

TRAITEMENT DE SURFACE RECHARGEMENT LASER

UTILISATION INDUSTRIELLE DU LASER



Alsace Media Science • www.ams-science.com • Septembre 2009 • reproduction interdite



IRÉPALASER

Parc d'Innovation
F-67400 Illkirch
T : + 33 (0)3 88 65 54 00
F : + 33 (0)3 88 65 54 01
IL@irepa.u-strasbg.fr
www.irepa-laser.com



Edition 2009

IRÉPALASER

Sommaire

- 4 Différents traitements de surface par laser
- 5 Nettoyage – Décapage par laser
- 9 Rechargement – Amélioration des qualités de surface
- 19 Fabrication rapide – Le procédé CLAD®
- 22 Trempe laser – Trempe superficielle de qualité
- 26 Traitements de surface hybrides – Amélioration des performances
- 29 Traitements de surface par laser – Réduction de l'impact écologique
- 30 Conclusion

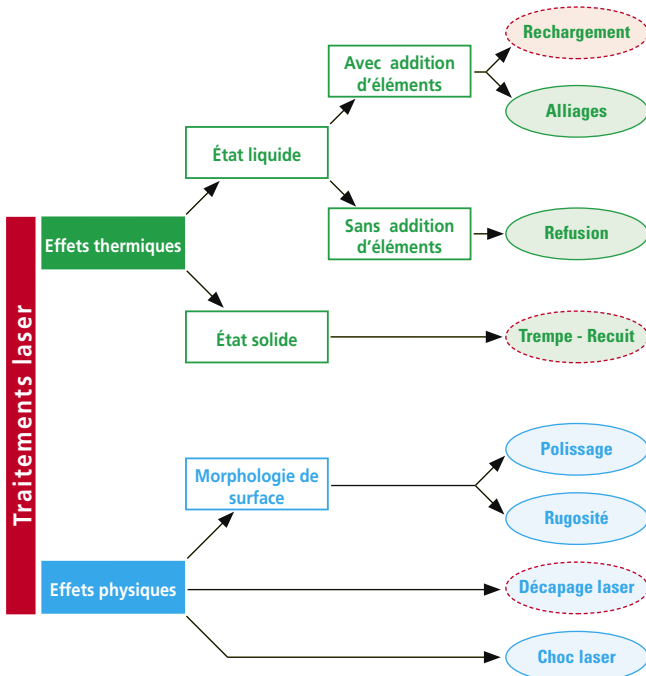
La surface d'une pièce est en première ligne face aux sollicitations, qu'elles soient mécaniques, chimiques, thermiques, esthétiques, etc.

C'est pour cette raison qu'il est important d'adapter la surface des matériaux tant du point de vue de la géométrie que de la composition pour répondre aux exigences techniques. Le laser est un outil propre et sans contact qui permet de positionner le point d'énergie là où c'est nécessaire et avec une quantité optimale.

Aujourd'hui l'impact environnemental des procédés de fabrication est une donnée incontournable. Le laser prend une place privilégiée dans cette problématique d'autant plus que la technologie laser progresse à grands pas et que ces évolutions auront aussi un impact indéniable sur la qualité des produits, leurs coûts et l'industrialisation des procédés. Ce livret est un guide d'information qui met en avant le laser comme trait d'union qui relie la matière et l'optique sous sa forme énergétique.

Bonne découverte !

■ Différents traitements de surface par laser



Cette présentation synthétique récapitule les différentes possibilités qu'offre le laser dans le domaine des traitements de surface.

Actuellement les traitements les plus utilisés sont le rechargement, la trempe, le décapage et le recuit de cristallisation.

■ Nettoyage - Décapage par laser

Dans ce domaine les principales questions sont :

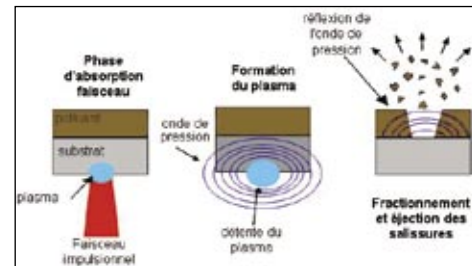
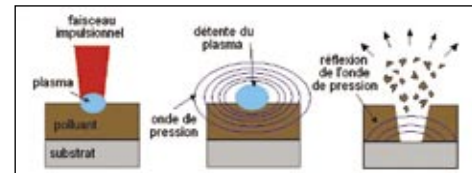
- quelle est la nature des matériaux à traiter ?
- quels sont les éléments à éliminer de la surface ?
- quel est le niveau de propreté requis ?

