

# Le polissage par laser

Juillet 2014

## Contexte

Un traitement de surface est généralement réalisé dans le but d'améliorer les caractéristiques superficielles d'un matériau (dureté, module d'élasticité, résistance à l'usure ou à l'oxydation, modification de la conductivité thermique ou électrique, aspect visuel), tout en préservant son intégrité dans son volume. Dans ce domaine, le laser offre un large éventail de traitements que ce soit en phase solide ou liquide, avec ou sans apport de matière. Nous présenterons ici la technologie de polissage par laser, traitement de surface en phase liquide sans apport de matière. Elle trouve des applications sur des bases acier ou fonte pour l'amélioration des états de surface.

## Problématique

Le polissage est une opération manuelle laborieuse prenant d'autant plus de temps que les surfaces à traiter sont complexes; L'automatisation de cette opération permet d'en réduire la pénibilité; elle est souvent aussi synonyme de gain de productivité, les opérations de polissage sur les surfaces complexes pouvant atteindre jusqu'à 30% du temps total de fabrication.

Pour cette application, les avantages du laser sont les suivants :

- Le traitement est très localisé, garantissant une grande précision des zones modifiées.
- Grâce à l'automatisation du procédé et l'utilisation d'un bras robot, il est possible de traiter des formes complexes, le faisceau laser étant transporté par fibre optique.
- L'état de surface, généralement de grande qualité, limite l'usinage après le traitement.

## Procédé

Le polissage par laser consiste à chauffer localement la surface d'un matériau à l'aide d'un laser jusqu'à la température de fusion du matériau. Arrivé à cette température, les pics de la topographie de surface fondent et la matière fondue s'écoule dans les vallées (Figure 1). Le faisceau laser est défocalisé sur la pièce offrant un spot circulaire de diamètre réglable.

Néanmoins, le polissage par laser présente plusieurs limitations :

- L'investissement d'un laser de forte puissance est relativement élevé, les prix étant à la baisse, avec l'avènement des lasers à diodes et à fibre ou à disque de forte puissance. Cependant, dans le cas du polissage laser, les puissances mises en œuvre sont inférieures à 1kW limitant l'investissement.
- La largeur des zones traitées est relativement faible, limitant l'utilisation de ce procédé à des surfaces restreintes, par exemple des surfaces complexes ou difficilement atteignables.
- L'utilisation d'une source laser de forte puissance présente des risques photoniques (risques optiques pour l'œil et physiques pour la peau) nécessitant des protections adéquates.

## AU SOMMAIRE

CONTEXTE	1
PROBLEMATIQUES	1
PROCÉDÉ	1
INFLUENCE DES PARA-	2
RÉPÉTABILITÉ	3
ANALYSE AU MEB	4
TEXTURATION DE LA SURFACE	5

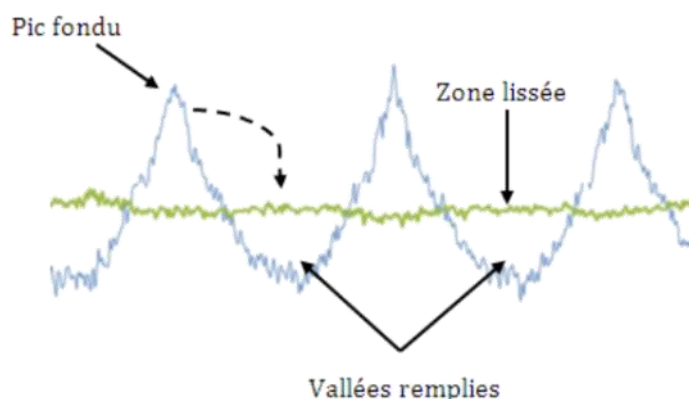


Figure 1 : Principe du polissage laser

Un déplacement du laser par rapport à la pièce génère un cordon et la juxtaposition de plusieurs cordons permet de recouvrir une surface (Figure 2). La tête laser peut être fixée sur un emplacement fixe (Figure 3) ou portée par un robot (Figure 4). Les vitesses de déplacement mises en œuvre sont comprises entre 1 et 50 m/min.

