

PRÉPARATION MÉTALLOGRAPHIQUE DANS L'ÉLECTRONIQUE

INTRODUCTION

1. LES CIRCUITS ÉLECTRONIQUES

Avant tout, l'électronique se divise en deux parties :

- Les composants électroniques
- Le circuit imprimé

Les composants électroniques sont des éléments conçus pour être liés les uns avec les autres et ainsi accomplir une ou plusieurs fonctions électroniques précises. Ils se distinguent selon différents types et catégories parmi lesquels il se trouve : les capteurs (caméras, thermocouples, ...), l'électronique de puissance (fusibles, relais, ...), l'électronique analogique (condensateurs, diodes, résistances, transistor, ...), l'électronique numérique (microprocesseur, microcontrôleur, ...) et les interfaces homme-machine (afficheurs, haut-parleurs, LED, ...). Leur assemblage doit être préalablement défini par un schéma électrique.

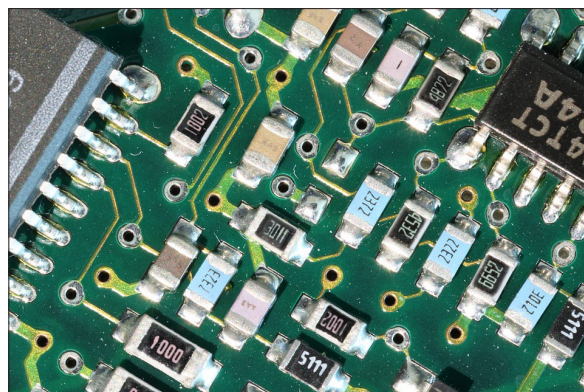


Figure 1 : Composants électroniques

Un circuit imprimé (PCB « Printed Circuit Board » en anglais), est un support généralement sous forme de plaque, fabriqué à partir de matériaux composites. Ce support a pour but de relier électriquement un ensemble de composants électroniques dans l'objectif de réaliser un circuit électronique. Les composants électroniques sont soudés sur le circuit imprimé. Ces soudures se nomment « brasures » qui, contrairement au soudage, permettent l'assemblage sans fusion des constituants. La brasure ne requiert la fusion que du métal d'apport et c'est ce dernier qui assure la continuité entre les éléments.

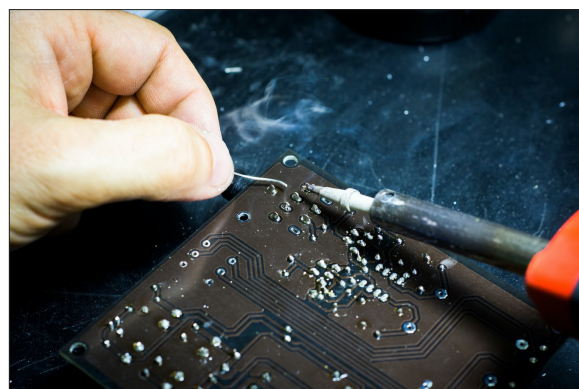


Figure 2 : Réalisation d'une brasure

Le métal d'apport est différent de celui des pièces à assembler et il dépend donc du matériau de ces pièces et du type de brasage à effectuer. Dans le monde de l'électronique les brasures sont réalisées principalement avec des alliages d'étain.

Le circuit imprimé est fabriqué à partir de résine époxy isolante séparée en plusieurs épaisseurs par de fines couches de cuivre. Le cuivre assure le passage du courant électrique et permet alors la création de circuits électriques. Avec la multiplication de ces couches au fil de l'histoire, les circuits imprimés deviennent de plus en plus complexes et de plus en plus performants. Les différentes couches sont connectées par des trous métallisés (par dépôt de cuivre) appelés « vias ». Les circuits imprimés sont très souvent recouverts d'une fine couche de vernis afin de les protéger de la corrosion.

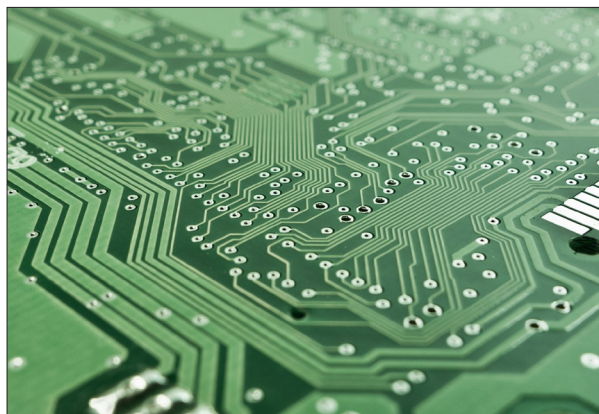
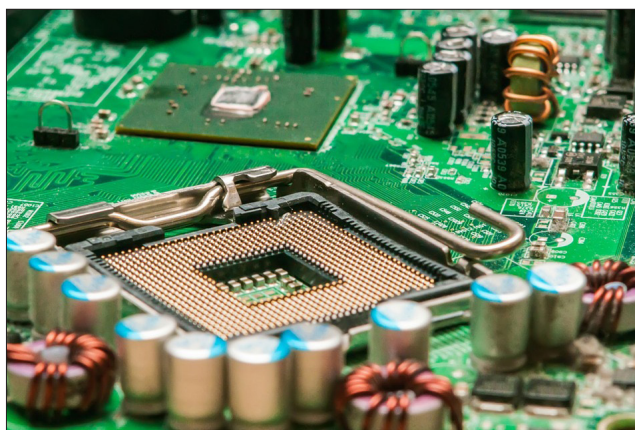
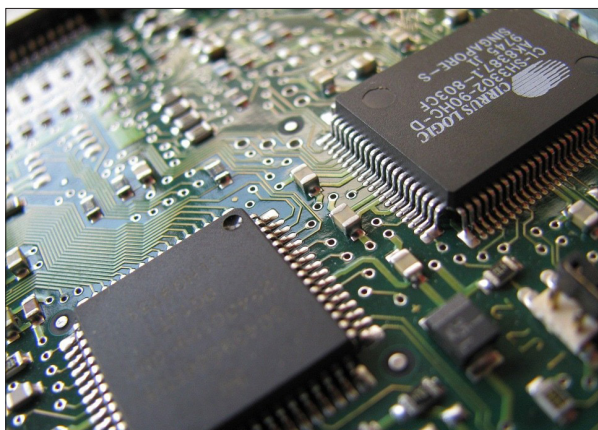


