

# Utilizarea laserului la reparații ale scheletelor protezelor parțiale mobilizabile

## Laser usage for removable partial dentures frameworks repairs

L. SANDU<sup>1</sup>; V. BÎRDEANU<sup>2</sup>; C. BORTUN<sup>1</sup>; F. TOPALĂ<sup>1</sup>; S. POROJAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitatea de Medicină și Farmacie „Victor Babeș” Timișoara, Facultatea de Medicină Dentară,

<sup>2</sup>Institutul Național de Cercetare și Dezvoltare în Sudură și Încercări de Materiale Timișoara

### Cuvinte cheie

Sudare cu fascicul laser, aliaj Co-Cr-Mo, proteze parțiale mobilizabile, analize metalografice, microdurezza

### 1. Introducere

Procedeul de sudare cu fascicul laser, datorită posibilității de focalizare și a energiei introduse reduse, oferă câteva avantaje pentru reparațiile scheletelor protezelor, ca de exemplu încălzirea minimă a zonei din vecinătatea spotului, comparativ cu metodele clasice (de exemplu micro-WIG) și procedeele de lipire. Una dintre metodele moderne de reparație utilizează laserul cu o putere medie de ieșire relativ mică [3, 6]. Aceasta este cunoscută ca o metodă rapidă și precisă de sudare, dar succesul depinde de controlul unui număr mare de parametri de proces [1, 4, 5].

Scopul studiului a fost de a efectua investigații experimentale pentru stabilirea parametrilor optimi de sudare cu fascicul laser în funcție de tipul și dimensiunea defectelor scheletelor de Co-Cr-Mo. Analize metalografice ale componentelor scheletelor protezelor parțiale mobilizabile reparate prin sudare laser au fost realizate pentru stabilirea modificărilor microstructurale în zonele procesate.

Procedeul de sudare prezintă particularități în funcție de compoziția și structura materialelor ce se sudează [2]. Practic pentru repararea defectelor (simulate) se pot distinge două variante de sudare: *sudare cu fascicul laser cu sau fără material de adaos* (fără material de adaos pentru fisuri sau fracturi și cu material de adaos pentru sudarea unor componente ale croșetului la restul scheletului) și reconstrucție prin depunere cu fascicul laser (pentru repararea defectelor de turnare, fracturi cu lipsă de material).

### 2. Material și metodă

În vederea stabilirii parametrilor de sudare, pentru studiul experimental au fost simulate câteva defecte la nivelul scheletelor protezelor.

Scheletele protezelor parțiale mobilizabile au fost turnate dintr-un aliaj Co-Cr-Mo (Vaskut Kohászati KFT, Budapest, Ungaria), iar ca material de adaos s-a utilizat sârmă specială Finalloy (Fino, Bad Bocklet, Germania). Compoziția aliajului de Co-Cr-Mo este: 65% Co, 29% Cr, 5% Mo, 0,4% C, 0,35% Si, 0,25% Mn, iar cea a sârmei de Co-Cr-Mo este: 63,5% Co, 29% Cr, 5,5% Mo, 1% Si, 1% Mn.

Defectele simulate în diferitele componente ale scheletelor

### Key words

Laser welding, Co-Cr-Mo alloy, removable partial dentures, metallographic analyses, microhardness.

### 1. Introduction

Laser beam welding process, with its concentrate and low heat input, offers some benefits for repairing metal prosthetic frameworks, e.g. fewer effects of heating on the area surrounding the spot to be welded compared to classical welding (e.g. micro-TIG) and soldering methods. One of the modern repairing methods uses pulsed laser with a relatively low average output power [3, 6]. This is known as a precise and rapid joining method, but its success depends on the control of many process parameters [1, 4, 5].

The *purpose* of the study was to make experimental investigations for establishing the optimal laser welding parameters in respect to the Co-Cr-Mo framework defect type. Metallographic analyses of the removable partial denture frameworks components repaired by laser welding were made to establish the microstructural changes in the welded areas.