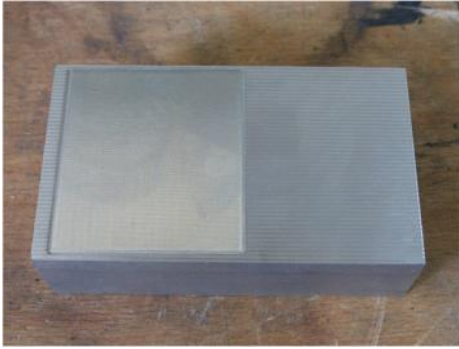


Figure 2 : Exemple de surface polie par laser

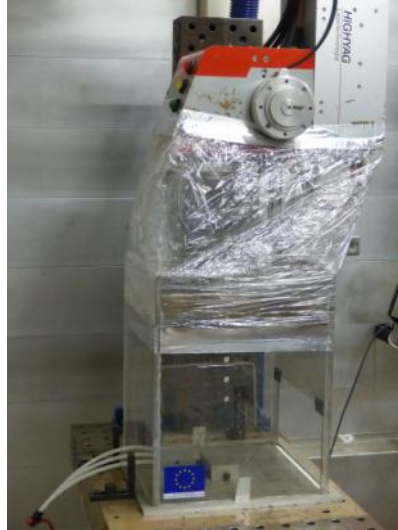


Figure 3 : Tête de polissage fixe



Figure 4 : Tête de polissage portée par un robot

## Influence des paramètres

Les essais présentés ici sont menés sur de l'acier inoxydable 316L obtenus par usinage avec une hauteur de crête de  $60 \mu\text{m}$ . La rugosité de surface ( $S_a$ ) initiale est de  $13,6 \mu\text{m}$  (Figure 5).

La 1<sup>ère</sup> passe de polissage est obtenue avec une puissance de 750 W et une vitesse d'avance de  $1 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ . La rugosité de la surface ( $S_a$ ) obtenue avec ces paramètres est de  $1,09 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$  (Figure 6). Une 2<sup>ème</sup> passe de polissage à plus grande vitesse peut être mise en œuvre afin de réduire encore la rugosité. On observe une amélioration de la rugosité dès  $2 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  pour la vitesse de la 2<sup>ème</sup> passe. Au-delà de cette vitesse la rugosité n'est plus impactée (Figure 7). Cependant le temps de traitement de la surface est fortement réduit. Comme nous pouvons le voir dans la figure 7, la rugosité n'est pas influencée par le croisement de la 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> passe. L'aspect visuel des surfaces polies reste le même quelque soit la vitesse de la 2<sup>ème</sup> passe de polissage (Figure 8).

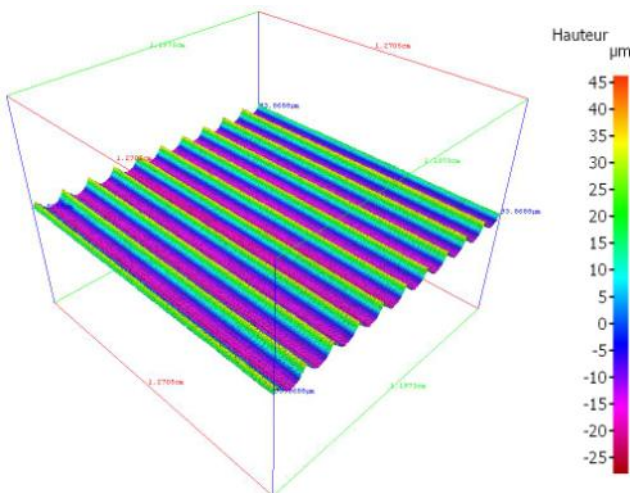


Figure 5 : Surface avant polissage laser

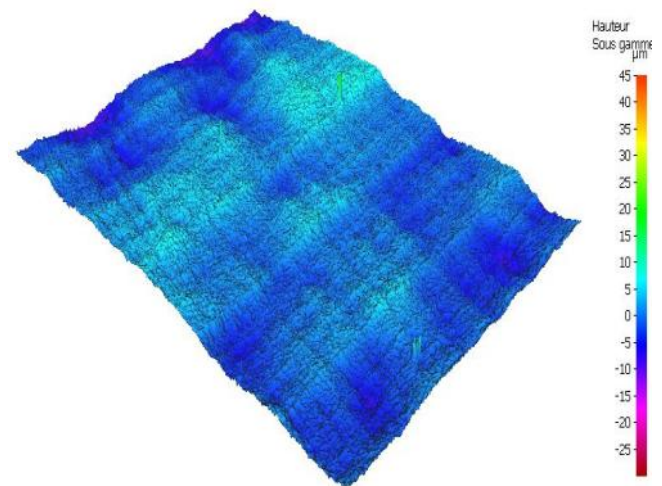


Figure 6 : Surface avant polissage laser (1 passe)

$V_2 \text{ (m} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$	$V_2 \text{ (cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$	$S_a \text{ croisé (}\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m)}$	$S_a \text{ non croisé (}\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m)}$
1	1,5	1,03	0,78
2	2,9	0,52	0,50
4	5,7	0,50	0,55
8	10,8	0,47	0,59
10	13,2	0,59	

Figure 7 : Tableau des  $S_a$  mesurés en fonction de la vitesse de la 2<sup>ème</sup> passe. .



