

**CERCETARE EXPERIMENTALĂ
ȘI ASPECTE PRIVIND CRĂIȚUIREA
UNUI OȚEL DE ȚEAVĂ**

**EXPERIMENTAL RESEARCHES
AND ASPECTS REGARDING
PIPE-STEEL GOUGING**

B. FAZAKAS, R.C. SECULIN, T. MACHEDON-PISU, I.C. MON

Universitatea Transilvania din Brașov, Romania

Person contact: barna_fazakas@yahoo.com

REZUMAT / ABSTRACT

Cercetarea de față are ca scop studiul unor procedee de crăițuire în perspectiva eliminării unor defecte de sudare posibil să apară în cazul îmbinării cap la cap a țevelor. S-a studiat influența diferitelor procedee de crăițuire asupra calității materialului de bază supus sudării.

Crăițuirea este un procedeu de prelucrare termică a pieselor metalice. Aceasta urmărește pregătirea rostului pieselor în vederea sudării. În zona de prelucrare, metalul topit aparținând piesei este îndepărtat prin expulzare de către un jet de aer comprimat sau de gazele rezultate din descompunerea învelișului electrodului de crăițuire.

Topirea metalului se datorează temperaturii degajate de arcul electric sau de arcul de plasmă ce se formează între electrod și suprafața piesei.

S-au experimentat trei variante de crăițuire: cu electrod de grafit cuprat, cu electrod învelit special pentru crăițuire (OK 21.03) și cu plasmă.

This research has been conducted for the purpose of studying certain gouging processes in order to eliminate the welding flaws which can occur if splicing pipes. The influence of the various gouging processes on the basic material was therefore studied.

Gouging is a thermal-processing procedure for the metallic pieces. It aims at preparing joints of parts for welding. In the process, molten metal belonging to the part is removed by expulsion by compressed air or gases from the decomposition of the coating of the gouging electrode.

The metal melting is due to the temperature released by the electric arc or by the plasma formed between the electrode and the surface of the piece/part.

There were experienced three versions of gouging: with coppered graphite electrode, with specially coated electrode for gouging (OK 21.03) and with plasma.

Key words: gouging, pipes, microstructures, toughness

1. INTRODUCERE

În cadrul lucrării de față au fost studiate aspecte legate de calitatea suprafețelor crăițuite prin diferite variante de crăițuire.

S-au folosit trei variante de crăițuire: crăițuire cu arc-aer, cu electrod învelit și cu plasmă manuală.

Cercetarea s-a efectuat pe un oțel pentru țevi (S355K2H conform standardului EN 10210-2006) cu compoziția chimică prezentată în **Tabelul 1** și caracteristicile mecanice prezentate în **Tabelul 2**.

1. INTRODUCTION

In the framework of this paper there were presented the aspects related to the quality of the surfaces gouged by means of various gouging methods.

Within this work, three gouging processes were resorted to: arc-air gouging, gouging with coated electrode and with manual plasma.

The research was conducted upon a pipe steel (S355K2H according to the standard EN 10210-2006) with the chemical composition presented in **Table 1** and with the mechanical characteristics submitted in **Table 2**.

Tabelul 1. Compoziția chimică a materialului de bază [%]
 Table 1. Chemical composition of the basic material [%]

C	Si	Mn	P	S	Ceq
0.22	0.55	1.6	0.03	0.03	0.45

Tabelul 2. Proprietățile mecanice ale materialului de bază
 Table 2. Mechanical properties of the basic material

Steel	Re [MPa]	Rm [MPa]	A [%]	KV [J]
S355K2H	355	470 - 630	20	40

2. CERCETĂRI EXPERIMENTALE

Crăițuire arc-aer

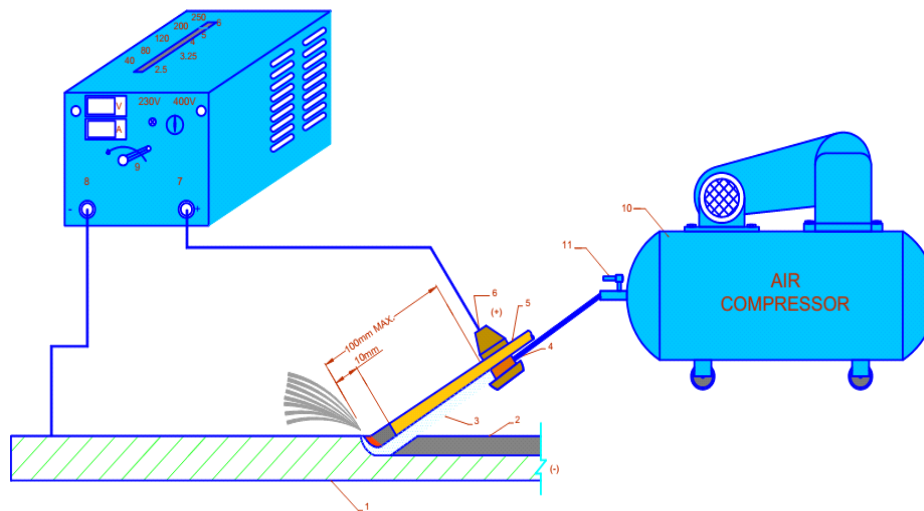


Fig. 1. Schema de principiu a procedurii de crăițuire arc-aer
 Schematic diagram of the arc-air gouging procedure

Procedul de crăițuire arc-aer poate fi manual sau mecanizat. În cadrul cercetărilor efectuate s-a utilizat varianta manuală.

În **Figura 1** este prezentată schema de principiu a acestui procedeu. Electrodele de grafit (5) este fixat în cleștele de crăițuire (6). Dispozitivul de prindere al acestuia (4) este legat la borna pozitivă a sursei de curent continuu (7). Jetul de aer comprimat (3) este realizat de un compresor (10). Un manometru (11) permite măsurarea presiunii aerului comprimat necesar în procesul de crăițuire.