Ces questions sont fondamentales pour pouvoir choisir la technologie laser la plus adéquate. Mais le point fort du nettoyage laser reste le respect de la surface sur laquelle il y a salissure.

► Nettoyage - décapage par détente de plasma

■ Principe

Une des applications de décapage la plus connue s'appuie sur le principe suivant : Un plasma est créé en surface, sa détente provoque un fractionnement et une expulsion des salissures sans endommager le substrat.



■ Avantages

Respect du substrat, utilisation manuelle, mobilité des sources laser utilisées.

■ Inconvénients

Ne permet pas d'éliminer de forte épaisseur, nécessité d'avoir un substrat ou une pollution absorbante au faisceau laser, n'élimine pas des salissures incrustées ou partiellement incrustées. Modification du pigment pour certaines natures de pierre. Laisse apparaître dans certains cas une très légère fusion du substrat.

■ Applications industrielles

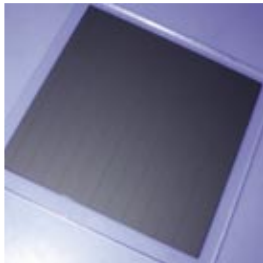
Ce type de nettoyage est utilisé pour la rénovation des monuments historiques mais il a également trouvé sa place dans l'industrie pour l'entretien des moules d'injection par exemple.



Décapage de moule de verrerie © QUANTEL



Décapage de monument historique © REPALASER



Décapage de cellules solaires © IBERN



Décapage de cellules solaires © IBERN

► Nettoyage – décapage par brûlure

■ Principe

Certains éléments de surface peuvent être éliminés par un apport thermique superficiel délivré par le faisceau.



■ Avantages

Traitement rapide par l'utilisation de tête scanner permettant un balayage du faisceau sur la face à nettoyer. Traitement automatique

■ Inconvénients

Léger échauffement du substrat, nécessité d'avoir une interaction salissure/faisceau.

■ Applications industrielles

Possibilité d'éliminer une couche de graisse ou une peinture par exemple.

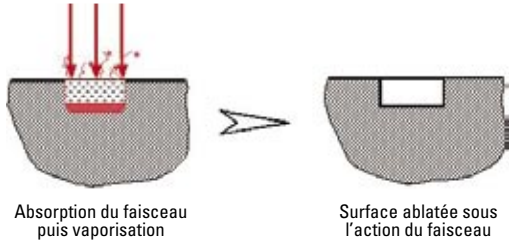


Élimination de la peinture sur un radom © SUDR

► Nettoyage - décapage par ablation

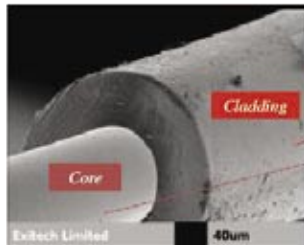
■ Principe

Dans ce cas il s'agit de vaporiser la couche contaminée sous l'action d'un faisceau laser impulsionnel. Sur des matériaux composites il est possible en jouant sur la différence d'absorption d'éliminer un des composants.

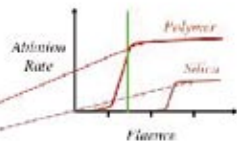


■ Avantages

Mise à nu du matériau, élimination des salissures incrustées, gestion de la profondeur traitée, traitement sélectif si un des constituants est transparent à la longueur d'onde du faisceau.



Préparation de surface avant collage

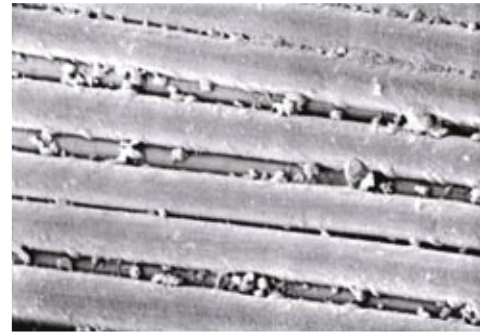


■ Inconvénients

Faible vitesse de traitement (diamètre du faisceau de quelques dizaines de μm), échauffement localisé.

■ Applications industrielles

Préparation avant collage (exemple : élimination du polymère en préservant la fibre dans un matériau composite), amélioration de la mouillabilité avant collage.