Figure 3 : Circuit imprimé et visualisation des trous métallisés

Un circuit électronique est donc un ensemble de composants électroniques connectés les uns avec les autres sur un circuit imprimé ayant pour objectif de remplir une ou plusieurs fonctions.

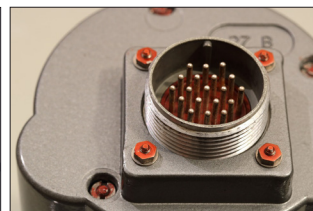


Figures 4 et 5 : Circuits électroniques

2. LA CONNECTIQUE

Dans la continuité des circuits électroniques il se trouve la connectique. La connectique correspond à l'ensemble des techniques relatives aux connexions électriques et aux transmissions de données c'est-à-dire les divers connecteurs et prises.

Parmi les connectiques il se distingue plusieurs catégories : les connecteurs électrotechniques (prises électriques, alimentation, cosses, borniers ou « dominos » ...), les picots électroniques, les connecteurs informatiques, les connecteurs audio (JACK, DIN, SPEAKON, ...) et vidéo (HDMI, VGA, DVI, ...) ou encore les connectiques dites « professionnelles » (MIL-DTL-38999, DBAS, BNC-TNC, ...).



PRÉPARATION MÉTALLOGRAPHIQUE

Qu'il s'agisse des circuits électroniques ou des pièces de connectique, des contrôles qualité lors de la production doivent être effectués. Les objectifs sont de manière générale, la vérification de la réalisation des brasures, la vérification des contacts électriques entre les différents composants et le circuit imprimé, la qualité de la métallisation, les examens de dimensionnement, les contrôles d'épaisseurs de revêtements, ...

Les principaux matériaux retrouvés dans le domaine de l'électronique sont :

- Les métaux qui présentent une excellente conductivité électrique ou qui concernent les revêtements tel que le cuivre, l'argent, le nickel et l'or,
- Les alliages d'étain pour les brasures,
- Les polymères pour les circuits imprimés et les boîtiers électroniques,
- Les verres et céramiques (et silicium) qui constituent les divers composants.

Les contrôles demandent alors l'exécution d'une préparation métallographique. L'obtention d'une surface d'examen nécessite une succession d'opérations aussi importantes les unes que les autres quel que soit le matériau. Ces étapes sont dans l'ordre :

- Le prélèvement du produit à examiner (si nécessaire), appelé « TRONCONNAGE ».
- La standardisation de la géométrie de l'échantillon prélevé (si nécessaire), appelée « ENROBAGE ».
- L'amélioration de l'état de surface de cet échantillon, appelée « POLISSAGE ».
- La caractérisation de l'échantillon : l'observation microscopique (optique ou électronique).

=> Chacune de ces étapes doit être effectuée rigoureusement sous peine de rendre les étapes suivantes irréalisables.

TRONCONNAGE

Le tronçonnage a pour but de prélever une partie précise d'un produit, de manière à obtenir une surface d'examen convenable, sans altérer les propriétés physico-chimiques des pièces électroniques. En d'autres termes il est indispensable d'éviter un échauffement, une déformation ou une trop grande agressivité de la coupe pouvant entraîner une multitude de dégâts (fissurations/écaillages des composants, décollement de revêtements/métallisations, ...) sur les zones à étudier.

Le tronçonnage est une étape fondamentale qui conditionne la suite de la préparation et l'observation des pièces.

La large gamme de micro-tronçonneuses et tronçonneuses de moyenne capacité PRESI et également l'offre de Scie à fil diamanté WELL permettent de s'adapter à n'importe quel besoin en termes de précision de découpe, de dimensionnement ou de quantité de produits électroniques à découper :



Fig 6 : Flexicut



Fig 7 : MECATOME T205



Fig 8 : MECATOME T265



Figure 9 : Scie à fil série 3000

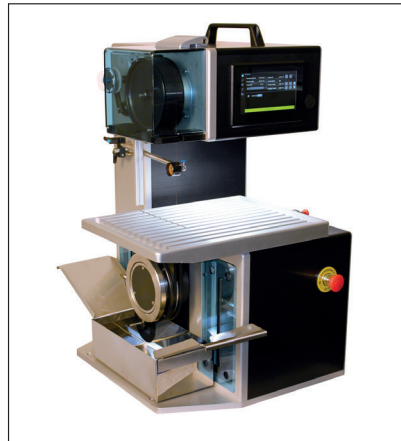


Figure 10 : Scie à fil série 6000

Chacune des tronçonneuses et des scies à fil bénéficient de consommables et accessoires qui leur sont adaptés. Le système de bridage et le choix de ces consommables sont toujours des éléments essentiels pour la réussite d'une coupe métallographique

Le choix du type de machine se fait en fonction des géométries de pièces à tronçonner et de leur sensibilité/fragilité puisque les possibilités de bridages diffèrent. Les scies à fil ont l'avantage de mettre en jeu de faibles forces d'appuis ménageant les échantillons. Elles fournissent aussi de très bons états de surfaces mais présentent des temps de coupe plus importants.

