

**TRANSFORMĂRI STRUCTURALE
DUPĂ TRATAMENTUL TERMIC CU
FASCICUL LASER A STRATURILOR
ÎNCĂRCATE PRIN SUDARE**

**STRUCTURAL TRANSFORMATION
AFTER LASER HEAT TREATMENT
OF METAL COATING LAYERS**

A. OLĂH

Universitatea "TRANSILVANIA" Braşov, România

Person contact: oart@unitbv.ro

REZUMAT / ABSTRACT

T ratamentul termic cu fascicul laser a fost aplicat la patru tipuri de încărcare prin sudare cu electrozi diferiți. Evaluarea rezultatelor s-a făcut prin studiul microscopic, SEM-EDX și evaluarea proprietăților mecanice prin determinarea microdurității. Rezultatele prezintă influența microstructurii și a compoziției chimice a electrozilor utilizați asupra proprietăților mecanice ale straturilor încărcate prin sudare.

L aser heat treatment was applied after coating with four electrodes types. Evaluation of results was made by observing the microstructures with metallographic microscopy, SEM-EDX and the mechanical properties were evaluated by micro hardness and wear resistance. Results reveal the influence of microstructures and chemical composition of used electrodes on micro hardness and wear resistance of metal coating layers.

Key words: metal coating, laser heat treatment, wearing resistance

1. INTRODUCERE

Procedeele de încărcare prin sudare sunt utilizate pentru mărirea durabilității suprafețelor pieselor precum și pentru recondiționarea suprafețelor uzate. Materialele folosite pentru componentele structurale ale unor mecanisme, incinte, etc. includ oțeluri, oțeluri inoxidabile, aluminiu, titan.

Aceste materiale metalice au o rezistență la uzare ridicată și pot fi recondiționate prin încărcare prin sudare.

Tratamentele de suprafață realizate prin iradiere cu fascicul laser includ călirea cu laser, alierea cu laser, și placarea cu laser [1-2].

Trăsătura comună a tuturor acestor procedee este producerea anumitor cicluri termice în regiunile mici, extrem de localizate pe suprafața de lucru a piesei, care au ca rezultat îmbunătățirea proprietăților mecanice, crescând rezistența la uzare, duritatea și rezistența la oboseală [3].

1. FOREWORD

The metal coating process is based on the need to protect metal parts and structures from damage by exploitation conditions.

Metals used for structural components, mechanisms, enclosures, etc. include steel, stainless steel, aluminum, and titanium.

These metals will increase the wear resistance and give the opportunities to recover some components.

Surface treatments made by laser beam irradiation include laser hardening, laser alloying, and laser cladding [1-2].

The common feature of all of these processes is the production of certain thermal cycles in small, highly localized regions on the surface of the work-piece, which then takes on new properties that allow it to cope better with wear, fatigue, and corrosion while maintaining most of its other original properties [3].

2. CERCETĂRI EXPERIMENTALE

Încărcarea prin sudare s-a realizat cu echipamentul Luftarac 150 Ductil, utilizând patru tipuri de electrozi pentru încărcare prin sudare (**Tabelul 1**).

Intensitatea curentului a fost de 700 A, tensiunea de 40 V, viteza de sudare de 40-45 mm/min., cu lungimea arcului de 10 mm. Materialul de bază a fost oțel S 275JR, SR EN 10025-2:2004 cu grosimea de 20 mm. Stratul încărcat prin sudare a fost de 5 mm. După încărcare eşantioanele au fost supuse unei reveniri la 600°C.

2. EXPERIMENTAL RESEARCH

The metal coating was made with arc welding Luftarac 150 Ductil equipment, using four types of electrodes (**Table 1**).

The welding current intensity was 700 A, the welding voltage was 40 V, welding velocity 40-45 mm/min. and width of welding bead was 10 mm. The base metal was S275JR SR EN 10025-2:2004, 20 mm thick. The coating layer was 5 mm thick for all the samples. After coating, the samples were annealed at 600°C, to eliminate the internal stresses.

