

Mise en contexte et Problématique

La fabrication additive métallique a transformé le secteur manufacturier, en facilitant la production rapide et économe de pièces complexes. Le procédé **L-PBF**, en particulier, se distingue par sa précision dans la consolidation de poudres métalliques, créant des composants denses et solides. L'acier 17-4 PH, connu par sa robustesse et sa résistance à la corrosion, est ainsi devenu un choix privilégié pour des applications exigeantes dans l'aérospatial, le biomédical et l'outillage.



Figure 1: Des pièces métalliques FA [1].

La fabrication additive de l'acier **17-4 PH** présente encore des défis techniques à surmonter. Certains de ces défis comprennent :

- ✓ la maîtrise des paramètres de fabrication pour assurer une qualité et une reproductibilité élevées, la minimisation des distorsions et des contraintes résiduelles.
- ✓ l'optimisation du procédé et des traitements thermiques post-fabrication pour obtenir les propriétés désirées du matériau.

Objectifs

- Analyser les performances mécaniques et la microstructure en déterminant l'effet des paramètres d'entrée sur la qualité de sortie.
- Optimiser le procédé de fabrication additive (L-PBF) et les traitements thermiques pour l'acier 17-4 PH en vue de maximiser ses performances mécaniques.

Méthodologie utilisée

Dans notre étude, on a appliqué une approche de plans d'expériences (DOE) pour affiner les paramètres de L-PBF et de TT, en utilisant une imprimante 3D **EOS M290**. La puissance du laser, la vitesse de balayage, l'espacement des hachures et la température de vieillissement pour le traitement thermique du **17-4 PH** ont été identifiés comme 4 paramètres critiques du processus.

À travers une matrice de conception orthogonale **Taguchi L9**, nous avons mené **9 essais** en variant ces variables sur trois niveaux, visant à maximiser le taux de production et les propriétés mécaniques de l'acier.



Figure 2: Diagramme détaillant la méthodologie adoptée.

Résultats

- ✓ **Essai de traction et fractographie:** Les essais de traction ont démontré que les traitements thermiques à des températures plus élevées améliorent nettement la ductilité de l'acier 17-4 PH, avec un pic d'allongement à 620°C (H1150): 21%, révélant l'effet marqué du vieillissement sur la flexibilité du matériau. Par ailleurs, le traitement à la condition H900 s'est distingué par les plus hautes valeurs de résistance à la traction: 1314 MPa, soulignant l'importance de cette condition spécifique pour optimiser la résistance mécanique.

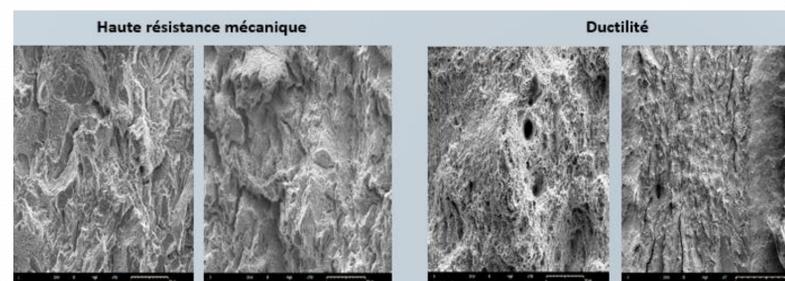


Figure 3: Des images de la rupture des éprouvettes par MEB.

Les images de la fractographie complètent les données de traction, révélant la résistance mécanique et la ductilité des échantillons.

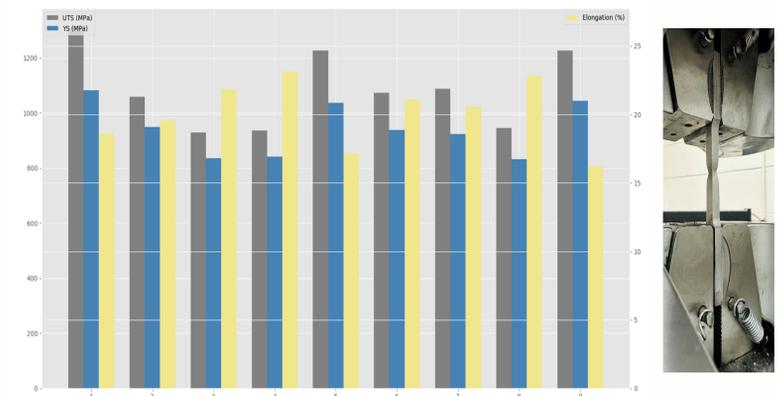


Figure 4: Le comportement en traction des éprouvettes FA.

- ✓ **Essai de micro-dureté:** Les résultats de micro-dureté indiquent une tendance à la diminution de la dureté avec l'augmentation de la température de vieillissement.

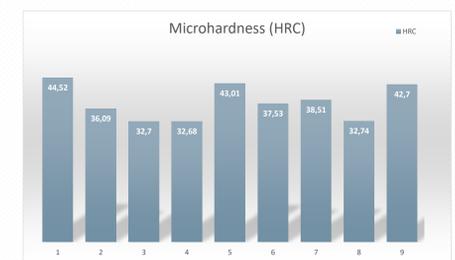


Figure 5: la micro-dureté des 9 éprouvettes FA.

Conclusion

- Cette recherche souligne l'importance critique des paramètres L-PBF et du traitement thermique sur les performances mécaniques de l'acier 17-4 PH.
- Une optimisation minutieuse de ces paramètres peut conduire à un équilibre entre la résistance, la ductilité et la résilience, adapté aux exigences spécifiques des applications industrielles.

Poursuite du projet

- Faire les tests de résilience Charpy et examiner la microstructure.
- optimiser les paramètres du processus pour améliorer les performances du matériau en fatigue.

Références :

[1] "3D Printing Steel – The Ultimate Guide" par All3DP (30 mars 2024), disponible sur [https://all3dp.com/1/3d-printed-steel/\[1\]](https://all3dp.com/1/3d-printed-steel/[1])