BRIDAGES

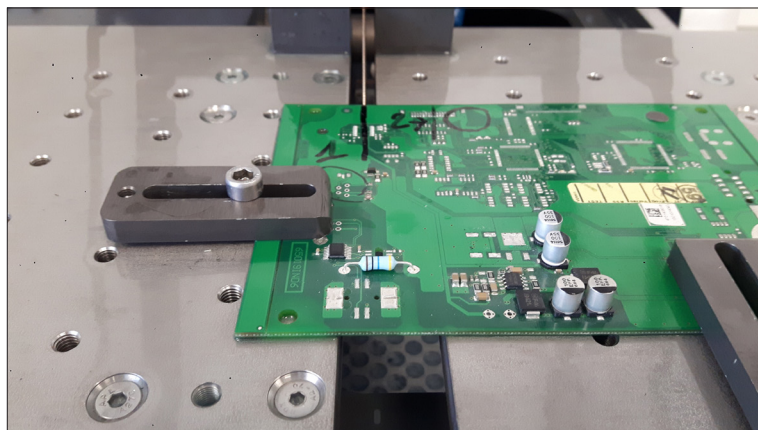


Figure 11 : Exemple d'un bridage d'un circuit électronique - FLEXICUT

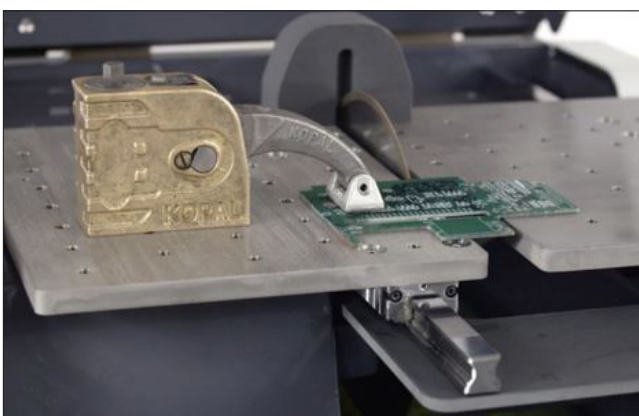


Figure 12 et 13 : Exemples de bridage d'un circuit électronique - FLEXICUT

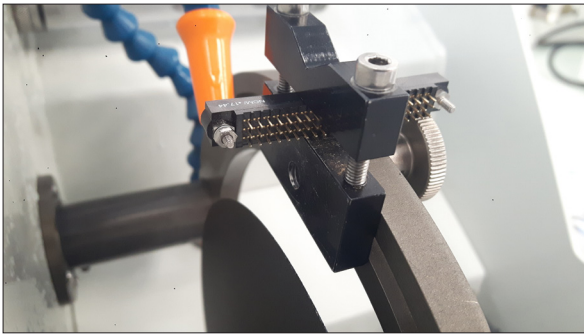


Figure 14 : Exemple d'un bridage d'un connecteur MECATOME T202

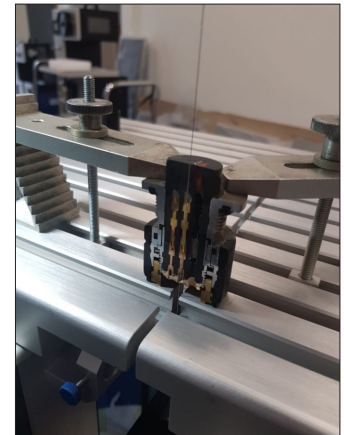



Figure 15 et 16 : Exemples d'un bridage d'un connecteur électronique - Scie à fil série 4000

CONSOMMABLES

Toutes les tronçonneuses sont employées avec un liquide de lubrification/refroidissement composé d'un mélange d'eau et d'additif antirouille dans le but d'obtenir une découpe propre et sans échauffement. L'additif permet également de protéger l'échantillon et la machine de la corrosion.

Les scies à fil quant à elles sont employées avec un liquide de coupe qui joue un rôle de lubrifiant et de « nettoyant » qui allonge la durée de vie du fil et permet d'atteindre une meilleure qualité de coupe.



	Métaux tendre (cuivre, étain, or, argents)	Composites à matrice métallique	Composites à matrice céramique
Micro-tronçonnage	UTW S Ø180	UTW S Ø180 LM+ LR	LM+ LR
Tronçonnage de moyenne capacité	MNF T	MNF LM+ LR	LM+ LR

Tableau 1 : Choix du type de meule de tronçonnage adapté en fonction du matériau majoritaire de la pièce électronique

=> Le choix du type de meules de tronçonnage doit se faire judicieusement dans le but d'éviter d'éventuels refus de coupe, une usure trop importante ou encore une casse de la meule.

Les consommables dont disposent les scies à fil sont des fils d'aciers inoxydables sertis de diamants. Les caractéristiques de ces fils sont variables selon les exigences et les besoins. L'offre est de sept diamètres de fil compris entre Ø0,10mm et Ø0,70mm et de cinq granulométries de diamants comprises entre 20µm et 64µm.

ENROBAGE

Les échantillons peuvent être difficiles à manipuler du fait de leur forme complexe, de leur fragilité ou de leur petite taille. L'enrobage facilite ainsi leur manipulation en standardisant leur géométrie et leurs dimensions.

