

**ASPECTE PRIVIND CRĂIȚUIREA CU
PLASMĂ A ALIAJELOR DE ALUMINIU
UTILIZATE ÎN INDUSTRIA AUTO**

**ASPECTS REGARDING ALUMINUM ALLOYS
PLASMA GOUGING USED
IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY**

M. BODEANU, T. MACHEDON PISU

Universitatea "TRANSILVANIA" din Braşov, România

Person contact: ciobanu_i_bv@yahoo.com

REZUMAT / ABSTRACT

C răițuirea aluminiului cu plasmă-aer se bazează pe faptul că fenomenul de crăițuire manuală și mecanizată duce la formarea unei zone crăițuite diferită la aceeași parametri de timp și amperaj . Acest articol se dorește a fi o prezentare a cercetărilor experimentale în ceea ce privește crăițuirea aliajului de aluminiu AlMg3, prin procedeul plasmă-aer.

I n aluminium plasma gouging the manual and mechanized process leads to a different gouged area with the same settings of gouging time and amperage. This article is intended as an overview of experimental research concerning the aluminum alloy AlMg3 gouging by air plasma process.

Key words: aluminum gouging, AlMg3, plasma-air

1. INTRODUCERE

Utilizarea aluminiului în autovehicule a devenit o tendință necesară nu doar în cazul autovehiculelor de înaltă performanță, deoarece oferă cel mai rapid, mai sigur și rentabil mod pentru a crește performanța, economia de combustibil și a reduce emisiile de noxe odată cu îmbunătățirea siguranței și durabilității. Lucrarea prezentă se ocupă de obținerea și caracterizarea suprafețelor din aliaje de aluminiu de tip AlMg3 (5754) în urma procesului de crăițuire cu plasmă, atât manual cât și mecanizat. Este prezentat procesul de crăițuire cu plasmă manual și mecanizat și sunt analizate microstructura și macrostructura metalografică precum și duritatea. Pentru efectuarea probelor s-au utilizat eşantioane din aliaje AlMg3 (5754) care au proprietățile mecanice prezentate în **Tabelul 1**, compoziția chimică în **Tabelul 2**.

1. FOREWORD

The use of aluminium in automotive industry has become a necessary trend not just in high performance vehicles but also in mass produced vehicles because it provides the fastest, most secure and cost effective way to increase performance, fuel economy and reduce CO₂ emissions with improved safety and sustainability. The paper aims to present the obtaining and characterization of AlMg3 (5754) alloy plasma gouged area with both manual and mechanized method and also examine the metallographic micro-structure and macro-structure of the alloy. To perform the tests we reused AlMg3 (5754) alloy sample which have the mechanical and chemical properties shown in **Table 1** and **Table 2**.

Tabelul 1. Proprietăți mecanice AlMg 5754
Table 1. Mechanical properties AlMg 5754

Alloys	Features	Vickers Hardness	RM (MPa)
2.6-3.6% Mg, 0-2% Zn	Sand cast	50 - 60	150 - 200
	Annealing	40 - 55	150 - 250
	Stress relieved	65 - 90	250 - 350

Tabelul 2. Compoziția chimică a aliajelor AlMg3 5754 conform EN 573
 Table 2. Chemical composition of alloy: AlMg3 5754 according to EN 573

Alloys	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Al	Residue max
AlMg3	0.40	0.40	0.10	0.50	2.6 - 3.6	0.20	0.15	The rest	0.15%

2. PROCESUL EXPERIMENTAL

Obținerea suprafețelor crăițuite cu plasmă.

Pentru obținerea îmbinărilor cap la cap cu pătrundere la sudarea aliajelor de aluminiu este necesară crăițuirea primului strat. În cadrul acestei lucrări s-a aplicat crăițuirea cu plasmă manual și mecanizat. Principiul crăițuirii cu plasmă este prezentat în **Figura 1**.

Acesta este un procedeu de prelucrare a componentelor metalice, prin care suprafața de metal topit este îndepărtată cu ajutorul unui jet de aer comprimat sau gaz.

2. EXPERIMENTAL PROCEDURE

Obtaining of plasma gouged surfaces.

To obtain an end to end penetration joint welding of aluminum alloys is required gouging the first layer.

Plasma gouging principle is shown in **Figure 1**.

This is a processing method for metal components, in which the melted metal surface it's removed with a flow of compressed air.