Préparation avant collage de tissus composites carbone/epoxy

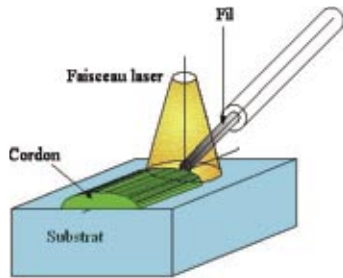
■ Rechargement - Amélioration des qualités de surface

Le rechargement laser fait partie de la grande famille du rechargement par fusion. De ce fait le dépôt est dense et métallurgiquement lié au substrat. Nous voici en présence d'un procédé qui permet d'adapter la nature du matériau en fonction des sollicitations (frottement, usure, renforcement mécanique localisé, corrosion, etc.) de façon préventive ou de façon curative. On peut alors éviter de réaliser la totalité d'une pièce dans un matériau onéreux ou peu disponible et limiter les traitements thermiques.

► Rechargement – Différentes méthodes de dépôt

Plusieurs possibilités sont présentes dans le domaine industriel, voici les techniques les plus utilisées :

A/ Rechargement avec fil d'apport



■ Principe

Cette solution consiste à présenter le matériau d'apport sous forme de fil, sous un faisceau laser. Celui-ci est fondu, une légère fusion du substrat permet la liaison métallurgique.

■ Avantages

En théorie, le rendement de déposition est égal à 100%. Absence de problème de sécurité (pyrophoricité, allergie, salissure...)

■ Inconvénients

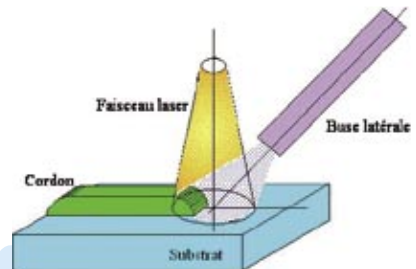
La position de la baguette ou du fil par rapport au faisceau doit rester très précise pour assurer un bon couplage entre le faisceau et le matériau d'apport. De plus, l'orientation de l'apport de fil doit être asservi pour des rechargements de formes complexes. Suivant les matériaux d'apport, les diamètres de fils utilisables vont jusqu'à 2 mm. La réalisation de dépôts avec cette technique n'est

possible qu'avec des matériaux tréfilables (aciers, alliages base nickel, base cobalt). Pour les matériaux durs tels que les carbures de tungstène, il est nécessaire de contourner cet obstacle en utilisant des fils fourrés.

■ Applications industrielles

Le réglage délicat ainsi que le coût des matériaux d'apport ne permettent pas d'application industrielle.

B/ Rechargement avec poudre en injection latérale



■ Principe

La poudre est injectée latéralement dans le volume d'interaction du faisceau laser. La poudre ainsi qu'une fine couche du substrat sont portés à fusion afin d'assurer la liaison métallurgique.

■ Avantages

Cette technique présente l'avantage de sa simplicité. Cependant, un difficile asservissement de la position de l'injecteur par rapport au sens du déplacement est nécessaire pour la réalisation de formes complexes.

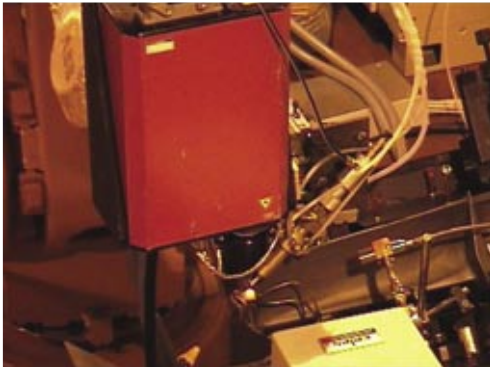
L'apport sous forme de poudres présente l'avantage de pouvoir déposer un large choix de matériaux, en particulier des carbures. Facilité d'accès car la buse peut être peu encombrante.

■ Inconvénients

Le rendement de déposition est relativement faible car le temps d'interaction poudre/faisceau est court (rendement autour de 60%). Réglage de la buse relativement délicat (risque de dérèglement).

■ Applications industrielles

De nombreuses applications industrielles sont réalisées par cette technique. Ci-dessous une illustration du rechargement d'un Z d'aube de turbine pour laquelle l'accessibilité est réduite.



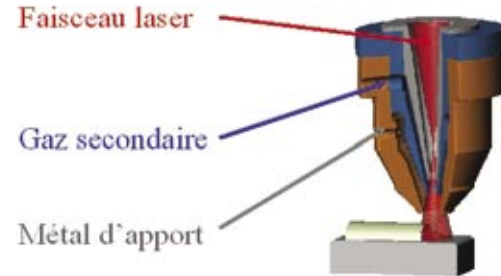
Rechargement par injection latérale de poudre

© IREPA LASER

C/ Rechargement avec poudre en injection coaxiale

■ Principe

L'autre voie, basée sur un dispositif d'apport de la poudre coaxialement au faisceau, autorise des rechargements multidirectionnels.