=> Réaliser un enrobage de qualité est essentiel afin de protéger les matériaux fragiles mais également pour obtenir de bons résultats de préparation en vue du polissage et des futures analyses.

Il existe deux manières d'enrober : le procédé d'enrobage à chaud et le procédé d'enrobage à froid. Dans l'électronique il est toujours privilégié le procédé d'enrobage à froid puisque très fréquemment les pièces sont fragiles et donc non adaptées aux fortes pressions et il est probable qu'elles soient également sensibles à la chaleur.

Ce procédé à froid, bénéficie de deux appareils visant à améliorer considérablement la qualité des enrobages, notamment en diminuant le phénomène de retrait (espace entre la résine et l'échantillon), en optimisant la transparence ou en facilitant l'imprégnation de la résine :



Fig 17 : Appareil d'enrobage sous pression



Fig 18 : Appareil d'enrobage sous vide POLY'VAC

LE +

Améliore considérablement la qualité, notamment en diminuant le phénomène de retrait (espace entre la résine et l'échantillon), en optimisant la transparence de la résine.

LE +

Machine permettant l'imprégnation sous vide de matériaux poreux enrobés par le biais d'une résine époxy.

D'autres avantages sont aussi à noter concernant l'enrobage à froid dont notamment la qualité d'imprégnation des résines, parfaites pour les échantillons poreux, et la possibilité de réaliser des enrobages en grande série.

CONSOMMABLES

Dans le domaine de l'électronique, la préparation métallographique nécessite absolument l'utilisation d'une résine transparente. Cette transparence permet d'avoir un visuel constant sur l'échantillon et ainsi de connaître avec précision le plan d'observation.

	Micro-électronique Connectique
A froid	Acrylique KM-U sous pression Epoxy IP MA2+ 2S*

Tableau 2 : Choix du type de résine d'enrobage adapté

* Adaptée pour les très grandes séries

L'utilisation de la résine acrylique KM-U nécessite obligatoirement « l'appareil à enrobage sous pression » afin de garantir la transparence. La pression permet de chasser les bulles d'air dans la résine liquide et réduit le retrait.

=> Cette résine a pour avantage d'avoir un temps de polymérisation court (environ 15 minutes) et possède également une très bonne dureté.

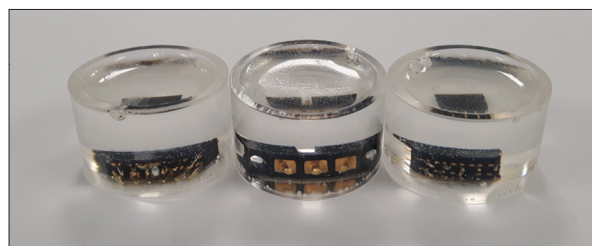


Figure 19 : Enrobage avec utilisation « appareil enrobage sous pression »

La résine époxy IP quant à elle possède un temps de polymérisation plus important (environ 8h) et ne présente aucune montée en température au-delà de 30°C. Elle permet aussi une meilleure imprégnation si sa polymérisation a lieu sous vide à l'aide du « Poly'Vac ».

POLISSAGE

La dernière phase incontournable et cruciale du processus de préparation d'un échantillon est le polissage. Le principe est simple, chaque étape utilise un abrasif plus fin que le précédent. L'objectif consiste à obtenir une surface plane et à éliminer les rayures et les défauts résiduels qui gêneraient la réalisation des examens de contrôles métallographiques tels que les analyses microscopiques, les essais de dureté, les contrôles de microstructure ou les contrôles dimensionnels.

PRESI propose une grande gamme de polisseuses manuelles et automatiques, avec un large choix d'accessoires, afin de couvrir tous les besoins, du pré-polissage à la super-finition et du polissage d'échantillons unitaires ou en série.

Le but de la préparation métallographique d'échantillons de connectique ou de micro-électronique est souvent d'atteindre et d'observer des zones très précises des pièces. Par conséquent le polissage doit s'effectuer de la manière la plus maîtrisée possible. Un polissage manuel est alors plus conseillé.



Fig 20 :
Le Cube 250

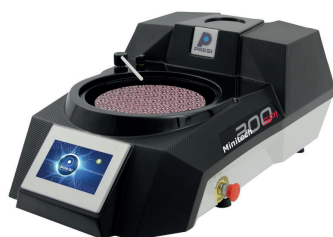


Fig 21 :
MINITECH 300 SP1

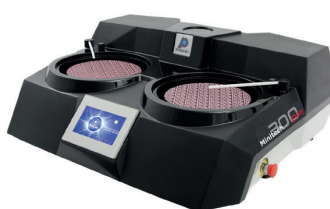


Fig 22 :
MINITECH 300 DP1 et DP2



Fig 23 :
MECATECH 250 SPI




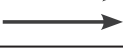

CONSOMMABLES ET GAMMES DE POLISSAGE

Toutes les gammes de polissage ci-dessous sont données pour une préparation automatique des échantillons (pour du polissage manuel : ne pas prendre en compte les paramètres de tête). Elles sont les plus couramment utilisées et sont renseignées à titre d'information et de conseil.

=> Toutes les premières étapes de chaque gamme sont appelées « mise à niveau » et consistent à retirer de la matière rapidement afin de mettre à niveau la surface de l'échantillon (et de la résine). Les « mises à niveau » données ci-dessous sont standards et peuvent, par conséquent, être modifiées selon le besoin. En pratique, le but est d'atteindre la zone de l'échantillon à étudier à l'issue des étapes de pré-polissage. De cette manière le polissage s'effectue directement sur les composants à examiner.