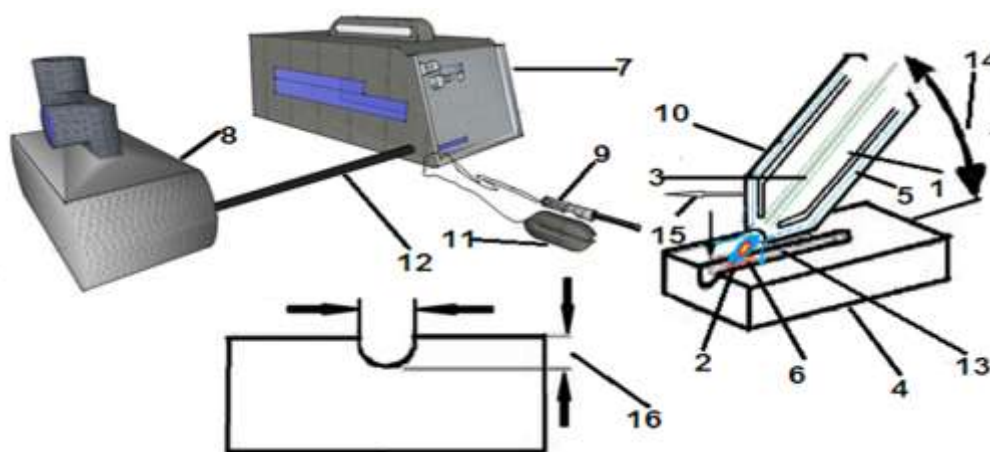


Fig. 1. Principiul crăițuirii cu plasmă / *Notions of plasma gouging*

- | | |
|--|--|
| 1. gaz plasmagen (aer) - <i>plasma gas (air)</i> | 9. pistol - <i>torch</i> |
| 2. plasmă - <i>plasma</i> | 10. duză de protecție - <i>protective nozzle</i> |
| 3. electrod - <i>electrode</i> | 11. bornă negativă - <i>ground clamp</i> |
| 4. piesă de lucru - <i>workpiece</i> | 12. furtunul de alimentare (aer) - <i>supply hose</i> |
| 5. jet de gaz - <i>gas jet</i> | 13. Zona crăițuită - <i>gouged area</i> |
| 6. materialul topit - <i>molten material</i> | 14. unghi de 40° până la 60° - <i>angle of 40° to 60°</i> |
| 7. sursă de alimentare - <i>power source</i> | 15. deplasare pistol înainte - <i>torch forward movement</i> |
| 8. sursă de gaz (compresor) - <i>gas source (compressor)</i> | 16. adâncimea - <i>depth</i> |

În momentul contactului cu arcul electric gazul plasmatic (1) este destabilizat și devine un conductor de energie electrică transformându-se în plasmă (2). Cu cât intensitatea curentului electric crește cu atât crește și temperatura, concentrând energia într-o zonă restrânsă datorită vitezei fluxului de aer. În procesul de crăițuire cu plasmă se formează un arc între un

When the plasma gas (1) gets in contact with the electric arc is destabilized and becomes a conductor of electricity turning in to plasma (2). As the electric current intensity increases the temperature increases, concentrating the energy in a small area due to the speed of air flow. In the process of plasma gouging the arc is formed between a negatively charged

electrod (3) încărcat negativ în interiorul pistolului și o piesă de lucru (4) încărcat pozitiv.

Căldură din arc se transferă și topește metalul, un jet de gaz (5) de mare viteză împingând materialul topit (6).

Echipamentul constă dintr-o sursă de alimentare (7), o sursă de gaz (8) (de multe ori doar aer), pistol (9) cu o duză de protecție în capăt (10), borna negativă (11), furtunul de alimentare cu aer comprimat (12).

Operatorii folosesc diverse tehnici pentru a realiza diferite profiluri și dimensiuni ale zonei crăițuite (13) indiferent dacă se crăițuiește manual sau cu ajutorul unui echipament mecanizat.

Metoda implică poziționarea pistolului la un unghi de 40° până la 60° (14) față de suprafața de lucru astfel controlând adâncimea de crăițuire.

Odată ce contactul se face, operatorul pur și simplu deplasează pistolul înainte (15) pe zona de crăițuire. Variațiile în unghiul torței și viteză, împreună cu valoarea amperajului, sunt folosite pentru a controla adâncimea (16). Un unghi mai mare și o viteză de înaintare mai mică rezultă într-o adâncime mai mare.