Tabel 1. Electrozi utilizați
Table 1. Electrodes used in research

Electrode	Chemical composition [%]						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	P
El CrMn2	0.5 - 0.7	0.2 - 0.3	1.5 - 2.2	10 - 12			
El CrW2	0.4 - 0.6	0.8 - 1.3	1.5 - 2.2	0.8 - 1.2		2.3 - 3.0	
ElCrW8Co	0.3 - 0.4	0.8 - 1.3	0.8 - 1.5	1.3 - 2.0		7.0 - 9.0	
E 3161	0.10	0.9	0.5 - 2.5	17 - 20	11 - 14		0.04

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Tratamentul termic cu fascicul laser s-a aplicat celor patru tipuri de încărcare prin sudare. Eşantioanele au fost supuse la nouă tipuri de tratament termic cu fascicul laser, cu echipamentul Nd:YAG - Rofin DY 570 Germania, capul laser fiind fixat pe un robot ABB - Suedia.

În **Tabelul 2** sunt prezentate intensitățile fascicului laser utilizate, care acoperă o gamă largă de tratamente termice.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Laser heat treatment was applied on four types of welding coating layers, presented in table 1. The samples were subjected to laser heat treatment in nine variants, with laser source Nd:YAG - Rofin DY 570 Germany, directed with ABB - Sweden robots.

Table 2 presents the intensity of laser beam at surface heat treatment, which was chosen to cover a large range of laser heat treatments.

Tabel 2. Intensitatea laser utilizată și notarea eşantioanelor
Table 2. Intensity of laser beam and sample notation

Intensity of laser beam, [W]	1400	1500	1600	1700	1875	2150	2425	2600	2700
Electrodes type									
El CrMn2	[0-1]	[0-2]	[0-3]	[0-4]	[0-5]	[0-6]	[0-7]	[0-8]	[0-9]
El CrW2	[1-1]	[1-2]	[1-3]	[1-4]	[1-5]	[1-6]	[1-7]	[1-8]	[1-9]
ElCrW8Co	[2-1]	[2-2]	[2-3]	[2-4]	[2-5]	[2-6]	[2-7]	[2-8]	[2-9]
E 3161	[E-1]	[E-2]	[E-3]	[E-4]	[E-5]	[E-6]	[E-7]	[E-8]	[E-9]

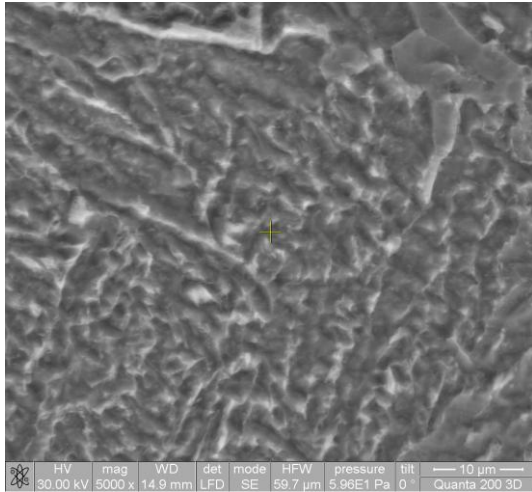
Rezultatele au fost evaluate cu microdurimetrul PMT 3, microscopul electronic Nova Nano SEM și analizorul chimic EDAX Orbis Micro-XRF.

Adâncimea de pătrundere a tratamentului cu fascicul laser a variat între 0,2 - 0,9 mm, în funcție de intensitatea fascicului laser.