Welding process presents particularities in accordance with alloy composition and structures that have to be welded [2]. Practically for repairing the simulated defects two different processes can be distinguished: *laser welding with or without filler material* (without filler material for fissures/cracks and fractures and respectively with filler material for joining clasp components to the rest of the framework), and laser build-up (for repairing casting errors, fractures with lack of material).

### 2. Material and method

In order to establish the welding parameters several framework defects were simulated for the experimental study.

The removable partial dentures frameworks were cast using a Co-Cr-Mo alloy (Vaskut Kohászati KFT, Budapest, Hungary) and a special 0.5 mm diameter Co-Cr Finalloy (Fino, Bad Bocklet, Deutschland) wire was used as filler material. For the Co-Cr-Mo alloy the composition is: 65% Co, 29% Cr, 5% Mo, 0.4% C, 0.35% Si, 0.25% Mn, and for the Co-Cr-Mo wire: 63.5% Co, 29% Cr, 5.5% Mo, 1% Si, 1% Mn.

The simulated defects in different components of Co-Cr frameworks were similar to the ones encountered in the dental practice during frameworks achieving or, in time, during prostheses wearing: broken lingual bars (Figure 1, 2), fractured

metalice de Co-Cr au fost similare cu cele care apar în practica dentară în timpul confecționării scheletelor sau în timp, datorită purtării protezelor: fractură de bară linguală (figura 1, 2), fractură de croșet continuu (figura 2), defect de turnare la un croșet Roach (figura 3), fractura brațului unui croșet circular (figura 4).

continuous clasp (Figure 2), casting defect at a Roach clasp (Figure 3), cast circumferential clasp arm fracture (Figure 4).

Depending on the defect type and dimension, the Nd:YAG laser Trumpf HL 124P LCU (Trumpf GmbH, Ditzingen, Germany) was used both for welding with or without filling material, build-



Figura 1. Bară linguală fracturată/  
Figure 1. Broken lingual bar



Figura 2. Croșet continuu și bară linguală fracturate/  
Figure 2. Fractured continuous clasp and lingual bar



Figura 3. Defect de turnare la un croșet Roach/  
Figure 3. Casting defect at a Roach clasp



Figura 4. Croșet turnat circular fracturat/  
Figure 4. Broken cast circumferential clasp

În funcție de tipul și dimensiunea defectului, laserul Nd:YAG Trumpf HL 124P LCU (Trumpf GmbH, Ditzingen, Germania) a fost utilizat atât pentru sudare cu sau fără material de adaos, reconstrucție prind depunere de material, cât și pentru combinarea celor două procedee. Caracteristicile laserului sunt: putere maximă a pulsului = 5 kW, putere medie maximă = 120 W, durata pulsului = 0,3-20 ms, frecvența maximă de repetiție = 600 Hz și energia pulsului = 0,1-50 J.

Toate reparațiile au fost realizate manual în atmosferă protejată de argon. În cadrul experimentelor preliminare puterea maximă a pulsului și durata pulsului au fost variate, frecvența de repetiție a pulsurilor a fost menținută constantă la 1 Hz în vederea menținerii unei mișcări constante și o suprapunere a spoturilor laser de 80-90%. Diametrul petei focale a fost menținut la 0,6 mm în toate cazurile.

Reparațiile au fost investigate prin analize metalografice.

### 3. Rezultate și discuții

Parametrii de sudare au fost stabiliți în funcție de tipul defectului și etapa de lucru (fixare, sudare, reconstrucție prin depunere laser și pentru netezirea straturilor între depunerile succesive). Microstructura a fost studiată în materialul de bază (MB), sudură / material depus (SUD) și zona de influență termică (ZIT).

up and by combining the two procedures. The characteristics of the laser are: maximum pulse peak power = 5 kW, maximum average power = 120 W, pulse duration = 0.3-20 ms, maximum repetition rate = 600 Hz, and pulse energy = 0.1-50 J.

All the repairs were done manually under argon shielding atmosphere. Within preliminary experiments the pulse peak power and pulse duration were varied, the pulse repetition rate was kept constant at 1 Hz in order to maintain a constant movement and a spot overlapping of 80-90%. The diameter of the laser spot was maintained at 0.6 mm in all cases.