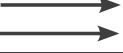
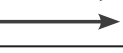

Les forces d'appui varient selon la taille des échantillons mais de manière générale il sera appliqué : 1daN par 10mm de diamètre d'enrobage pour les étapes de pré-polissage (ex : Ø40mm = 4 daN) puis la force sera diminuée de 0,5daN à chaque étape de polissage avec une suspension abrasive.

Gamme N°1

N°	Support	Suspension / Lubrifiant	Vplateau (tr/min)	Vtête (tr/min)	Sens de rotation Plateau / tête	Temps
1	SiC P320	Ø / Eau	300	150		1'
2	SiC P1200	Ø / Eau	300	150		1'
3	RAM	3µm LDM / Reflex Lub	150	135		3'
4	NT	1µm LDM / Reflex Lub	150	135		1'
5	SUPRA	(SPM) / Eau	150	100		1'

La gamme N°1 est optimisée pour examiner les matériaux tendres au sein d'un échantillon de micro-électronique ou de connectique. Elle est parfaitement adaptée aux brasures en alliages d'étain, aux composants métalliques (cuivre, argent, or, nickel, laiton, ...), aux polymères (résine, caoutchouc, boîtiers, ...) ou encore au vernis.

Gamme N°2

N°	Support	Suspension / Lubrifiant	Vplateau (tr/min)	Vtête (tr/min)	Sens de rotation Plateau / tête	Temps
1	Tissediam 40µm	Ø / Eau	300	150		2'
2	Tissediam 20µm	Ø / Eau	300	150		2'
3	TOP	9µm LDP / Reflex Lub	150	135		5'
4	RAM	3µm LDP / Reflex Lub	150	135		2'
5	SUPRA	SPM / Eau	150	100		2'

La gamme N°2 est optimisée pour l'examen de composants en céramique. Si l'échantillon à étudier est principalement composé de céramique alors les différentiels de dureté au sein de ce même échantillon sont très importants. Il faut alors adapter les consommables afin de garantir un enlèvement de matière homogène quelle que soit la dureté. C'est le rôle des disques diamantés à liant métallique appelés « TISSEDIAM ».

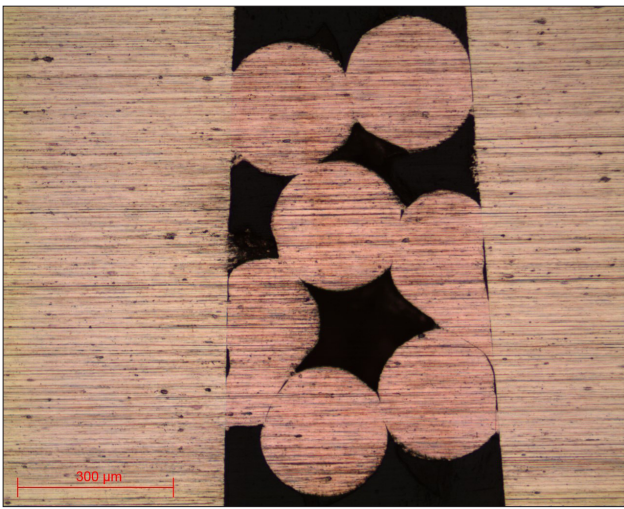
De manière plus générale, un échantillon « d'électronique » est composé d'une multitude de matériaux différents. Il y a donc des risques de création d'un relief entre les différents composants au cours du polissage engendrant des difficultés lors de l'observation.

Quelques fois, il n'est pas obligatoire de réaliser la gamme de polissage jusqu'à la super-finition notamment dans le cas de contrôle de sertissage, de dimensionnements ou d'examen quelconques sur des échantillons de connectiques aux proportions importantes.

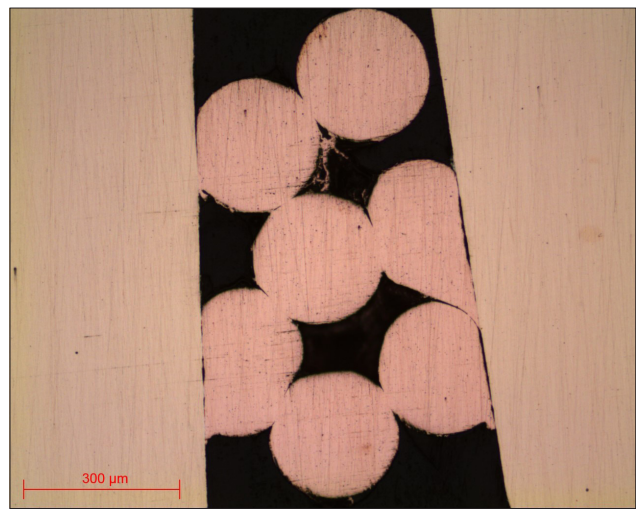
Il est en revanche impératif d'effectuer une finition à l'aide de silice colloïdale en dernière étape de polissage pour l'observation des constituants les plus fins, des intermétalliques, des brasures des porosités, ...