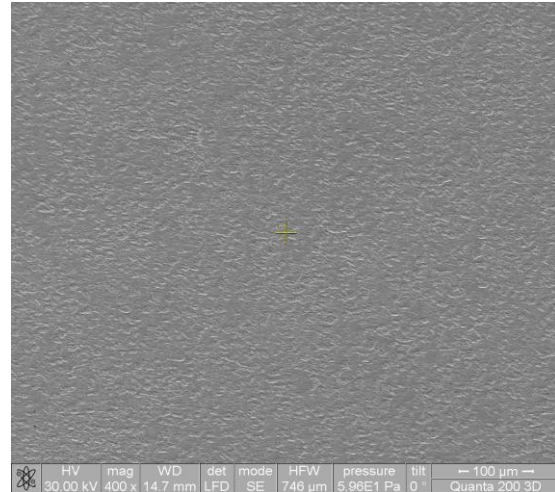
Structurile SEM obținute sunt prezentate în **Figura 1**.

The results were evaluated with PMT 3 micro-hardness tester, electronically microscope Nova Nano SEM and chemical analyzer EDAX Orbis Micro-XRF. Laser treated layer thickness is between 0.2 - 0.9 mm, depends on intensity of laser beam.

The structures obtained using SEM technique are presented in **Figure 1**.

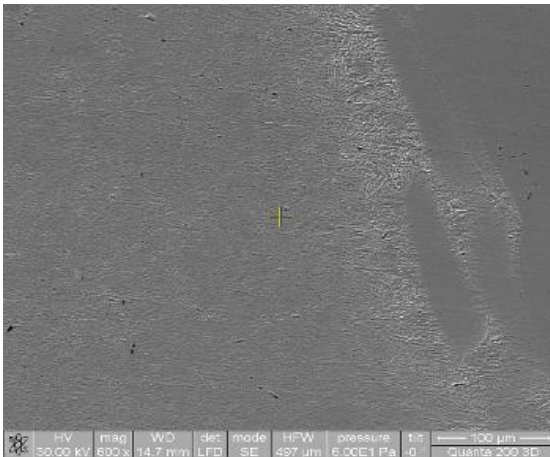


Zonă de trecere / *Cross area*

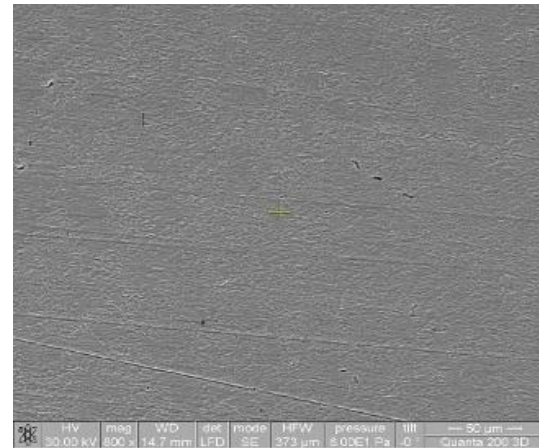


Strat încărcat / *Coating layer*

a) Încărcare prin sudare cu EICrMn2 + intensitate laser 1600 W
Metal coating with EICrMn2 + Laser heat treatment 1600 W