2.1. Crăițuirea manuală

În cadrul procesului de crăițuire manuală a fost utilizat un echipament de tăiere și crăițuire cu plasmă aer, folosind ca tehnică de lucru înclinarea pistolului la un unghi de aproximativ 45° față de epruveta prelucrată (**Figura 2**) păstrând o distanță mică între vârful pistolului și piesa de lucru.

În momentul în care arcul pilot este format și transferul de curent la piesă este creat, operatorul menține alimentarea continuă în timp ce deplasează pistolul pe epruvetă printr-o mișcare înainte, păstrând unghiul constant.

Distanța între vârful pistolului și piesă este păstrată pentru a evita deteriorarea acestuia. Viteza de deplasare a pistolului a fost de aproximativ 1500 mm/min, cu un debit de aer constant de 0,5 MPa.

Datele rezultate în urma procesului de crăițuire manuală pot fi observate în **Tabelul 3**.



electrode (3) within the torch and a positively charged workpiece (4).

The temperature of plasma is established by the current amperage level and plasma gas. The heat transfer from the plasma arc melts the metal, as the high-speed gas (5) is pushing of the molten material (6).

The equipment consists of a power source (7), a gas source (8) (often only air), a torch (9) with a protective nozzle end (10), the ground clamp (11) and a compressed air hose (12).

Operators use various techniques to achieve different profiles and dimensions of the gouged area (13), whether it's gouging manually or using mechanized equipment.

The technique involves positioning the torch at an angle between 40° and 60° (14) to the working surface for controlling the depth of gouging.

Once contact is made, the operator simply moves the torch forward (15) at a steady controlled rate on the gouging area. Variations in torch angle and speed, along with amperage value are used to control depth. A greater angle and a lower forward speed results in greater depth (16).

2.1. Manual gouging

For the manual gouging procedure was used a plasma cutting and gouging equipment.

In this case the technique used it is based on tilting the torch at an angle of approximately 45° to the workpiece, keeping a small distance between the torch tip and the workpiece.

When the pilot arc is formed and the arc transfers to the plate is made the operator maintains a constant power flow while moving the torch along the test piece by a forward movement, keeping a constant angle.

The distance between the torch tip and the workpiece is maintained to prevent damaging the tip. The travel speed of the torch was about 1500 mm/min with 40 amps and a constant air flow of 0.5 MPa.

The data results from manual gouging can be seen in **Table 3**.



Fig. 2. Epruvetă / Test piece

Tabelul 3. Date tehnice crăițuire
Table 3. Gouging data

Amperage [A]	Depth [mm]	Width [mm]	Compressed air flow [MPa]	Torch forward speed [mm/min]	Torch angle
40	4	5	0.5	≈ 1500	≈ 45°

2.2. Crăițuirea mecanizată

În cazul procesului de crăițuire mecanizată a fost utilizat un echipament de tăiere și crăițuire plasmă-aer și un echipament automat de ghidaj a pistolului pe orizontală (**Figura 3**).

Capul pistolului este prins în suportul mecanismului de ghidaj la un unghi măsurat de 45° față de piesa prelucrată și o distanță de 3 - 4 mm între vârful pistolului și piesă. Se apasă pedica pentru a obține un arc pilot și a se forma transferul de curent la piesă. Menținând alimentarea constantă suportul mecanizat deplasează pistolul pe epruvetă (**Figura 4**) printr-o mișcare înainte, păstrând unghiul de 45°.

Viteza de deplasare a pistolului a fost stabilită la 1500 mm/min, cu un debit de aer continuu de 0,5 MPa.

Datele rezultate în urma procesului de crăițuire mecanizată pot fi observate în **Tabelul 4**.

2.2. Mechanized gouging

*For the mechanized gouging procedure was used a plasma cutting and gouging equipment with an automatic torch guidance equipment for horizontal gouging (**Figure 3**).*

*The torch head is placed in the support bracket attached to the guidance equipment at a measured angle of 45° from the workpiece and a distance of 3 - 4 mm between the tip of the torch and the workpiece. When the trigger switch it's pressed the pilot arc is formed and the arc transfers to the test piece is formed while maintaining a constant power flow the guidance equipment moves the torch forward along the test piece (**Figure 4**) keeping the angle of 45°.*

The travel speed of the torch was 1500 mm/min with 40 amps and a constant air flow of 0.5 MPa.