The repairs were investigated through metallographic analyses.

### 3. Results and discussions

The welding parameters were established according to defect type and working step (hefting, welding, laser build-up deposition welding and for surface fining between deposition passes). The microstructure was studied in the base metal (BM), weld metal (WM) and heat affected zone (HAZ).

For lingual bar repairs it was used a combination between laser welding with filler material and laser build-up. The pulse power (Pp), pulse duration (Dp) and pulse energy (Ep) were: Pp = 900 W, Dp = 10 ms, Ep = 8 J for welding; Pp = 700 W, Dp =

Pentru reparațiile barelor linguale s-a utilizat o combinație între sudarea laser cu material de adaos și reconstrucția prin depunere. Puterea în puls (Pp), durata pulsului (Dp) și energia pulsului (Ep) au fost: Pp = 900 W, Dp = 10 ms, Ep = 8 J pentru sudare; Pp = 700 W, Dp = 20 ms, Ep = 14 J pentru reconstrucție; Pp = 600 W, Dp = 10 ms, Ep = 6 J pentru netezirea suprafețelor între fazele de depunere (figura 5, 6). Croșetul continuu fracturat a fost reparat prin sudare fără material de adaos. Parametrii determinați au fost: Pp = 800 W, Dp = 10 ms, Ep = 8 J (figura 6). Defectul de la nivelul croșetului Roach a fost reparat prin reconstrucție cu laser. Parametrii stabiliți au fost: Pp = 700 W, Dp = 20 ms, Ep = 14 J (figura 7). Croșetul circular fracturat a fost reparat prin sudare cu material de adaos. Parametrii stabiliți au fost: Pp = 1000 W, Dp = 10 ms, Ep = 10 J (figura 8).

În vecinătatea marginilor grăunților au fost prezente microfisuri (figura 9). Precipitări au fost observate în special în ZIT (figura 10).

20 ms, Ep = 14 J for build-up; Pp = 600 W, Dp = 10 ms, Ep = 6 J for finishing the surface between deposition passes (Figure 5, 6). The broken continuous clasp was repaired by welding without filler material. The established parameters were: Pp = 800 W, Dp = 10 ms, Ep = 8 J (Figure 6). The defect of the Roach clasp was repaired by laser build-up. The established parameters were: Pp = 700 W, Dp = 20 ms, Ep = 14 J (Figure 7). The fractured circumferential clasp was repaired by welding with filler material. The established parameters were: Pp = 1000 W, Dp = 10 ms, Ep = 10 J (Figure 8).

Microcracks were present in the vicinity of the grain boundaries (Figure 9). Precipitates were observed especially in the HAZ (Figure 10).

For the specimens where the laser build-up welding was used, cavities and cracks were present in the WM (Figure 11, 12).

The laser beam welding process limitations are related to the beam lack of access in some defects area (e.g. because of the



Figura 5. Reparația barei linguale fracturate/  
Figure 5. Repair of a broken lingual bar



Figura 6. Reparația croșetului continuu și a barei linguale fracturate/  
Figure 6. Repair of the broken continuous clasp and lingual bar



Figura 7. Reparația brațului croșetului Roach/  
Figure 7. Repair of the Roach clasp arm

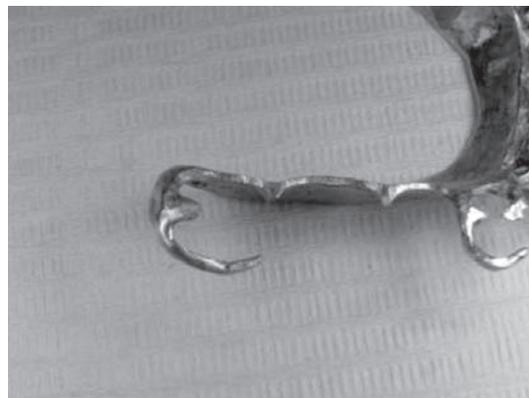


Figura 8. Reparația brațului croșetului circular fracturat/  
Figure 8. Repair of the fractured circumferential clasp arm

Pentru exemplele la care s-a utilizat reconstrucția laser, au fost prezente cavități și fisuri în SUD (figura 11, 12).