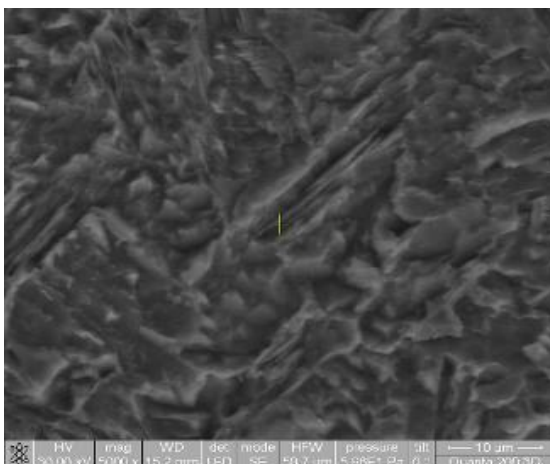


Zonă de trecere / *Cross area*

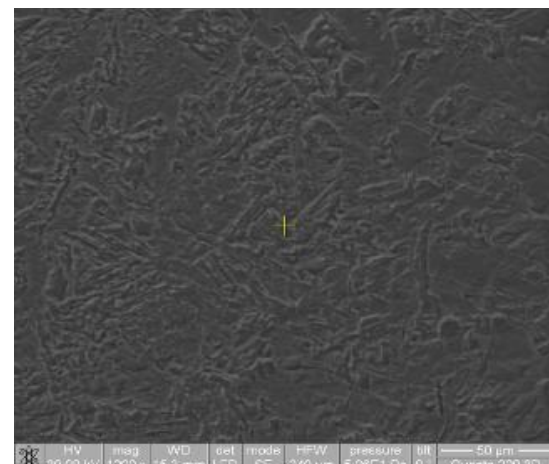


Strat încărcat / *Coating layer*

b) Încărcare prin sudare cu EICrW2 + intensitate laser 1700 W
Metal coating with EICrW2 + Laser heat treatment 1700 W

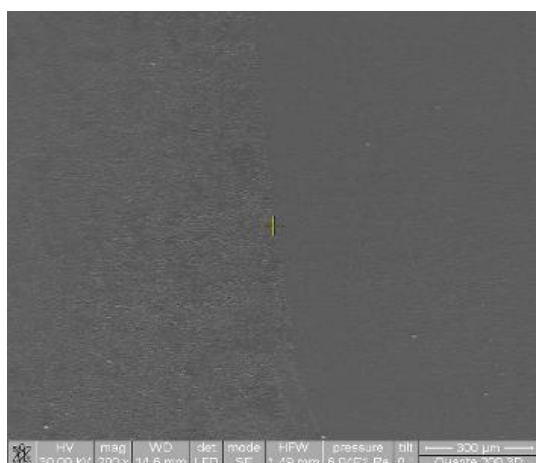


Strat încărcat / *Coating layer*

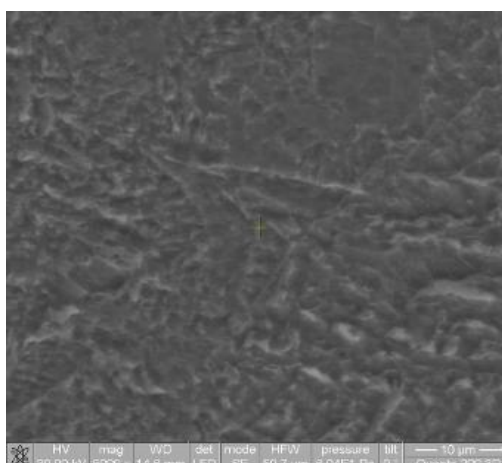


Strat încărcat / *Coating layer*

c) Încărcare prin sudare cu EICrW2 + intensitate laser 2700 W
Metal coating with EICrW2 + Laser heat treatment 2700 W



Zonă de trecere / Cross area



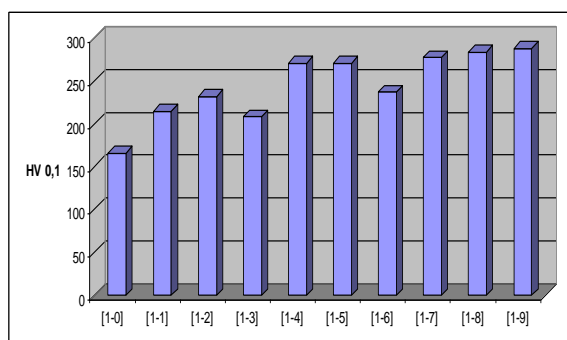
Strat încărcat / Coating layer

d) Încărcare prin sudare cu EICrW8Co + intensitate laser 2425 W /
Metal coating with EICrW8Co + Laser heat treatment 2425 W