Principe de la buse coaxiale brevetée IREPA LASER. Brevet européen n° 0574580 et Brevet américain n° 5418350.

■ Avantages

L'irradiation du matériau d'apport est plus longue et plus régulière que dans une injection latérale. L'homogénéité du dépôt et le rendement de l'ensemble sont améliorés.

■ Inconvénients

L'inconvénient majeur de cette technique tient à l'encombrement du système d'apport.

■ Applications industrielles

La technique de rechargement coaxiale est à ce jour la plus industrielle des techniques présentées. Le système d'apport coaxial, développé par IREPA LASER, équipe actuellement une vingtaine d'installations dans le monde dont certaines font de 4000 à 6000 heures de rechargement par an.

Deux grandes familles d'applications :

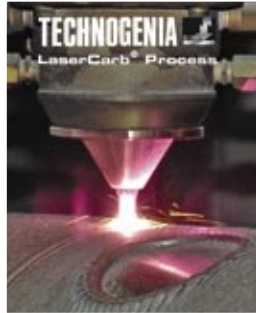
■ Rénovation de pièces usagées : il s'agit là de rechargement curatif. La pièce type est la bague d'usure mais on peut également voir des remises au diamètre, des reprises après erreurs d'usinage, etc.

- Prévention des agressions de surface: dans ce cas le rechargement permet de placer aux endroits spécifiques le matériau le plus à même de résister. On peut alors utiliser un substrat plus banal et ajouter aux endroits spécifiques des matériaux d'apport nobles. Cette intégration de conception permet d'économiser aux niveaux de la matière première, de l'usinage, des traitements thermiques, ...

La majeure partie des applications industrielles est orientée anti-usure donc augmentation de la durée de vie des pièces.



Rechargement par injection coaxiale de poudre avec laser CO₂



Rechargement par injection coaxiale de poudre avec laser à diodes

► Rechargement – Caractéristiques des dépôts

Les principales caractéristiques du rechargement laser sont les suivantes :

- Dépôts denses. Le dépôt est obtenu par fusion.
- Liaison métallurgique entre le dépôt et le substrat ce qui permet d'éviter les délaminations.

- Gestion de la dilution sur les aciers. Le substrat ne participe que de quelques pourcents à l'élaboration du dépôt. De ce fait la composition chimique du dépôt n'est pas polluée. Cette caractéristique permet également de limiter le nombre de couches à déposer.

- L'apport thermique est très localisé ce qui permet de limiter les déformations.

- La structure micrographique est fine (caractéristique de la forte vitesse de refroidissement) ce qui améliore la tenue à la corrosion.

- Haut niveau de dureté. Là encore cette caractéristique est liée aux vitesses de refroidissement

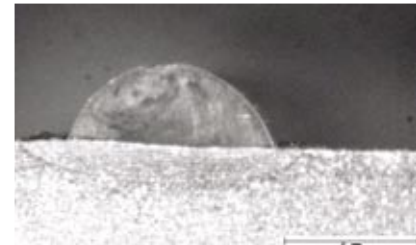
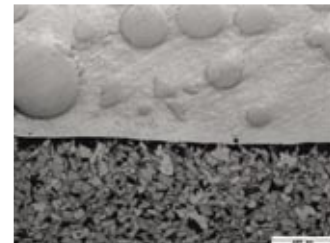


Illustration de la dilution sur un cordon



Coupe micrographique

► Rechargement – Quels lasers utiliser ?

Il existe actuellement 4 types de sources lasers capables de délivrer les puissances nécessaires au traitement des matériaux. Ce sont les lasers CO₂, YAG, laser à diodes et laser fibre. Leurs caractéristiques sont mentionnées dans le tableau ci-dessous.

Lasers	CO ₂	YAG	Diodes	Fibre
Longueur d'onde (µm)	10,6	1,06	0,8-0,9	1,07-1,08
Rendement électrique (%)	5-10	1-3	40-50	25-30
Coefficient d'absorption sur fer (à 20°C) (%)	5-10	25-30	40	25-30
Niveau de puissance pour un cordon de 4 mm de large à puissance équivalente	5	3,3	3	3,5
Transport du faisceau	miroir	fibre optique		

► Rechargement – Matériaux d'apport – Résultats

Tous les alliages métalliques sont susceptibles d'être déposés par laser. Les principaux alliages sont les suivants :

- base fer (des aciers alliés aux aciers à outils)
- base nickel (exemple : la famille des Inconels)
- base cobalt (famille des Stellites™)
- base aluminium
- mais également les bases molybdène, cuivre...