*The data results from mechanized gouging can be seen in **Table 4**.*



Fig. 3. Echipament crăițuire mecanizată
Automatic torch guidance equipment



Fig. 4. Epruvetă / *Test piece*

Tabelul 4. Date tehnice crăițuire
Table 4. Gouging data

Amperage [A]	Depth [mm]	Width [mm]	Compressed air flow [MPa]	Torch for ward speed [mm/min]	Torch angle
40	3	3.5	0.5	1500	45°

3. DETERMINAREA DURITATII VICKERS

În procesul de determinare a durității Vickers (HV 30) este utilizat un microdurimetru cu vârf de penetrare, din diamant sintetic, cu formă piramidală. Cu ajutorul acestui echipament a fost aplicată o forță de 30N asupra epruvetei pentru o perioadă de 10 secunde în scopul obținerii unei amprente. Microdurimetru este prevăzut cu un sistem de citire a datelor raportate la dimensiunea amprente.

Asupra fiecărei epruvete au fost efectuate 3 măsurători în stratul influențat termic și 3 măsurători în materialul de bază.

A fost calculată media aritmetică a valorilor obținute conform graficelor de mai jos (**Tabelele 5 - 8**), din testul de duritate Vickers reiese o influență superioară asupra structurii metalografice în cazul procesului de crăițuire manuală în comparație cu cea automată, unde influența procedului este semnificativ mai mică.

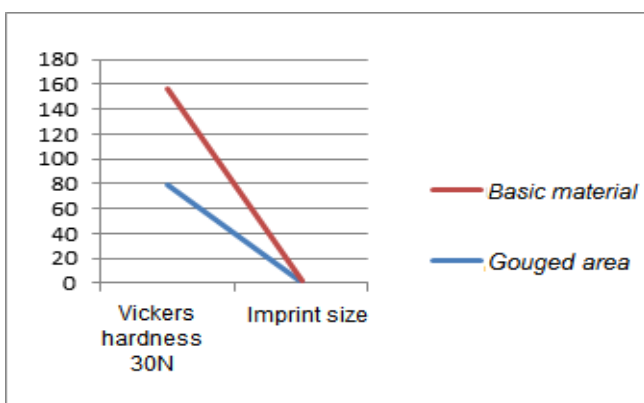


Fig. 5. Crăițuire mecanizată
Mechanized gouging

În **Figurile 5 și 6** sunt prezentate diferențele de duritate Vickers și de dimensiune a amprente în zona influențată termic a epruvetelor pentru crăițuirea manuală și mecanizată.

Crăițuire mecanizată

Tabelul 5. Microduritatea în zona crăițuită
Table 5. Vickers hardness in the gouged area

Specs	Vickers hardness 30N	Imprint size
Gouged area	78.8	0.840

3. VICKERS HARDNESS

In the determination of Vickers hardness (HV 30) is used a Vickers hardness tester with synthetic diamond indenter tip which has a pyramidal shape. Using the Vickers hardness tester a load of 30N was applied to the specimen for a period of 10 seconds in order to obtain impression. Vickers hardness tester is equipped with a data reading system for the size of the impression.

For each sample were made three measurements in the thermally influenced region and three measurements in the basic material.

It was calculated the arithmetic mean of the obtained values (**Tables 5 to 8**), according to the graphs below, the Vickers hardness test establishes that manual gouging has a higher influence on the metallographic structure of a metal in comparison with mechanized gouging.

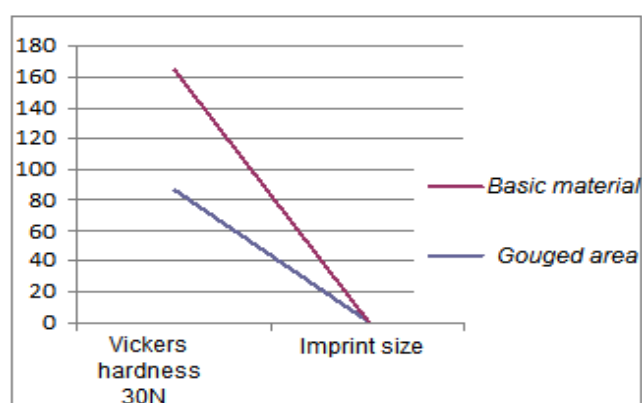


Fig. 6. Crăițuire manuală
Manual gouging

In **Figures 5 and 6** are shown the differences of Vickers hardness and imprint size in the heat influenced areas of AlMg3 alloy test piece for manual and mechanized gouging.

