

Copper 3D

Yann TELLEY

Travail de bachelor 2025

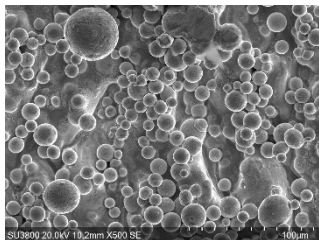
Microtechniques – Ingénierie biomédicale

Professeur : Pierre-Antoine GAY

Experte : Marianne BRILLAT

Description

La fabrication additive métallique (SLM) permet de créer des pièces en alliages de cuivre aux géométries complexes, idéales pour le secteur biomédical ou horloger. Cependant, les pièces brutes présentent une forte rugosité de surface qui limite leurs applications fonctionnelles. Ce projet vise à développer un procédé d'électropolissage plus durable pour améliorer cet état de surface. L'objectif est d'évaluer la faisabilité d'utiliser des solvants eutectiques profonds (DES), comme l'éthaline et la réline, en remplacement des acides dangereux traditionnellement employés, afin d'obtenir des surfaces lisses et propres.



Surface d'un alliage de bronze (CuSn) brut de fabrication SLM, montrant une rugosité élevée et des poudres partiellement fondues



Montage complet avec WE tournante et CE Pt

Déroulement

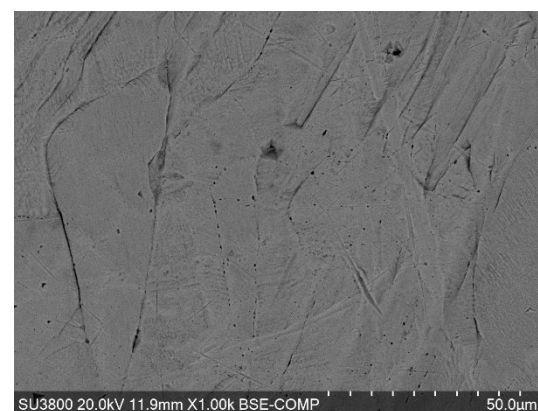
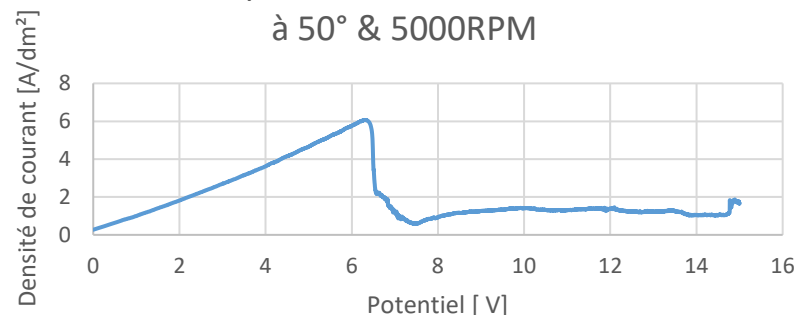
Le projet s'est articulé autour des phases suivantes :

- **Synthèse des électrolytes** : préparation des deux solvants eutectiques profonds (DES), l'éthaline et la réline
- **Caractérisation électrochimique** : réalisation de courbes de polarisation sur divers alliages (Cu, CuSn, CuCr1Zr, laiton) en faisant varier la température (35-70°C) et la vitesse d'agitation (jusqu'à 5000 RPM) à l'aide d'une électrode à disque tournant
- **Essais d'électropolissage** : application des paramètres jugés optimaux pour traiter les échantillons
- **Analyse de surface** : caractérisation de la topographie (microscopie confocale) et de la morphologie (microscope électronique à balayage MEB/EDS) avant et après traitement pour quantifier l'amélioration de la rugosité

Résultats

Les résultats démontrent que des conditions de température élevée (50-70°C) et une forte agitation (5000 RPM) favorisent des densités de courant stables et élevées (30-60 A/dm²), propices à l'électropolissage. Les essais ont permis une réduction drastique de la rugosité sur tous les alliages, diminuant la rugosité moyenne Ra de ~11 µm à moins de 0.6 µm. L'analyse chimique a révélé une dissolution préférentielle du cuivre, entraînant un enrichissement de la surface en étain pour les alliages de bronze

Courbe de polarisation CuSn, dans la réline à 50° & 5000RPM



Surface après électropolissage dans un solvant eutectique profond, révélant une topographie significativement plus lisse et homogène

Discussion : conclusions et perspectives

Ce travail confirme la faisabilité de l'électropolissage des alliages de cuivre imprimés en 3D à l'aide de solvants eutectiques profonds, une alternative prometteuse et écologique aux acides conventionnels. Le procédé permet d'obtenir un lissage très significatif des surfaces. Pour une application industrielle, le procédé nécessite une optimisation plus poussée afin de définir une fenêtre de travail stable et reproductible pour chaque alliage. Les perspectives incluent la réalisation de tests de polissage de longue durée (chronoampérométrie).