On peut également intégrer des particules de carbures dans un liant métallique. Ce sont aujourd'hui des dépôts particulièrement résistants à l'usure. De façon plus réduite, on voit également des dépôts avec des particules de diamants ou d'autres éléments thermiquement sensibles.

On enregistre cependant un taux important de contraintes mécaniques dans le dépôt. Dans certains cas il est nécessaire d'adapter les procédures de dépôt pour éviter l'apparition de défaut. Il faut également respecter une compatibilité métallurgique entre le dépôt et son substrat.

Les résultats obtenus sont directement liés au matériau d'apport utilisé, cependant on relève une spécificité en termes de :

- Dureté : le cycle du process génère une dureté plus élevée qu'avec les autres procédés
- Structure : très fine du fait de la vitesse de solidification
- Tenue en corrosion : plus performante grâce, entre autre, à la finesse de structure métallurgique.

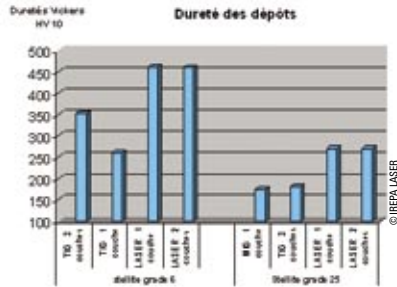
■ Influence de la nature du dépôt

Des pointes d'outils ont été rechargées avec une addition de carbure de tungstène (WC) dans une matrice métallique. On relèvera l'influence de la teneur en carbure sur la tenue de la pièce.



■ Influence du procédé de rechargement sur la dureté du dépôt

Des essais de dureté ont été menés sur des pièces revêtues avec différents procédés. On notera la variation de résultats qui est liée à la dilution du substrat et à la vitesse de solidification.

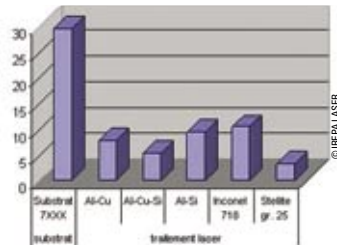


Comparatif de dureté Vickers

On relèvera qu'il n'est pas nécessaire de déposer plusieurs couches pour atteindre les meilleures performances de dureté. On peut ainsi limiter la quantité de matière à déposer ainsi que les déformations.

■ Influence du matériau en surface lors d'un essai d'usure

Pour information, voici les résultats d'usure obtenus sur différents matériaux déposés par rechargement laser.



Usure en µm suite à un essai d'usure pion/disque

Ces résultats permettent d'envisager le renforcement de moules en alliage d'aluminium. Cette solution permettrait de concilier les bonnes caractéristiques thermiques de ces moules et la résistance à l'usure du plan de joint qui, à ce jour, est un frein à leur utilisation.

■ FABRICATION RAPIDE – LE PROCEDE CLAD®

▶ Fabrication rapide ou modification – pièces massives

■ Principe

Le principe s'appuie sur celui du rechargement. Il s'agit ici non plus de revêtir une surface mais de construire des pièces 3D ou des parois. Les moyens à mettre en œuvre sont identiques. En utilisant cette technique on obtient des pièces denses de géométrie proche de celle de la pièce finale.

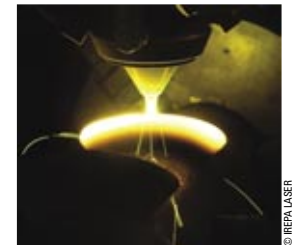


Exemple de construction de pales sur un arbre

La gamme de puissance est directement liée à la dimension des dépôts à réaliser mais de façon globale, il s'agit ici de puissances comprises en 1 et 4 kW.

■ Avantages

Cette nouvelle stratégie de fabrication de pièce permet de réduire les temps d'usinage, de limiter l'approvisionnement



Construction d'une pale

matière et d'obtenir des délais de réalisation plus courts. Il devient possible également de modifier une pièce existante ou d'ajouter de nouvelles fonctionnalités. Dans l'exemple ci-contre, la réalisation de la pièce en construction additive directe est 42% moins chère et reste intéressante jusqu'à une production de 100 pièces.



Illustration d'une pièce brute de dépôt

© IREPA LASER

Coûts et temps	Usinage classique	Procédé CLAD®
Coût pièce rechargée sans usinage	0 €	106 €
Coût fraisage	175 €	30 €
Coût pièce finie	326,50 €	137,50 €
Temps de rechargement	0	15 min
Temps d'usinage	3 h 30 min	30 min
Temps pièce finie	3 h 30 min	45 min

■ Inconvénients

Il faut disposer d'un logiciel de construction qui édite les trajectoires à suivre. Le dépôt réalisé nécessite une reprise de surface même si les cotes obtenues sont très proches des cotes finales.