$V_2 = 1 \text{ m.min}^{-1}$

$V_2 = 2 \text{ m.min}^{-1}$

$V_2 = 4 \text{ m.min}^{-1}$

$V_2 = 10 \text{ m.min}^{-1}$

Figure 8 : Apparence des surfaces polies avec 2 passes.

Une 3<sup>ème</sup> passe de polissage a été réalisée croisée par rapport à la 2<sup>ème</sup>. Comme nous pouvons le voir dans la figure 9, l'influence de la 3<sup>ème</sup> passe sur la surface est négligeable, la rugosité restant dans le même ordre de grandeur que lors d'une 2<sup>ème</sup> passe. De même l'aspect visuel est identique pour les vitesses de 10 à 15 m.min<sup>-1</sup> et nous observons l'apparition d'une instabilité du procédé de polissage à partir de 20 m.min<sup>-1</sup>. Au dessus de 30 m.min<sup>-1</sup> le laser n'affecte plus la surface (figure 10).

$V_3$ (m.min <sup>-1</sup> )	$V_3$ (cm <sup>2</sup> .min <sup>-1</sup> )	Sa mesuré ( $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ )
10	13,2	0,45
15	18,8	1,04
20	24	0,60

Figure 9 :Tableau des Sa mesurés en fonction de la vitesse de la 3<sup>ème</sup> passe. La 3<sup>ème</sup> passe est croisée par rapport à la 2<sup>ème</sup>.



$V_3 = 10 \text{ m.min}^{-1}$

$V_3 = 15 \text{ m.min}^{-1}$

$V_3 = 20 \text{ m.min}^{-1}$

Figure 10 : Apparence des surfaces polies avec 3 passes de polissage.

## Répétabilité

La 3<sup>ème</sup> passe n'étant pas utile, nous avons évalué la répétabilité du procédé de polissage laser avec 2 passes, 3 essais ont été réalisés avec les mêmes paramètres (Figure 11). Les résultats de la figure 11 nous montrent que lorsque le procédé est utilisé sur des surfaces planes avec une topographie régulière, le procédé est répétable avec un rugosité qui évolue autour de

Répétabilité	Sa mesuré ( $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ )
1	0,59
2	0,63
3	0,69