MICROSCOPIE

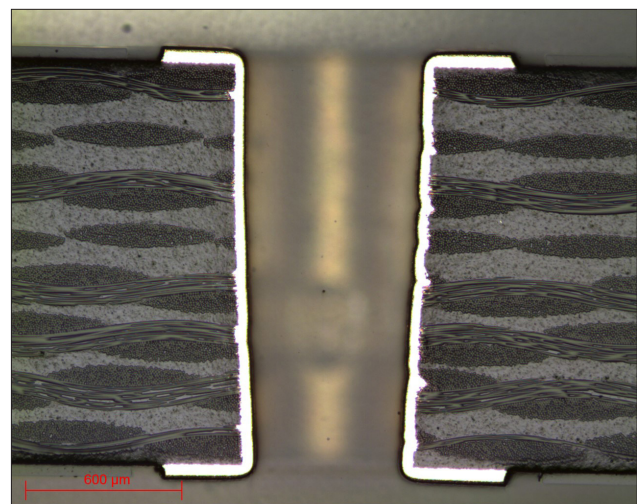
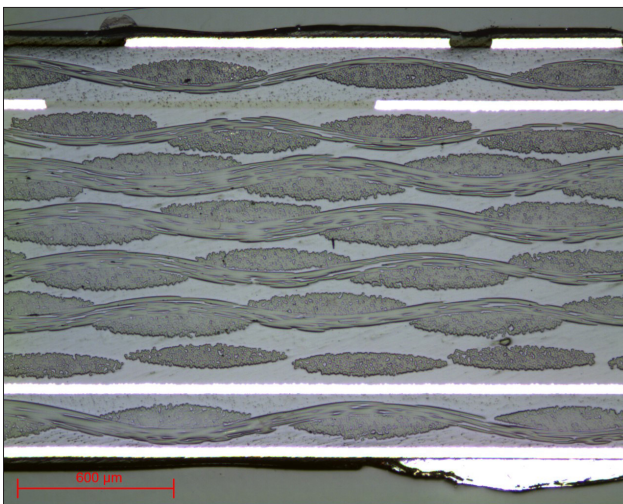
Les micrographies présentées ont été réalisées au moyen du logiciel **PRESI VIEW** :



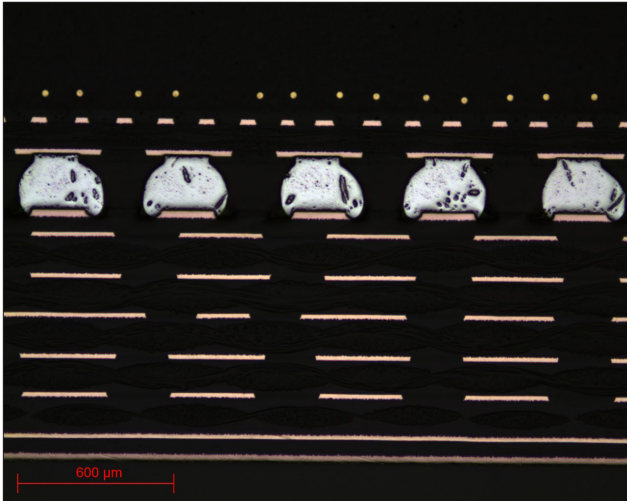
Micrographie 1 : Sertissage poli jusqu'au 3µm obj x10



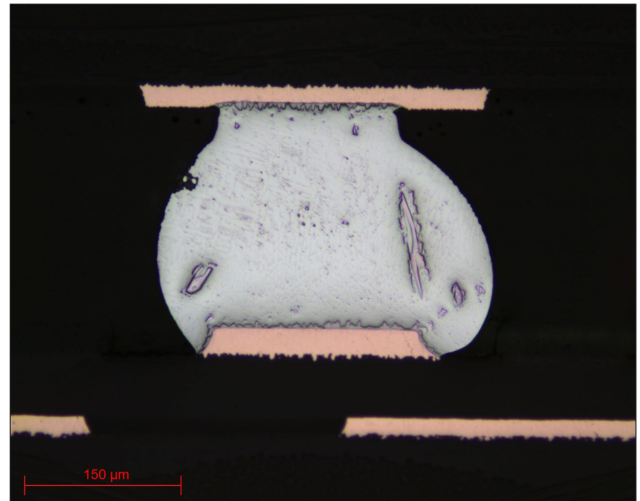
Micrographie 2 : Sertissage poli jusqu'au 1µm obj x10



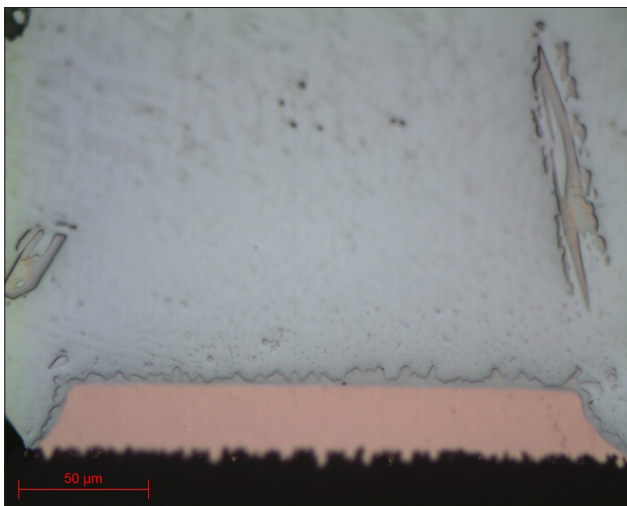
Micrographies 3 et 4 : Carte électronique polie jusqu'au SPM obj x5



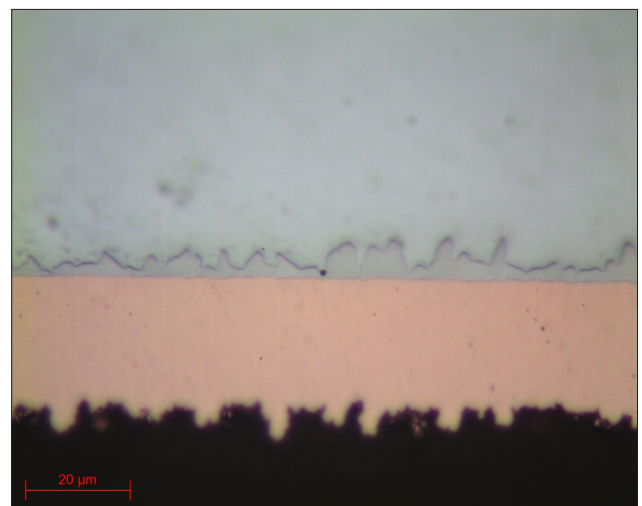
Micrographie 5 : Brasure BGA polie jusqu'au SPM obj x5