Mechanized gouging

Tabelul 6. Microduritatea material de bază
Table 6. Vickers hardness in the basic material

Specs	Vickers hardness 30N	Imprint size
Gouged area	77.9	0.845

Crăițuire manuală

Tabelul 7. Microduratea în zona crăițuită
 Table 7. Vickers hardness in the gouged area

Specs	Vickers hardness 30N	Imprint size
Gouged area	86.3	0.818

4. MICROSTRUCTURĂ ALIAJ 5754 (AlMg3)

În urma crăițuirii, epruvetele au fost tăiate la dimensiuni 10x30 mm, apoi șlefuite până la obținerea luciului cu ajutorul unui echipament de șlefuire.

În laborator s-a produs un atac cu acid fluorhidric timp de 15 secunde asupra epruvetelor, pentru o bună vizualizare a structurilor macroscopice și microscopice.

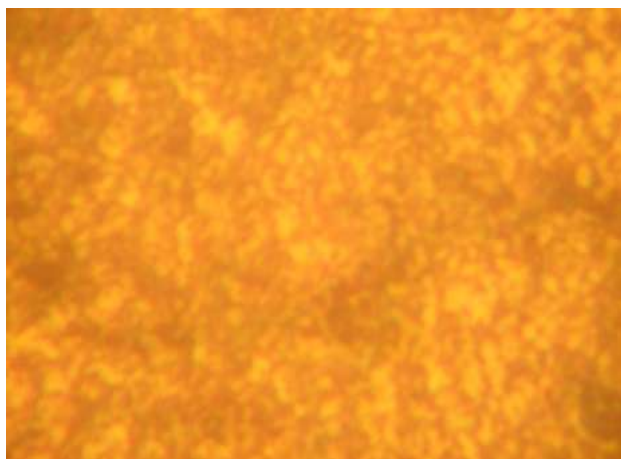
Crăițuire manuală

Fig. 7. Microstructură în zona crăițuită 500X
 Microstructure in the gouged area 500X

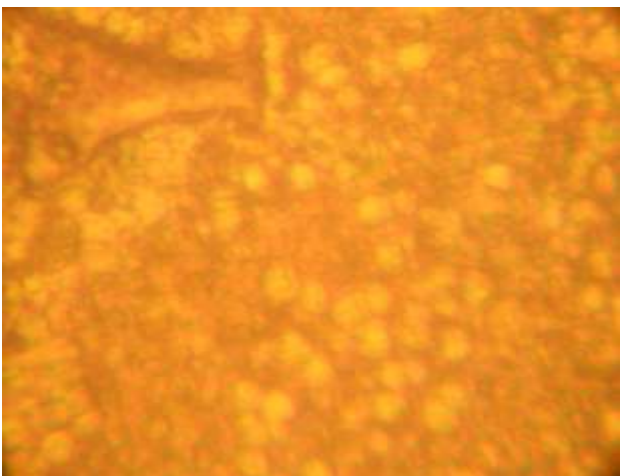
Crăițuire mecanizată

Fig. 9. Microstructură în zona crăițuită 500X
 Microstructure in the gouged area 500X

Manual gouging

Tabelul 8. Microdurate material de bază
 Table 8. Vickers hardness in the basic material

Specs	Vickers hardness 30N	Imprint size
Gouged area	77.6	0.847

4. MICROSTRUCTURE OF AlMg3 (5754) ALLOY

After gouging, the test piece were cut to size at 10x30 mm and then polished to obtain a gloss surface using grinding equipment.

In the laboratory the test pieces was submitted to hydrofluoric acid for 15 seconds to have a better view of macroscopic and microscopic structure.