Figure 11 : Etude de la répétabilité



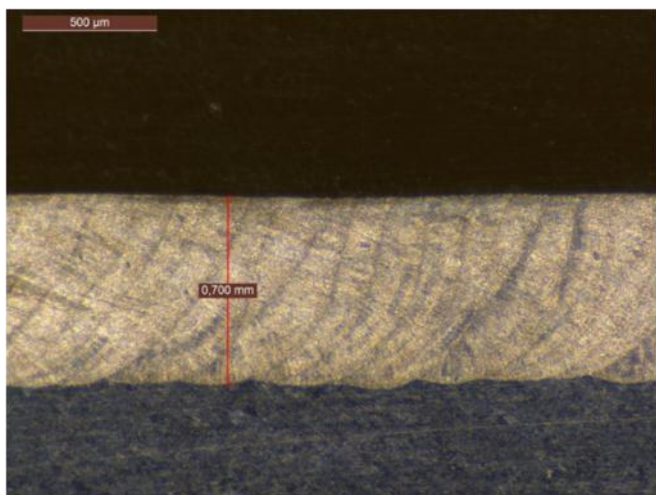


Figure 12 : Coupe surface polie 1 passe

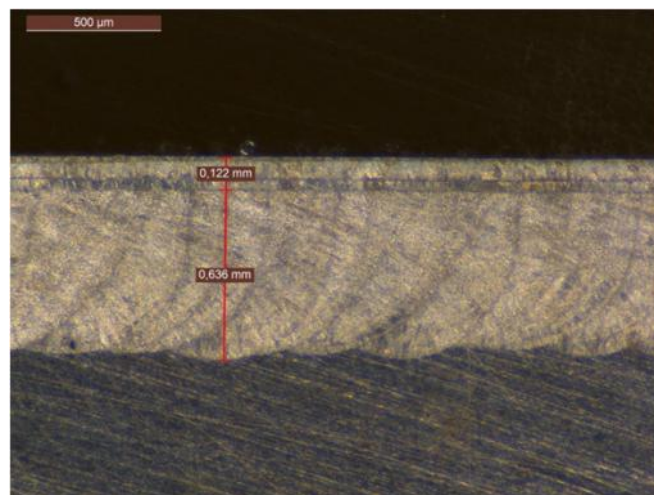


Figure 13 : Coupe surface polie 2 passes

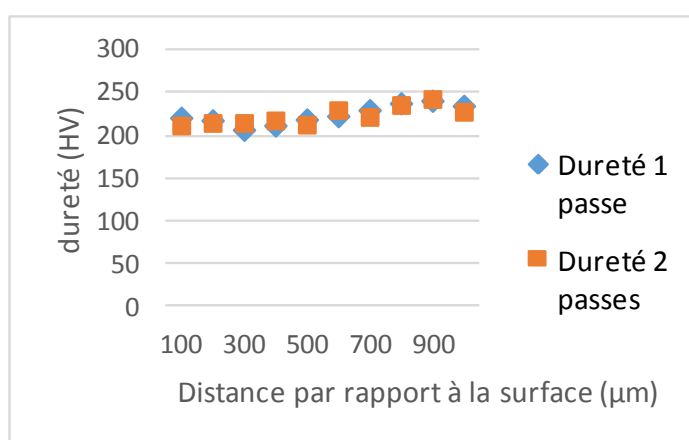


Figure 14 : Dureté des surfaces polies

Comme nous pouvons le voir dans les coupes métallographiques, l'épaisseur de matière affectée par le polissage est de 700 μm lors de la 1ère passe et de 122 μm lors de la 2ème passe à plus grande vitesse, aucun défaut n'étant observable sur les coupes (Figure 12 et 13). Le polissage n'a aucune influence sur la dureté de la surface (Figure 14).

## Analyse de la surface au MEB

Les surfaces polies par laser ont été observées au MEB. Nous pouvons constater l'apparition de dendrites aux extrémités des passes laser (Figure 15), ainsi que la formation de particules de carbone (Figure 16) et la présence de fissuration à chaud (Figure 17). Les dendrites ne sont plus visibles après une 2ème passe et aucune fissuration à chaud n'est observée. Il reste quelques particules de carbone présente mais en quantité infime (Figure 18).



