

# RECHARGEMENT PAR SOUDAGE AU LASER

## PROJET DE RECHERCHE DE L'IBS EN COOPÉRATION AVEC VITO

Comme l'appareil au laser est de plus en plus intégré dans l'industrie (par ex. appareil de coupage au laser) et que le prix des lasers diminue, le temps est venu d'examiner de façon plus approfondie le rechargement par soudage au laser. Ce projet a pour objectif d'acquérir des connaissances sur le dépôt de couches résistant à l'usure au moyen du laser et de comparer les possibilités d'application et les propriétés des assemblages avec les méthodes conventionnelles.

**Par Ing. B. Verstraeten, Centre de Recherche de l'IBS**  
(Traduction: M.C. Ritzen, IBS)

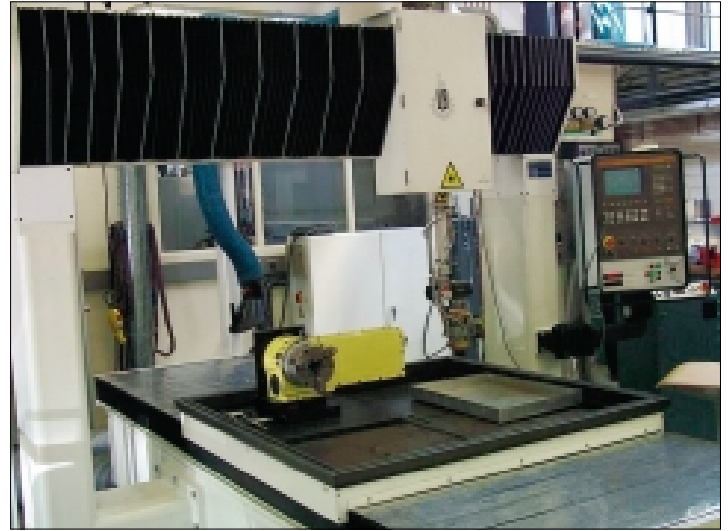


Figure 1: Appareil de soudage au laser CO2 6 kW (VITO) (Toute doc. Marc Martens)

### INTRODUCTION ET SITUATION DU PROJET

Les sources de courant au laser telles que les lasers CO2 (voir Figure 1) et Nd-YAG sont commercialisées par plusieurs fournisseurs et offrent de plus en plus de sécurité à l'emploi. Le laser Nd-YAG peut être installé sur un robot et le rayon laser est dirigé vers la pièce via un câble en fibre de verre. Un troisième type est le laser à diode qui offre la même flexibilité que le Nd-YAG et a un meilleur rendement électrique. La technique du laser à diode est cependant très récente et tous les producteurs de laser n'offrent pas ce type de laser. Ce projet a pour objectif d'acquérir des connaissances sur le dépôt de couches résistant à l'usure au moyen du laser et de comparer les possibilités d'application et les

propriétés des assemblages avec les méthodes conventionnelles. Le point de vue économique sera également examiné. Une dizaine d'entreprises participent à ce projet. Les essais de rechargement par soudage au laser sont réalisés au centre du laser Vlaanderen (VITO). Les essais comparatifs sont réalisés par les partenaires du projet. La caractérisation des couches déposées et le traitement global du projet sont confiés au Centre de Recherche de l'Institut Belge de la Soudure.

### AVANTAGES DU RECHARGEMENT PAR SOUDAGE AU LASER

On peut généralement résumer les avantages du rechargement par soudage au laser comme suit: le rechargement par soudage au laser permet de souder avec un apport calorifique très faible, ce qui donne une déformation après soudage très faible. La dilution est également très faible étant donné la faible alimentation en énergie. On peut recharger localement, avec une vitesse raisonnable. On peut obtenir sans problèmes une épaisseur de couche de 1 mm environ en un cycle de rechargement. La technique de rechargement au laser sera comparée, dans ce projet, aux procédés utilisés jusqu'à présent pour déposer des couches résistant à l'usure. Ainsi, on considérera des soudures réalisées avec des procédés à l'arc tels que le procédé MIG/MAG et le procédé à l'arc submergé. Les avantages des procédés de soudage à l'arc sont principalement la productivité et la