► Fabrication rapide ou modification – pièces de parois fines

■ Principe

Le principe du procédé s'appuie toujours sur celui du rechargement, seul l'outil de rechargement ainsi que la qualité du faisceau doivent permettre la réalisation de parois fines. La gamme de puissances est ici comprise entre 200W et 1kW. La densité des pièces réalisées est très proche de 100%, la rugosité obtenue (R_a) se situe entre 4 et 6 μ m.



Exemple de constructions de pièces à parois fines.

© IREPA LASER

■ Avantages

> Les parois construites sont denses. Le faible niveau de puissance limite l'impact thermique et de ce fait les déformations. Les lasers utilisés sont ici des lasers fibrés donc facilement intégrés sur une machine standard.

> Ces lasers sont de petite taille (Rack 19" 4U - 60x80x80cm³ pour 1 kW).

> Une buse de rechargement coaxiale, s'appuyant sur le brevet d'IREPA LASER, a été adaptée à la construction de ces fines parois. Elle permet, tout en conservant l'aspect multidimensionnel, d'assurer une bonne couverture gazeuse ainsi qu'un bon rendement.

> Ce procédé très ouvert permet soit de construire une pièce dans sa totalité, soit de rajouter des éléments sur des pièces existantes. Un des grands avantages de ce procédé, par rapport aux procédés concurrents de fusion sur lit de poudre, réside dans la vitesse de construction (2 à 10 cm³/h).



Mise en évidence des couches déposées

© IREPA LASER



Ajout d'une tubulure sur une bride existante.

© IREPA LASER

> Les caractéristiques mécaniques sont supérieures aux pièces de fonderie et équivalentes aux tôles laminées.

IREPA LASER propose une solution complète intégrant un logiciel de génération de trajectoire à partir d'un fichier CAO (PowerCLAD), un distributeur spécialement développé pour les faibles débits, une buse de rechargement coaxiale et une machine 5 axes.



Construction d'une pièce aéronautique

■ Inconvénients

Le procédé nécessite un appui pour la construction de parois. Une orientation structurale dirigée est induite par le gradient thermique du process.

■ Applications industrielles

Ce procédé récemment industrialisé intéresse le médical pour la fabrication sur mesure de prothèses. L'industrie aéronautique est également intéressée par les possibilités de fabrication rapide et de réparation.



Prototype à l'échelle 1/3 d'un conduit d'air Dassault

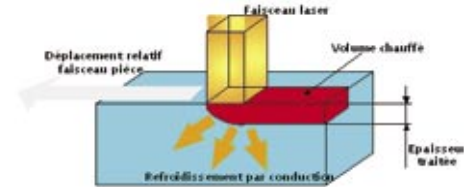
■ TREMPE LASER – TREMPE SUPERFICIELLE DE QUALITE

► Trempe laser - définition

■ Principe

La trempe laser est une trempe superficielle.

Le faisceau permet l'échauffement du matériau, le déplacement assurera la localisation du traitement.



■ Avantages

La caractéristique est que le refroidissement n'est assuré que par la dissipation thermique des calories dans la pièce. De ce fait, il n'y a pas de milieu de couplage tel que douche pour assurer le refroidissement.

Il est possible de traiter de très petites zones (quelques dixièmes de mm).

■ Inconvénients

La cinétique très rapide du procédé demande une grande réactivité métallurgique. Une protection gazeuse est nécessaire pour éviter toute trace d'oxydation.

■ Applications industrielles

Les domaines sont variés. On peut noter par exemple le traitement de ressorts dans l'automobile, la trempe d'outils de coupe pour l'industrie papetière, le traitement d'arêtes de moule... Le niveau de puissance peut aller de quelques dizaines de watts à plusieurs kW.



Opération de trempe laser

► Trempe laser – caractéristiques des zones traitées

Le temps de traitement est très court, de quelques millisecondes à quelques secondes. De ce fait on ne voit pas apparaître de grossissement du grain, cette particularité améliore les résultats obtenus.

Cette particularité impose une cinétique de mise en solution rapide, sans quoi la trempe du matériau ne permet pas d'atteindre le maximum de dureté. C'est pourquoi on observe que les aciers faiblement chargés en carbone répondent mieux à la trempe laser que les aciers fortement alliés pour lesquels les carbures n'ont pas le temps d'être mis en solution.

De la même manière, il est préférable de travailler sur des matériaux déjà à l'état trempé revenu afin de bénéficier d'une répartition homogène du carbone. La profondeur de trempe est d'environ 1 mm.