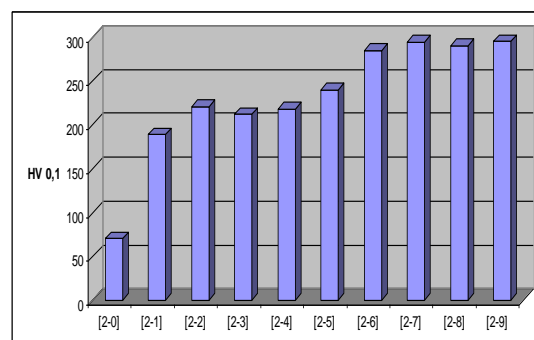
Fig. 1. Structuri SEM obținute în zona încărcată prin sudare /
SEM structures of the cross area and the metal coating layers

Studiind structurile obținute în cazul încărcării cu electrodul E3161, care are o concentrație scăzută de C se poate observa o structură ferito - perlitică în materialul de bază și o structură martensitică în stratul încărcat prin sudare. Pentru celelalte tipuri de electrozi care au un conținut mai ridicat de C se observă creșterea cantității de perlită. În materialul de bază se observă formarea perlitei lamelare. De asemenea în straturile încărcate prin sudare se observă formarea dendritelor columnare în matricea de Fe.

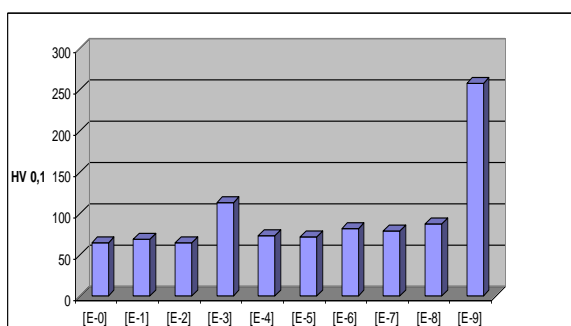
Studying the microstructures of coated samples with E 3161, which have a low concentration of C, one may observe the ferrite-pearlite structure of base material and weld material structure with martensitic structure having a needle shape. For other types of electrodes, which have more C, more pearlite structures were obtained. The base material has ferrite-pearlite structures, with lamellar pearlite. Based on the research area, columnar dendrites structures in Fe matrix with good delimitation may be observed.



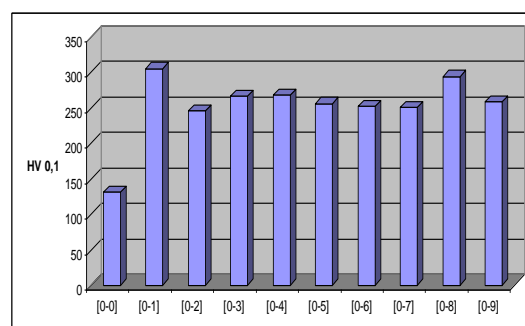
a) Metal coating with E1 CrW2



b) Metal coating with E1 CrW8Co



c) Metal coating with E 3161



d) Metal coating with E1 CrMn2

Fig. 2. Microdurețea straturilor încărcate prin sudare / Microhardness of the metal coating layers

În cazul straturilor tratate termic cu fascicul laser se observă stratul de combinații sub formă de pori în zona de trecere care nu influențează în mod semnificativ duritatea suprafeței tratate termic sau a straturilor de coeziune.

Din rezultatele experimentale se poate observa o calitate superioară, din punct de vedere al creșterii rezistenței la uzare, a straturilor încărcate prin sudare față de probele la care a fost aplicat un tratament termic clasic.