vitesse élevées et la bonne adhérence des couches. L'inconvénient est surtout l'apport calorifique élevé et la déformation après soudage qui va de pair. Les procédés de rechargement par projection seront également comparés au rechargement par soudage au laser. L'avantage de la projection est l'apport calorifique très faible; la déformation est quasi inexistante. Les inconvénients sont la mauvaise adhérence (adhérence mécanique) et la porosité des couches projetées. En raison de l'adhérence moins bonne, les couches projetées sont souvent peu résistantes aux chocs. Un avantage important des procédés de rechargement par soudage et par projection conventionnels est que le coût de l'appareillage est limité en comparaison avec le prix d'un appareillage au laser.

### DÉROULEMENT DU PROJET

Afin de structurer le déroulement du projet, celui-ci a été subdivisé en différentes phases.

#### - La première phase

La première phase concerne la spécification du matériau. En accord avec les partenaires, on a déterminé quels métaux de base et quels alliages de rechargement, on allait tester. On a choisi, en premier lieu, pour le métal de base un acier à bas carbone, sous forme de tôle et axe. Pour les alliages de rechargement, on a opté pour trois types: alliages de rechargement à base de fer, nickel et cobalt. Les essais comparatifs possibles (projections ou rechargement) ont été définis. La première phase est tout à fait terminée.

#### - La deuxième phase

Dans la deuxième phase, on a

Figure 2: rechargement par soudage au laser avec apport de poudre coaxial



Figure 3: RX d'une couche déposée au laser



examiné la possibilité de déposer par soudage au laser différents alliages de rechargement sur le métal de base. On a également recherché les meilleurs paramètres de soudage, comparé les différents types de laser (CO<sub>2</sub>, Nd-YAG, diode) au niveau de la productivité, décidé de la méthode de soudage (apport de poudre coaxial ou latéral) et de la nécessité ou non de préchauffer les pièces, ... On a également déterminé les différents paramètres de rechargement au laser tels que la distance du foyer, la vitesse de soudage, le recouvrement, ... (fig. 2). Les points suivants ont fait l'objet d'un large programme d'essais:

- influence du matériau de rechargement: types matrice, type particules dures (carbures), dimensions des particules, forme des particules, quantité de particules, ...)
- influence du métal de base (type substrat, géométrie du substrat)
- influence de la technique de rechargement: Nd-YAG, CO<sub>2</sub>, alimentation en flux, alimentation en fil, ...

Différentes poudres commerciales (par ex. Stellite 21) et poudres composées par le VITO ont déjà été déposées sur un certain nombre de tôles et axes. L'analyse des couches déposées a permis de dégager une tendance: ainsi on a pu établir une corrélation entre la dureté, la densité de la fissure et les tensions résiduelles de la couche déposée, et les paramètres de soudage (distance du foyer du rayon laser, vitesse de soudage et puissance du laser utilisé).

**- La troisième phase**

Au cours de la troisième phase, les couches déposées ont été caractérisées. Les pièces rechargées au laser ont été soumises à toute une série d'essais. Les essais de caractérisation sont utiles pour le réglage des paramètres de soudage. La détermination de la densité de la fissure des couches déposées a