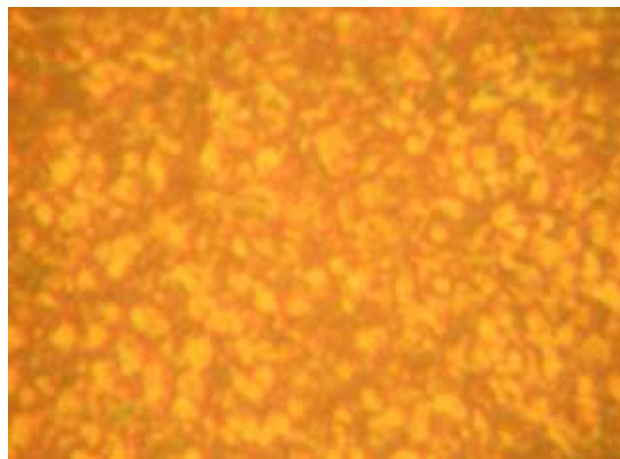
Manual gouging

Fig. 8. Microstructură material de bază 500X
 Basic material microstructure 500X

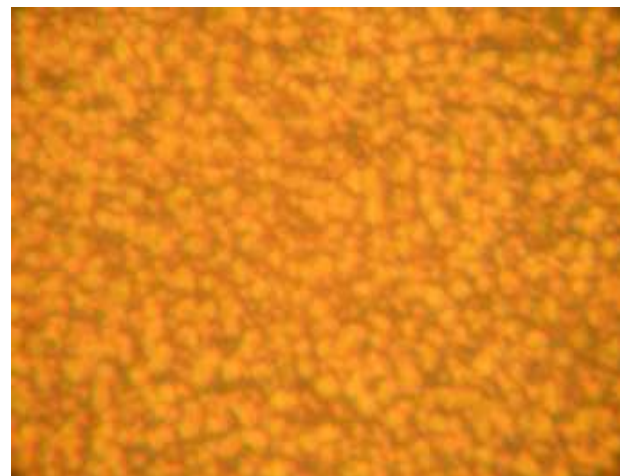
Mechanized gouging

Fig. 10. Microstructură material de bază 500X
 Basic material microstructure 500X

Modul în care microstructura metalografică a evoluat pe parcursul procesului de crăițuire este prezentat în **Figurile 7-10**.

Formarea unei microstructuri de grăunți fini duce la o creștere în duritate a structurii aliajului de AlMg3.

În urma procesului de crăițuire grăunții au format o structură neregulată datorită deformării în comparație cu materialul de bază.

Structura suprafeței superioare a zonei influențată termic suferă cele mai puternice deformări în urma cărora poate fi observată microstructura materialului.

Microstructura rezultată prezintă neuniformități de structură datorate nivelului de deformare și încălzire diferit în timpul procesului de crăițuire, putând fi observată orientarea grăunților.

Suprafața de separație se face remarcată doar prin grăunți alungiți.

5. CONCLUZII

1. În urma efectuării procesului de crăițuire cu plasmă, atât manual cât și mecanizat, în prima instanță pot fi observate diferențe de aspect și proporții, zona crăițuită mecanizat având un aspect curat cu o dimensiune uniformă.
2. De asemenea, s-a constatat o creștere a nivelului de duritate în zona crăițuită manual în comparație cu cea mecanizată datorită formării unei microstructuri de grăunți fini ce duce la o creștere în duritate a structurii aliajului.
3. Conform datelor obținute se poate observa o influență superioară asupra structurii metalografice a materialului în urma procesului de crăițuire manuală element ce demonstrează o mai bună eficiență a procesului de crăițuire mecanizată.

*The way that the microstructure has developed during the gouging process is shown in the **Figure 7 to Figure 10**.*

The formation of a fine grain microstructure results in an increase in hardness of AlMg3 alloy structure.

After the gouging process, the grains formed an irregular structure due to the deformation factor that took place, in comparison to the basic material.

The structure of the upper surface in the heat-affected area suffers the most powerful strains, after which the microstructure can be seen.

The resulting microstructure irregularity occurs due to different levels of deformation and heating during the gouging process. Grain orientation can be observed.

The surface boundary is distinguished only through the elongated grains.

5. CONCLUSIONS

1. After performing the plasma gouging procedure, both manually and mechanically, in the first instance it can be observed a differences in appearance and scale, mechanized gouged area having a clean look with a uniform size.
2. It was also found an increase in level of hardness for manual gouging, due to the formation of a fine grain micro structure that leads to an increase in hardness for the alloy's structure.
3. According to the obtained data we can see a high influence on the metallographic structure in the process of manual gouging, element that demonstrates the better efficiency of the mechanized gouging process.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- [1] **ASM International Handbook** - *Materials characterization*, Volume 10 of the ASM Handbook, 1992, ISBN 0-87170-007-7 (v. 1).
- [2] **ASM International Handbook** - *Casting*, Volume 15 of the ASM Handbook, 1998, ISBN 0-87170-007-7 (v. 1).
- [3] **ASM International** - *Casting Design and Performance*, 2009, ISBN-13: 978-0-87170-724-6.
- [4] **M. IORDĂCHESCU, D. IORDĂCHESCU, E. SCUTELNICU, J. RUIZHERVIAS, A. VALIENTE, L. CABALLERO** - *Influence of heating source position and dilution rate in achiev in govermatched dissimilar welded joints*, Scienceand Technology of WeldingandJoining, 2010, DOI : 10.1179 / 136217110 X12693513264259.