Limitările procedurii de sudare cu fascicul laser sunt date de lipsa de acces a fasciculului la anumite zone cu defecte (spre exemplu din cauza morfologiei scheletului) sau de prezența unor defecte mari, când reparațiile sunt dificil de realizat direct. În ultimul caz reparația se poate face prin turnarea porțiunii lipsă și sudarea acesteia la schelet.

Principalul avantaj al utilizării procedurii de sudare laser este faptul că reparația prin sudare poate fi efectuată direct pe modelul de lucru, în apropierea rășinilor sau a ceramicii, cu impact minim sau chiar deloc asupra acestora. Este de asemenea rapid,

framework geometry) or when large defects are present, and for the cases the repairing cannot be made directly. The latter ones can be repaired by casting the missing part and welding it to the framework.

The main advantage of using the laser welding process is the fact that the repair by welding can be done directly on the working cast and close to resins and ceramics with minimal or no impact on them. It is also time saving, induces a low thermal

influențele termice sunt reduse și deci implică deformații minime ale scheletului metalic.

Pe de altă parte, modificările microstructurale menționate, produse de răcirea foarte rapidă după sudarea laser, nu pot fi

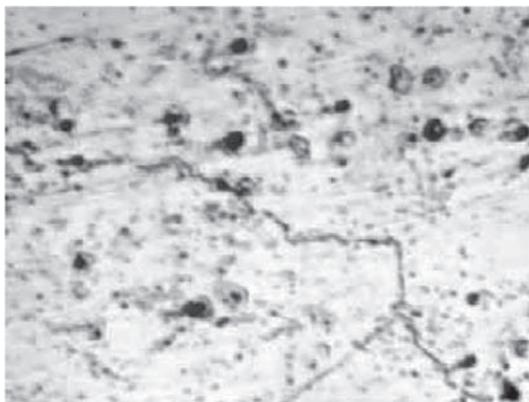


Figura 9. Microfisuri în MB/  
Figure 9. Microcracks in the base metal

evitate. Precipitățile cresc duritatea materialului sudat, ceea ce duce la apariția unor zone fragile și care pot fractura în timpul unor sollicitări funcționale intense.

#### 4. Concluzii

Selectarea combinației adecvate a parametrilor de proces: energia pulsului, durata pulsului și puterii în puls pentru fiecare etapă de procesare a materialului este necesară pentru succesul reparației.

Sudarea cu fascicul laser fără material de adaos este foarte pretențioasă, în ceea ce privește pregătirea suprafețelor de îmbinat, dar poate fi utilizată pentru repararea unor defecte mici ale scheletelor protezelor.

Sudarea cu fascicul laser cu material de adaos poate fi folosită în cazul defectelor cu lipsă relativ redusă de material (de exemplu fractura brațelor croșetelor).

În cazul defectelor cu lipsă mare de material (de exemplu fractura barei linguale) sau lipsa unei porțiuni din croșet este necesară combinarea sudării cu material de adaos cu reconstrucția prin depunere cu fascicul laser.

Răcirea rapidă a materialului sudat poate produce fragilizare zonală. În funcție de localizarea defectului (de exemplu la nivelul brațelor croșetelor), această fragilizare poate duce la fractură în timpul sollicitărilor funcționale intense.

#### Menționări

Studiul a fost susținut de proiectul de cercetare CEEX-ET 2978/2005 de la Ministrerul Educației și Cercetării, România.

#### Bibliografie/ References

- [1] Bertrand C., Le Petitcorps Y., Albingre L., Dupuis V.: *Optimization of operator and physical parameters for laser welding of dental materials*, Br Dent J, 2004, nr. 196(7), p. 413-418.
- [2] Bertrand C., Le Petitcorps Y., Albingre L., Dupuis V.: *The laser welding technique applied to non precious dental alloys procedure and results*, Br Dent J, 2001, nr. 190(5), p. 255-257.
- [3] Carr A.B., McGivney G.P., Brown D.T.: *McCracken's*

influence, and involves minimal deformations of the metallic framework.