4. CONCLUZII

1. Creșterea concentrației de C determină formarea compusului chimic Cr_3C_2 într-o matrice de bază ferito-perlitică, mai ales în cazul electrodului CrM2 și 3161.
2. În cazul încărcării cu electrodul CrW2, care are o concentrație scăzută de Cr, nu se poate observa formarea compusului chimic.
3. Evaluarea proprietăților mecanice s-a făcut prin determinarea microdurității precum și a rezistenței la uzare. Microduritățile obținute sunt prezentate în **Figura 2**.
Stratul superficial caracterizat prin zona de compuși, este urmat de zona de difuzie. Fiecare zonă are un rol important în caracterizarea materialelor din punct de vedere al proprietăților mecanice specifice, cum ar fi rezistența mecanică, capacitatea de lubrifiere, rezistența la oboseală sau uzare. Ambele zone joacă un rol important din punct de vedere al performanțelor de funcționare optimă, capacitatea de antigripare și rezistență la coroziune.
4. Studiind microstructurile SEM obținute prezentate în **Figura 1**, variația microdurității (**Figura 2**) se poate observa o strânsă legătură între microstructură, microduritate și rezistența la uzare, și anume, creșterea microdurității determinând creșterea rezistenței la uzare.
5. În cazul tratamentelor termice laser cu intensitate scăzută au loc schimbări la nivel structural a stratului, având loc transformarea feritei în perlită prin creșterea concentrației de carbon, care are ca efect creșterea proprietăților mecanice.
În cazul tratamentelor termice cu laser cu intensități mai mari de 2000 W, se poate observa formarea stratului vitrifiat, care are drept efect creșterea semnificativă a proprietăților mecanice.

In the case of laser surface heat treatment layers the existence in combination layer of isolated dot-shaped pores does not significantly influence the hardness of the laser surface heat treatment area or the cohesion with the diffusion sub-layer.

As one may notice from the experimental outcomes, the samples with laser surface heat treatment have a wearing resistance that is mostly superior to the classically thermal treated samples.

4. CONCLUSION

1. *Increasing the Cr concentration determines the formation of Cr_3C_2 chemical compound in ferrite-pearlite matrix, especially in the case of electrodes CrMn2 and 3161.*
2. *In the case of metal coating layers with electrodes CrW2, which have low concentration of Cr, the formation of chemical compound cannot be observed.*
3. *Evaluation of mechanical properties was made with micro hardness and wear resistance. The obtained micro hardness is presented in **Figure 2**.
The outermost layer identified as the compound zone, and the subjacent interior layer is called the diffusion zone. Each of the zones contribute to improving performance by enhancing specific engineering properties, i.e. wear resistance, lubrication, corrosion resistance, and fatigue strength. From these, other benefits in performance are realized: excellent running properties, anti-galling and anti-seizing characteristics, and reduced tendency for fretting corrosion.*
4. *Studying the SEM structures, presented in **Figure 1**, the micro hardness (**Figure 2**), one may observe a good correlation between the micro-hardness and wear resistance, namely, increasing the micro-hardness determinate increase of wear resistance.*
5. *After the low intensity laser surface heat treatment, that changes the structures of materials, results the partial transformation of ferrite in pearlite with higher C concentration, leading to mechanical properties increasing.
In case of high intensity of laser surface heat treatment, more than 2000 W, one may observe the formation of remelted structures, the result being the significantly increase of mechanical properties.*

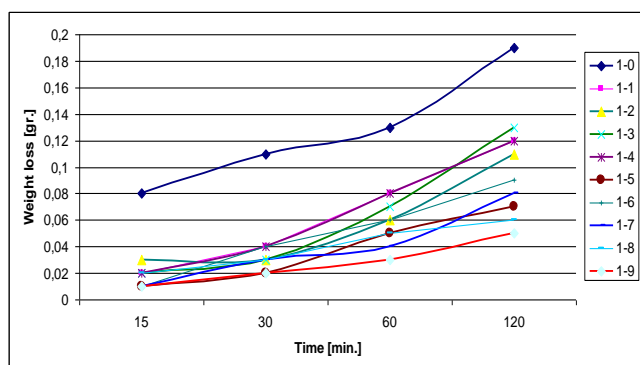


Fig. 3. Rezistența la uzare a stratului încărcat prin sudare cu electrodul E1 CrW2
Wear diagrams of metal coating layers
Metal coating with E1 CrW2