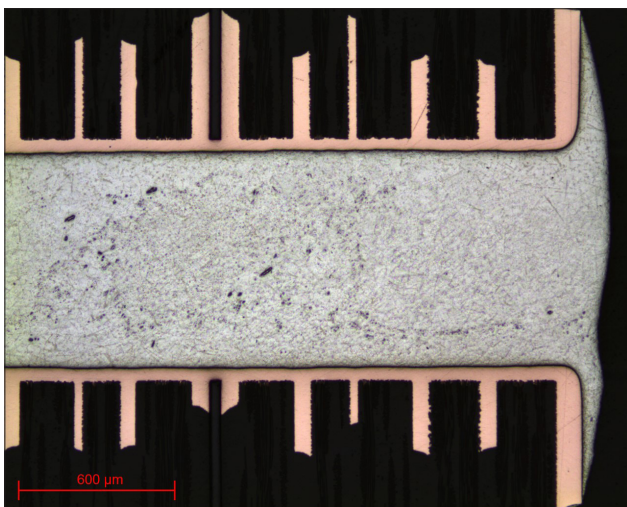
Micrographie 6 : Brasure BGA polie jusqu'au SPM obj x20



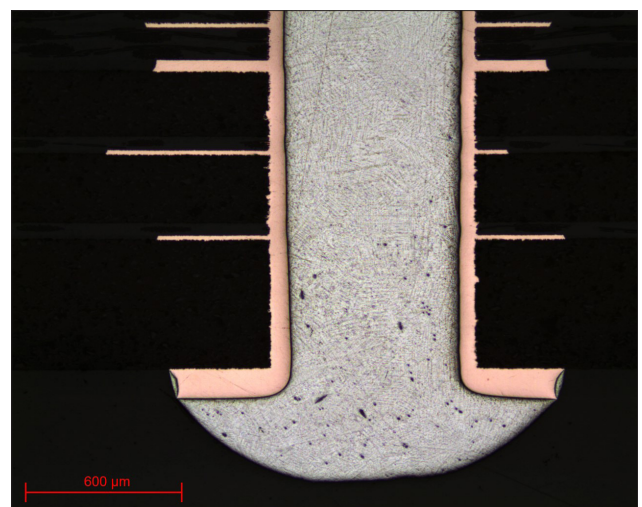
Micrographie 7 : Brasure BGA polie jusqu'au SPM obj x50



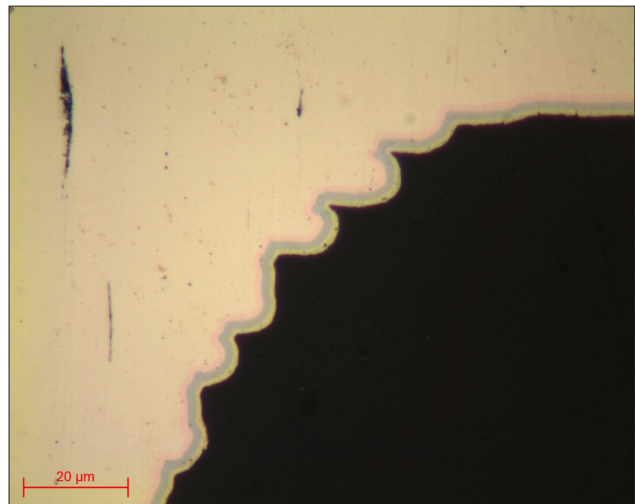
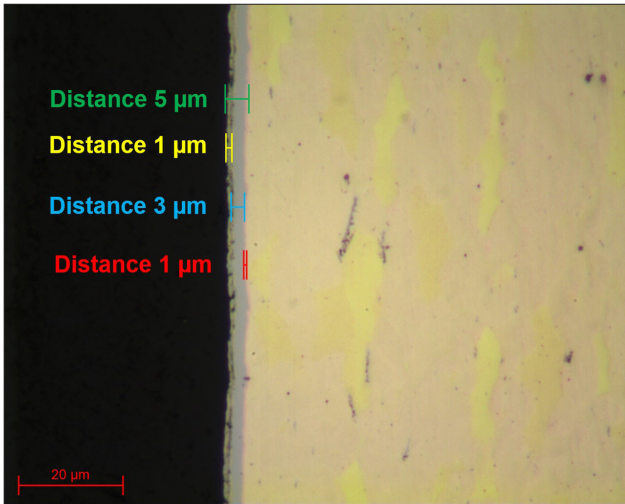
Micrographie 8 : Brasure BGA polie jusqu'au SPM obj x100



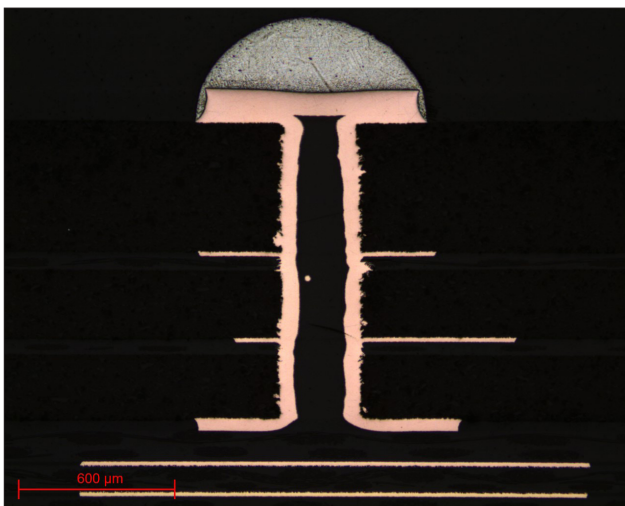
Micrographie 9 : Brasure polie jusqu'au SPM obj x5



