un support suffisamment lisse. En effet, la métallisation appliquée directement sur la poudre serait discontinue, donc non conductrice, et n'aurait plus aucune propriété réfléchissante (§ 12,2).

Un procédé consiste à étaler, à la surface libre de l'eau dont le ballon a été rempli sur une hauteur de 5 cm environ (écran horizontal et en bas), une pellicule de collodion. Cette pellicule s'obtient en faisant couler le collodion d'un jet continu hors d'une

PROCÉDÉ UTILISANT LE PISTOLET

Mouillage du support d'écran à l'acide phosphorique



pipette dont l'orifice de sortie est maintenu à quelques millimètres au-dessus de la surface du liquide.

Le collodion, qui surnage, s'étale à la façon d'une goutte d'huile, jusqu'à atteindre les bords du ballon, puis sèche partiellement.

En évacuant l'eau enfermée entre le ballon et le film de collodion, ce dernier, sous l'effet de la pression atmosphérique, vient se coller sur les parois du ballon et de l'écran à mesure que l'eau se retire. L'évacuation de l'eau se fait en inclinant le ballon peu à peu toujours dans le même sens. Cette manœuvre doit s'opérer lentement et sans à-coup pour éviter toute déchirure du film et toute marque sur la couche phosphorescente de l'écran.

Un second procédé consiste à étaler le film par centrifugation d'une quantité dosée de collodion ou d'une solution de méthacrylate de méthyle sur la poudre de l'écran préalablement imbibée d'un liquide assurant la continuité du film.

12,33. Métallisation. — Le métal employé pour métalliser l'écran est généralement l'aluminium, car il est perméable aux électrons et possède un pouvoir réflecteur assez bon (coefficient de réflexion de 0,7 à 0,8). Ce métal est évaporé sous vide comme suit en donnant des dépôts minces (0,1 μ environ) et réguliers.

Une gouttière contenant de l'aluminium en poudre (ou un fil d'aluminium), pouvant être parcourue par le courant électrique, est introduite dans le ballon de façon que l'ouverture de la gouttière soit tournée vers l'écran. Le ballon est vidé d'air (vide de $1,32 \cdot 10^{-3}$ Pa) (10^{-5} torr).

La gouttière est alors chauffée par effet Joule : l'aluminium se vaporise puis se condense sur la surface froide du ballon. Il suffit ensuite de laisser rentrer l'air dans l'enceinte et de récupérer le ballon.

Le film de collodion qui supporte la métallisation est enfin éliminé par cuisson dans l'air vers 400 °C.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Pour les adresses des éditeurs, se reporter au fascicule 15.

BOURION (R.). — *Les cathodes en tungstène thorié*. Note Technique C. S. F. n° 204 22 jan. 1965.

WARNECKE (R.). — *Emission secondaire électronique de métaux variés*. J. Phys. et le Radium juin 1936.

KAISER, MARX et SAWICH. — (Propriétés des alliages tungstène/rhénium et molybdène/rhénium). Die Technik avr. 1955.

Metals Handbook. Cleveland 1961 Amer. Soc. for Metals.

KOHL (W. H.). — *Materials and techniques for electron tubes*. New York 1960 Reinhold Publishing Co.

Refractory ceramics for aerospace. Columbus 1964 Amer. Ceramic Soc.

DELLA PORTA et MICHON (L.). — *Gettering properties of Ba films in TV tubes*. 7th Nat. Conf. on Tubes Techn 1964.

DELLA PORTA GIORGI, ORIGLIO et RICCA. —

Investigation concerning bulk getters from metals of the IVth group and thorium. Proc. 8th Nat. Symp. A. V. S. 1961 New York 1962 Pergamon Press (p. 229).

CHAMPEIX (R.). — *Physique et technique des tubes électroniques*. Tome II *Théorie et fabrication des tubes*. Paris 1960 Dunod.

PASCAL (P.). — *Traité de chimie minérale*. 20 vol Paris 1956 à 1964 Masson.