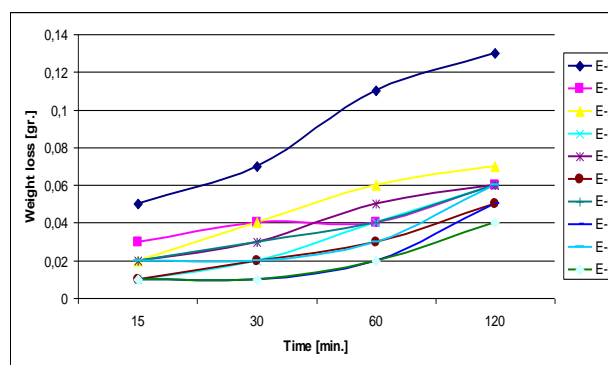


Fig. 4. Rezistența la uzare a stratului încărcat prin sudare cu electrodul E 3161
Wear diagrams of metal coating layers
Metal coating with E 3161

6. Rezistența la uzare (**Figura 3 și 4**) este proprietatea mecanică cea mai influențată de transformările structurale. Capacitatea zonei de compuși chimici de a rezista la uzură este dependentă de tipul de sistem de uzură, și anume dacă aceasta este de adeziune sau uzare prin abraziune. Uzura adezivă apare atunci când două componente sunt într-o mișcare liberă într-un mediu abraziv. În aceste condiții caracteristicile fizice intrinseci ale zonei de compuși, precum și duritatea și capacitatea de lubrifiere, au ca efect creșterea capacității de alunecare și creșterea rezistenței la uzare prin adeziune. Compoziția chimică a zonei de compuși chimici demonstrează creșterea rezistenței la uzare în cazul straturilor monofazice, în special nitruri, și o cantitate foarte mică din faza gama. Rezistența la uzare prin abraziune este dependentă de legăturile dintre faze precum și de mediul abraziv în care funcționează.

6. Wear resistance (**Figure 3 and 4**) is perhaps the most significant property resulting from this structural transformation after surface treatment. The ability of the compound zone to resist wear is dependent on the type of wear system, specifically whether it is adhesive or abrasive wear. Adhesive wear occurs when two components are in relative motion in an essentially abrasive free environment. Under these conditions, the intrinsic physical characteristics of the compound zone, i.e. hardness and lubrication, notably improve the sliding and running behavior and consequently, increase the resistance to adhesive wear. The phase composition of the compound zone that demonstrates the best wear resistance consists predominantly of epsilon nitride phase (mono-phase preferred) with a very small amount of gamma prime phase. Resistance to abrasive wear is dependent on the relative harnesses of the abrading substance and of the compound zone.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- [1] W. DAI, X. XIANG, Y. JIANG, H.J. WANG, X.B. LI, X.D. YUAN, W.G. ZHENG, H.B. LV, X.T. ZU - Surface evolution and laser damage resistance of CO₂ laser irradiated area off used silica, Optics and Lasers in Engineering 49, pp. 273-280, 2011.
- [2] A. OLÁH, M.H. TIEREAN - Research about relation between the microstructures and mechanical properties of metal coating layers, AMS Conference, Timisoara, 2013.
- [3] T. MACHEDON PISU, Elena MACHEDON PISU, O.L. BIGIOI - Researches regarding the welding of 15NiMn6 steel used for spherical tanks, Metalurgia International, 02/2009.
- [4] I.C. ROATĂ R. IOVĂNAȘ, A. PASCU - Influence of the metallizing distance variation and of the electric field voltage on the ohmic resistance of the layers deposited by thermal spraying, Metalurgia International, Special Issue no. 6, pp. 73-76, 2013.