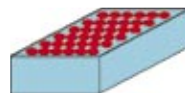
Nuance (état prétraité)	Dureté HRc après trempe laser (profondeur ≈ 0,6 mm)
C65 – C125	64-65
42CrMo4	61-62
55NiCrMoV7	64-65
X100CrMoV5	61-62

D'autre part on enregistre en surface des contraintes de compression qui peuvent être utiles pour limiter l'apparition de fissure.

Comme la trempe laser se réalise en déplaçant la source de chaleur, on ne peut pas éviter de rencontrer des zones d'adoucissement par revenu lors des recouvrements. La gestion des paramètres ainsi que la localisation des zones traitées permet de limiter le phénomène.

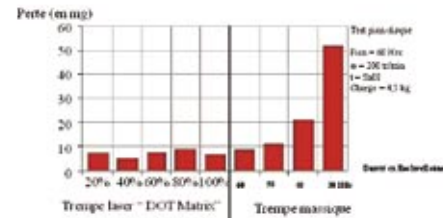


Illustration des zones d'adoucissement



Localisation DOT Matrix

Dans les résultats ci-dessous on peut noter qu'un traitement laser partiel de la surface conduit aux mêmes performances d'usure. On notera qu'il faut réaliser une trempe massive très sévère (60HRc) pour atteindre ces performances.



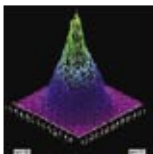
Ces résultats indiquent qu'il n'est pas toujours nécessaire de traiter la totalité d'une surface.

► Trempe laser – les lasers utilisés

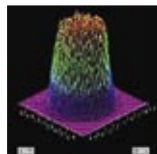
Comme pour le rechargement laser on recherchera en priorité un faisceau à répartition énergétique homogène afin d'éviter que la zone chauffée ne soit le siège d'un gradient thermique.

En fonction des installations nous verrons alors :

- des lasers CO₂ multi modes qui présentent cependant un faible couplage faisceau/matériau
- des lasers YAG ou Fibre
- des lasers à diodes qui sont à ce jour la technologie la plus intéressante puisqu'elle permet à la fois un bon couplage faisceau/matériau, des dimensions de spot variées tout en conservant une répartition énergétique adéquate, un faible encombrement et des coûts de maintenance quasi nuls.



Représentation isotratique d'un faisceau homogène



Représentation isotratique d'un faisceau gaussien

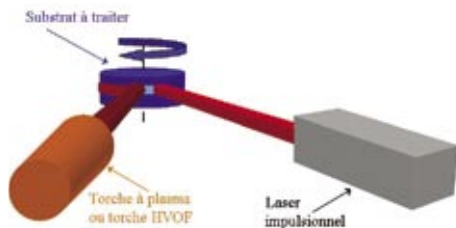
© IREPA LASER

■ TRAITEMENTS DE SURFACE HYBRIDES – AMELIORATION DES PERFORMANCES

► Le procédé PROTAL – préparation avant revêtement plasma

■ Principe

Le procédé PROTAL "Projection Thermique Assistée par Laser", développé par LERMPS/IREPA LASER a été breveté. Il consiste à préparer la surface juste avant un revêtement plasma afin d'améliorer l'adhérence du dépôt. L'intérêt est également de supprimer les opérations de préparation de surface. Voilà encore un bon exemple de l'intérêt du laser face au déficit des traitements de surfaces écologiquement respectueux.



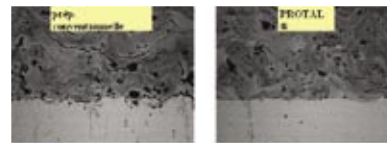
■ Avantages

Les avantages principaux sont de deux ordres :

- Elimination du sablage qui génère une incrustation de particules en surface
- Amélioration de l'adhérence du dépôt sur le substrat et entre couche.

Les résultats d'adhérence ainsi que les micrographies comparatives illustrent bien la réduction notable des oxydes à la liaison substrat/dépôt entre les strates formant le dépôt.

Substrat	Matière de revêtement (APS-F4)	Préparation de surface	Résistance d'adhérence (Mpa)
TiAl ₆ V ₄ TiAl ₆ V ₄	Cuivre Cuivre	Corindonnage Laser 0,75 J/cm ²	60 55
TiAl ₆ V ₄ TiAl ₆ V ₄	Nickel-Chromium 20 Nickel-Chromium 20	Corindonnage Laser 0,75 J/cm ²	60 55
TiAl ₆ V ₄ TiAl ₆ V ₄	Al ₂ O ₃ /13%TiO ₂ Al ₂ O ₃ /13%TiO ₂	Corindonnage Laser 0,75 J/cm ²	80 80



Dépôt: cuivre pur - Substrat: 2017 - Technique: APS

■ Inconvénients

Le coût d'investissement de l'installation et la méconnaissance du process restent les freins majeurs.