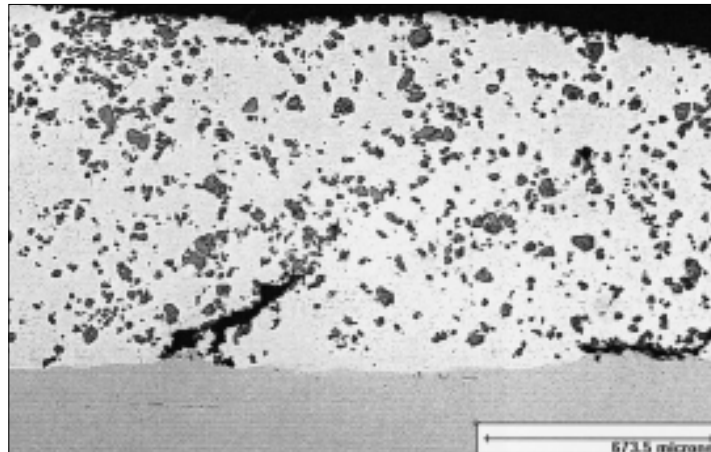
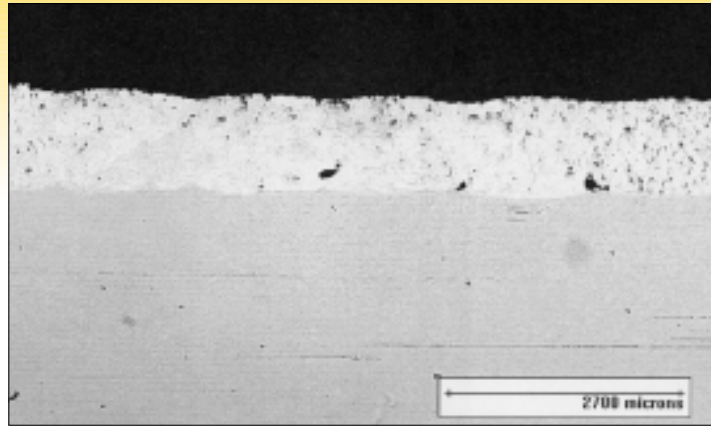


Figure 4: coupe d'une couche déposée au laser, agrandissement 12  
Figure 5: détail de la figure 4, agrandissement 50

fait l'objet des premiers essais. La densité a été contrôlée sur les tôles rechargées à l'aide d'un examen radiographique au CPS (Centre de Perfectionnement pour Soudeurs). Cette méthode a donné un résultat satisfaisant et reproductible. Un exemple d'une couche déposée radiographiée est donné à la fig. 3.

Sur chaque couche déposée, un examen métallographique a été réalisé. Une coupe a été faite au travers de la couche déposée et du métal de base. Cette coupe a été insérée dans de la bakélite, polie et examinée au microscope. On a pu ainsi évaluer la pénétration, l'épaisseur de couche, les

porosités, le recouvrement, les fissures, ... Les figures 4 et 5 présentent une coupe métallographique d'une couche déposée. Des mesures de dureté ont été effectuées sur les éprouvettes métallographiques. La dureté de la couche donne une indication de la résistance à l'usure de la couche déposée. Afin de pouvoir estimer l'adhérence de la couche, on a réalisé un essai de traction spécial. Dans les éprouvettes à recharger, on a effectué un forage dans lequel on a inséré une petite barre en acier de telle façon que le côté supérieur de cette barre corresponde à la

surface de la tôle à recharger. On a ensuite déposé la couche résistante à l'usure sur la tôle et la barre. Lors de l'essai de traction, la tôle a été retenue et la barre a été retirée. Les figures 6 et 7 donnent une illustration de cet essai. Les essais de traction ont donné un résultat reproductible et une bonne image de l'adhérence de la couche déposée sur la tôle.

**- La quatrième phase**

Au cours de la quatrième phase, quelques couches ont été optimisées et on a tenu compte des applications pratiques. L'optimisation comprend entre autres des essais d'usure. Quelques applications pratiques sont terminées et les premiers résultats sont prometteurs.

**- La cinquième phase**

Au cours de la cinquième phase, les couches déposées au laser seront comparées à des couches déposées d'une façon conventionnelle. Les couches seront déposées à l'aide de procédés à l'arc et de procédés par projection comme la projection HVOF (High Velocity Oxygen Fuel). Cette phase a débuté en 2003. La comparaison se fait tant au niveau technique qu'économique.

**- La sixième phase**

La sixième phase consistera à transférer les connaissances acquises au cours de ce projet par le biais de journées d'étude et de workshops en fin de projet, donc fin 2003 et en 2004.

**CONCLUSION**

Le projet se déroule selon le planning prévu et les premiers résultats sont prometteurs. La technique de rechargement de soudage par laser semble très prometteuse. La suite du projet s'intéressera principalement aux aspects pratiques ainsi qu'économiques du rechargement par soudage au laser de couches résistantes à l'usure. □

Figure 6: tôle avec barre pour essai de traction

Figure 7: tôle avec barre pour essai de traction