These microstructural changes, due to the very rapid cooling process after laser welding, could not be avoided. The

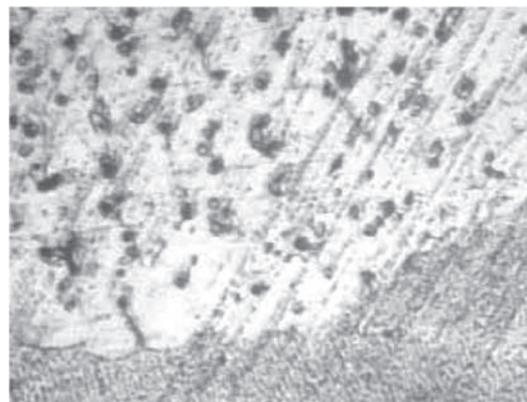


Figura 10. Precipități în ZIT/  
Figure 10. Precipitates in the heat affected zone

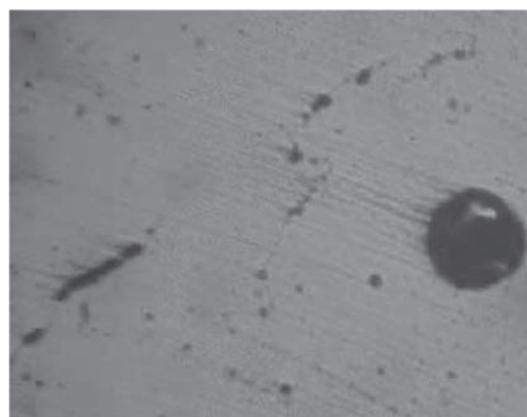


Figura 11. Goluri în SUD/  
Figure 11. Voids in the welded area.



Figura 12. Fisuri în SUD/  
Figure 12. Cracks in the welded area

precipitates increase the hardness of the welded metal, that leads to fragile areas, which could crack during high functional loads.

#### 4. Conclusions

Selecting the adequate combination of pulse energy, pulse duration and peak power for each welding step is necessary for the success of the repairing procedure.

*Removable Partial Prosthodontics*. 11th ed. St. Louis: Mosby, 2004.

[4] Hassan L., Juszczak A.S., Clark R.K.F.: *Immediate replacement removable partial dentures with cobalt-chromium frameworks: rationale, technology and a case report*, J Oral Rehabil, 2005, nr. 32, p. 772-775.

[5] Henriques G.E.P., Consani S., De Almeida Rollo J.M.D., E Silva F.A.: *Soldering and remelting influence on fatigue strength of cobalt-chromium alloys*, J Prosthet Dent, 1997, nr. 78, p.146-152.

[6] Schneiderbanger T.: *Der Einsatz des Lasers am Beispiel eines Klammerbruchs*, dental-labor, 2000, nr. 2, p. 207-209.

Laser welding without filler material is very demanding, in respect to surfaces processing, but it can be used for repairing smaller defects of the dental frameworks.

Laser welding with filler material can be used in case of defects with less lack of material (e.g. clasp arms fractures).

In case of defects with a larger lack of material (e.g. lingual bar fractures) or a clasp missing part it is necessary to combine laser joining with filler material and laser build up by deposition.

Rapid cooling of the welded material may produce fragile areas. Depending on the location of the defect (e.g. in the clasp arms) these areas can lead to fractures during high functional loads.

### Acknowledgements

This study was supported by the Grant CEEEX-ET 2978/2005 from the Ministry of Education and Research, Romania.





**61<sup>st</sup> Annual Assembly and  
International Conference of the  
International Institute of Welding**

**Graz, Austria  
Cultural Capital of Europe (2003)**

**6 - 11 July 2008**

**IIW 2008 Organising Committee  
IWS TU Graz  
Kopernikusgasse 24  
A-8010 Graz  
Fax: +43 316 873 7187  
E-mail: office@iiw2008.at**

**www.iiw2008.at**