Figure 15 : Surface polie avec 1 passe observée au MEB

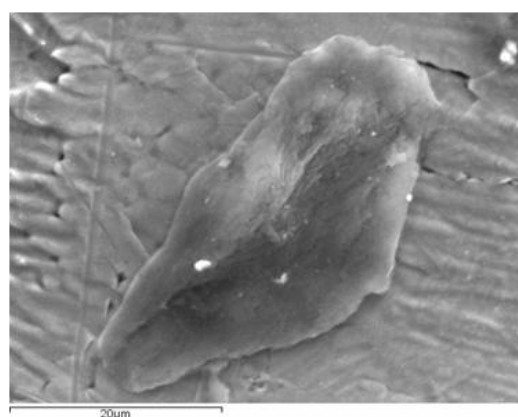


Figure 16 : Particule de carbone

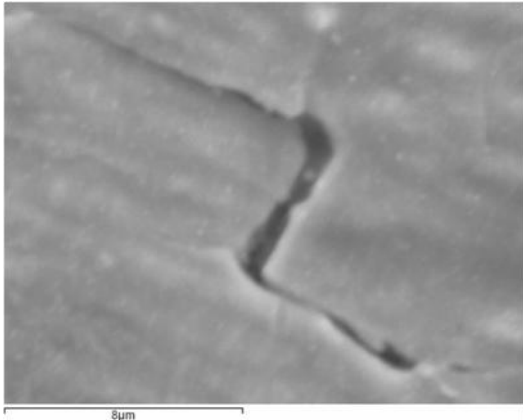


Figure 17 : Fissuration à chaud

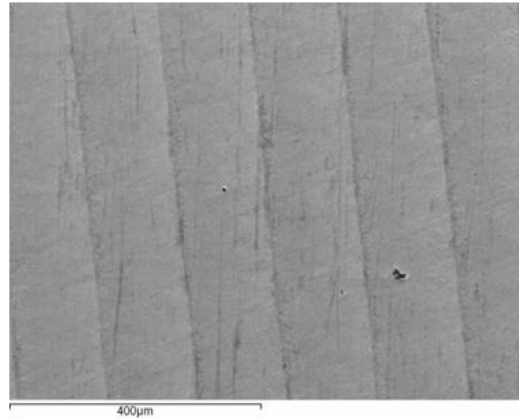


Figure 18 : Surface polie avec 2 passes observée au MEB

Le polissage laser de pièces en acier inoxydable 316L permet une réduction importante de la rugosité et une bonne qualité de surface. Cependant le procédé entraîne une certaine texturation de la surface polie ; celle-ci étant due au passage répétitif du faisceau laser (Figure 19). Ce défaut peut ne pas être acceptable pour des pièces d'aspect.

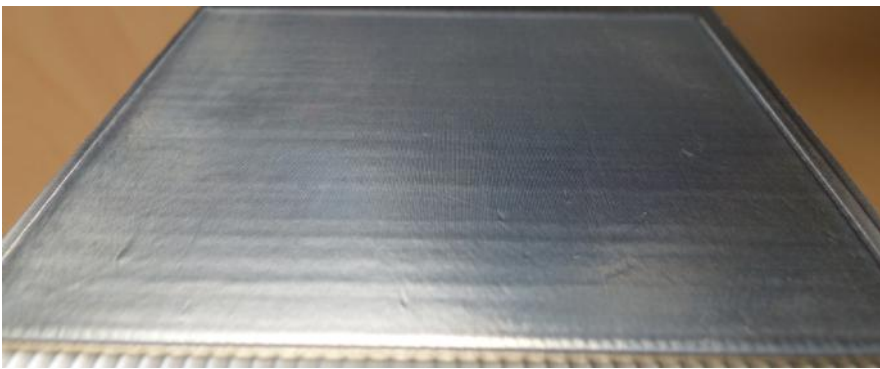


Figure 19 : Texturation d'une surface polie

## Conclusions

Après optimisation des paramètres laser, la rugosité mesurée ici par le Sa est réduite de presque 90% (Sa final de 0,64  $\mu\text{m}$ ). Lorsque le procédé est utilisé sur des surfaces planes avec une topographie régulière, le procédé offre une bonne répétabilité. Le procédé montre ainsi tout son intérêt dans le cas de polissage de pièces complexes difficilement accessibles. Cependant le procédé entraîne une certaine texturation de la surface polie, ce défaut peut ne pas être acceptable pour des pièces d'aspect.

Pour en savoir plus, contactez:  
 Laurent DUBOURG, Chargé d'affaires Pôle Assemblage  
 tel: 02.99.57.15.74  
 laurent.dubourg@institutmaupertuis.fr

## INSTITUT MAUPTUIS



**INSTITUT MAUPTUIS**  
 Contour A. de St Exupéry  
 Campus de Ker Lann, 35170 Bruz

☎ 02 99 57 15 74  
 laurent.dubourg@institutmaupertuis.fr



L'Institut MAUPTUIS est un centre de ressources technologiques en productique et en mécanique. Il accompagne les entreprises dans l'innovation de leurs produits et de leurs outils de production en mettant à leur disposition compétences, méthodologies et équipements industriels :



**Ingénierie de projets innovants**  
 Assistance au montage et à la conduite de **projets techniques collaboratifs ou internes** : Recherche de partenaires industriels ou académiques, recherche de financement et rédaction de dossier, gestion de projet.



**Conseil technologique neutre**  
 Conseil sur les **technologies productives** et leurs **applications industrielles** : RFID, automatisation, monitoring, capteurs ...



**Conseil en robotisation des procédés**  
 Études de faisabilité technico-économique, démonstrateur, prototypage.  
 Expert du programme national 



**Expertise des procédés laser**  
 Études de faisabilité industrielle, essais sur plateforme, qualification, prototypage : Soudage, découpe 3D, rechargement, polissage, traitement de surface.



**Expertise des procédés d'assemblage par friction-malaxage robotisé (RFSW)**

L'association s'inscrit dans la politique régionale de soutien à la recherche appliquée et à l'innovation. Son pilotage est assuré par des personnalités industrielles locales en partenariat avec l'UIMM Bretagne et le CETIM. L'association est soutenue et subventionnée par l'Union Européenne (Fonds FEDER), la Région Bretagne, le Conseil Général d'Ille et Vilaine et Rennes Métropole. L'Europe s'engage en Bretagne avec le Fonds Européen de Développement Régional.