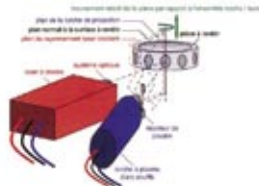
■ Applications industrielles

Si la technique est encore peu sortie des laboratoires qui l'ont mise au point, on notera que Caterpillar a acquis la licence pour évaluer le procédé.

► La refusion insitu – amélioration des performances

■ Principe

Lors de ce traitement un laser continu positionné après la torche de dépôt va venir fondre la couche déposée. On peut ainsi transformer le dépôt en le densifiant. Cet aspect traitement hybride peut également se conjuguer en associant le cold spray (projection quasi athermique) et le laser soit pour préparer la surface, soit pour renforcer la densité du dépôt.



■ Avantages

Une gestion du cycle de refusion permet ainsi de structurer le dépôt final afin d'optimiser ses performances. Voici un exemple des nouvelles performances que l'on peut atteindre sur des barrières thermiques.



Réduction du taux de connectivité des pores

Orientation colonnaire adaptée aux sollicitations thermo-mécaniques. Augmentation jusqu'à 100% du cyclage thermique

Réduction de 30% de la conductivité thermique grâce aux fissures horizontales

■ Inconvénients

Le coût d'investissement et la jeunesse du procédé restent aujourd'hui les freins majeurs.

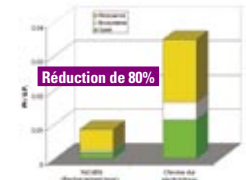
■ Applications industrielles

Cette technique n'a pas à ce jour de débouché industriel mais en ce qui concerne les barrières thermiques, cette technologie pourrait être appliquée aussi bien dans l'aéronautique que dans le domaine des centrales pour la production d'énergie électrique.

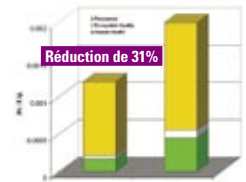
■ TRAITEMENTS DE SURFACE PAR LASER – REDUCTION DE L'IMPACT ECOLOGIQUE

► Cas de la substitution des traitements électrolytiques

Le traitement de surface par rechargement laser est une des possibilités de remplacement du traitement de chrome dur. En effet ce traitement très répandu est sur le point d'être totalement interdit en raison de la formation de Chrome exvalent particulièrement dangereux pour les opérateurs. L'outil d'éco-conception a été utilisé pour comparer un traitement électrolytique (chrome dur) et un rechargement laser (matériau d'apport alliage NiCrBFeSi). Les résultats mettent en évidence une réduction de 80% sur l'environnement.

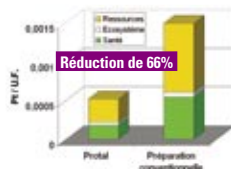


D'autre part, lorsque l'optimisation du process intègre l'évolution de la technologie laser on constate une fois encore une réduction sur l'impact environnemental. Ici deux technologies laser ont été comparées pour un même rechargement (matériau d'apport alliage NiCrBFeSi) avec un laser CO₂ et un laser à diodes. La réduction est de plus de 30%.



► Cas de l'utilisation du procédé PROTAL

Dans ce cas le laser a une action de nettoyage de la surface tout en créant une rugosité suffisante pour assurer l'accrochage mécanique du dépôt. La réduction de l'impact sur l'environnement est ici liée à l'élimination de l'opération de dégraissage et de sablage.



Ces deux exemples mettent en évidence que les traitements par voie sèche qui ne génèrent pas de polluant à retraiter sont une des voies principales de développement pour limiter l'impact de nos activités industrielles. Dans cette famille de traitement, le laser est un bel outil industriel qui tend à se développer.

■ CONCLUSION

Nous vivons actuellement des sauts technologiques forts dans l'évolution des sources laser. Elles sont aujourd'hui de plus en plus puissantes, de plus en plus compactes avec des rendements optoélectriques de plus en plus performants, proches de 50%.

Ces évolutions ouvrent la voie à une dissémination importante dans le tissu industriel.

Il est fort à parier que les traitements de surface en général et le rechargement en particulier seront en forte progression dans les années à venir car, ne l'oublions pas, les caractéristiques de surface sont prépondérantes.

Dès lors, les performances des traitements de surface par laser, tant du point de vue technique qu'environnemental, participent à la démocratisation de l'outil laser. **Le laser devient de fait un vecteur de progrès pour l'avenir.**