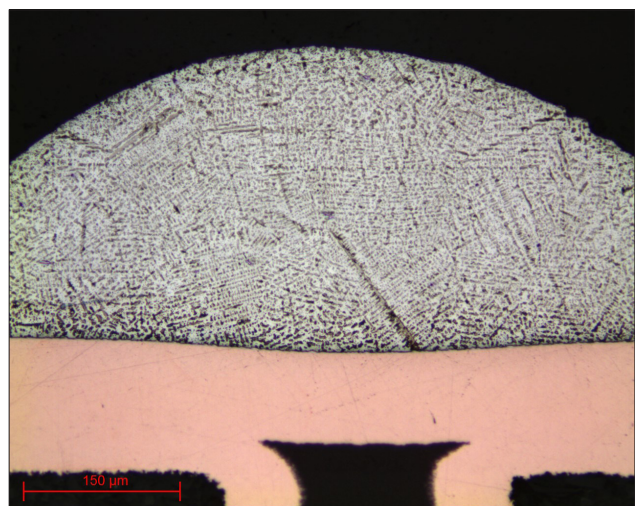
Micrographie 10 : Brasure polie jusqu'au SPM obj x5



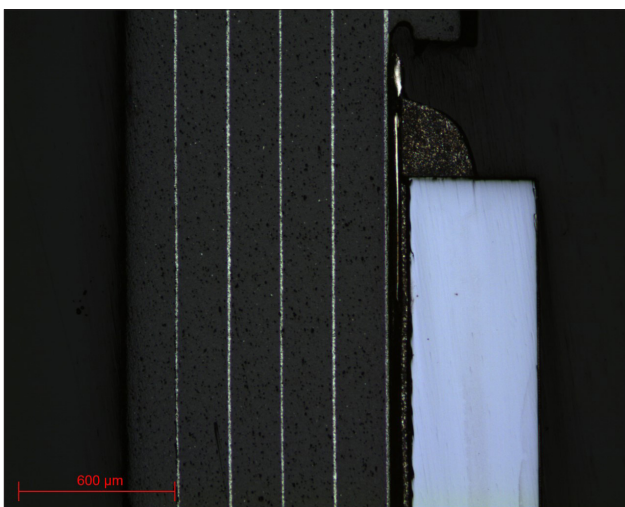
Micrographies 11 et 12 : Connectique Laiton avec dépôt de cuivre, nickel et or polie jusqu'au SPM obj x100



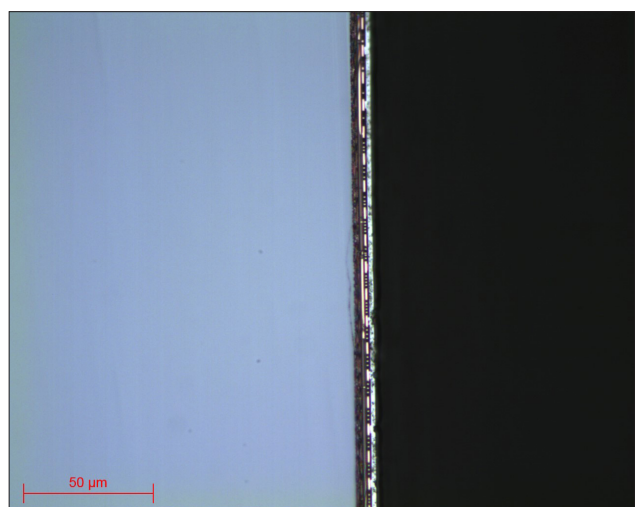
Micrographie 13 : Brasure et métallisation polies jusqu'au SPM obj x5



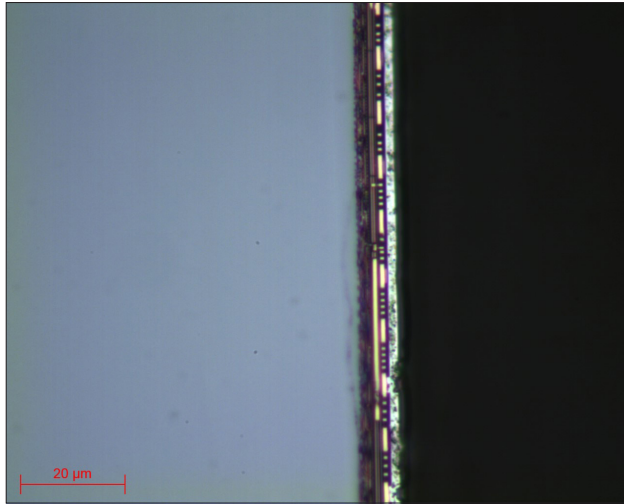
Micrographie 14 : Brasure et métallisation polies jusqu'au SPM obj x20



Micrographie 15 : Composant céramique + silicium poli jusqu'au SPM obj x5



Micrographie 16 : Composant céramique + silicium poli jusqu'au SPM obj x50



Micrographie 17 : Composant céramique + silicium poli
jusqu'au SPM obj x100

PRESI

www.presi.com

Tél. : 04.76.72.00.21 | Email : presi@presi.com