Materialul (1) ce urmează a fi prelucrat prin crăițuire este fixat la borna negativă (8) a sursei de curent continuu. După amorsarea arcului electric materialul de bază se topește, iar cu ajutorul jetului de aer comprimat (3) este eliminat, rezultând canalul crăițuit (2). Înainte de pornirea sursei de curent continuu se reglează intensitatea de curent cu ajutorul manetei (9).

La acest procedeu s-a folosit un electrod rotund cu datele tehnice prezentate în **Tabelul 3**.

2. EXPERIMENTAL RESEARCHES

Arc-air gouging

The arc-air gouging procedure can be either manual or mechanized. Within the conducted research, the manual version was used.

In **Figure 1**, the schematic diagram of this procedure is presented. The graphite electrode (5) is set in the gouging pliers (6). Its fastening device (4) is connected to the positive terminal of the DC power source (7). The compressed-air jet (3) achieved by a compressor (10). A manometer (11) allows measurement of the compressed-air pressure necessary for the gouging process.

The material (1) to be processed by gouging is fastened to the negative terminal (8) of the DC power source. After the electric arc ignition, the basic material melts and, with the compressed-air jet (3) it is eliminated; resulting thereby the gouged channel (2). Before putting the continuous-current source into operation, the current intensity is adjusted with the handle (9).

For this procedure, a ball (round) electrode was used, whose technical data are shown in **Table 3**.

Tabelul 3. Caracteristicile electrodului de grafit cuprat
 Table 3. Characteristics of the coppered graphite electrode

Electrode diameter [mm]	Cutting current [A]	Pressure compressed air [MPa]	Electrode weight [g]	Electrode length [mm]
6.4	200 - 350	0.4 - 0.8	17	305

Diametrul electrodului utilizat este de 6,4 mm conform **Tabelului 1** și compoziția chimică conform certificatului de conformitate (ENS-1254-2004) este 98% grafit și 2% cupru.

Crăițuire cu electrod învelit

Procedul de crăițuire cu electrod învelit este prezentat în **Figura 2**.

The electrode diameter is of 6.4 mm, as shown in **Table 1** and its chemical composition, according to the compliance certificate (ENS-1254-2004) is 98% graphite and 2% copper.

Gouging with coated electrode

The gouging procedure with coated electrode is shown in **Figure 2**.

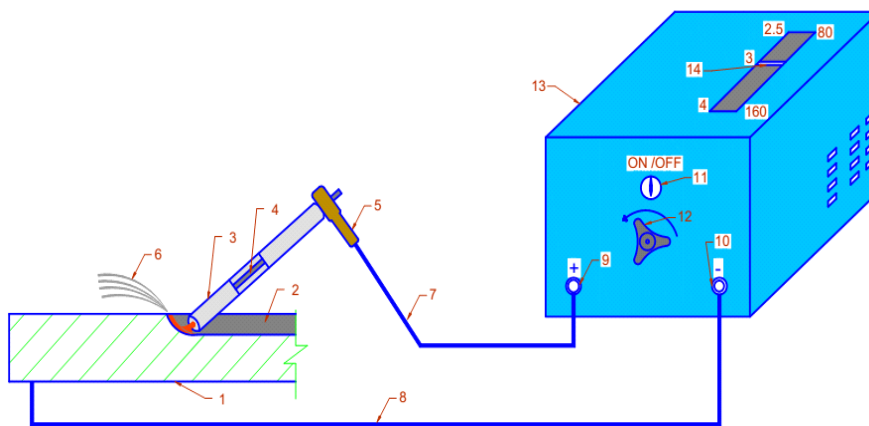


Fig. 2. Schema de principiu a crăițuirii cu electrod învelit
 Schematic diagram of the gouging with coated electrode

În **Figura 2** este prezentată schema de principiu a procedurii de crăițuire cu electrod învelit.

Electrodul (4 - vergeaua electrodului din oțel obișnuit) învelit (3 - învelișul electrodului) de crăițuire este prins într-un clește de sudare manuală (5) care este legat cu sursa de tensiune (13) printr-un cablu (7). Acesta este legat la borna pozitivă (9) a sursei de curent continuu.

Piesa de lucru (1) este legată la borna negativă (10) a sursei (13) prin cablul (8).

Sursa de tensiune (13) este pornită cu ajutorul butonului (11) și cu ajutorul manetei (12).

Cu ajutorul butonului se poate regla curentul de sudare/crăițuire. Valorile curentului sunt arătate de indicatorul (14).

Crăițuirea se realizează prin amorsarea arcului electric între vârful electrodului (3) cu piesa de lucru (1). Materialul piesei din zona respectivă este topit și expulzat (6) cu ajutorul jetului de gaz rezultat prin topirea învelișului electrodului se realizează crăițuirea (2).

In **Figure 2**, the schematic diagram of the gouging procedure with coated electrode is shown.

The electrode (4 the core wire in regular steel) coated (3 electrode shell) of gouging is set in a manual welding pliers (5) which is connected to the power source (supply) (13) via a cable (7). It is connected to the positive terminal (9) of the continuous-power source.

The work-piece (1) is connected to the negative terminal (10) of the welding source (13) by a cable (8).

The welding source (13) is put into operation, with the button (11) and with the handle (12), by means of which the welding/gouging current can be adjusted. The current (power) values are viewed with the indicator (14).

The gouging is achieved by the ignition of the electric arc between the contact point (3) and the work-piece (1). The material of the piece in that area is melted and expelled (6) with the gas jet resulted from the melting of the electrode shell; the gouging being thereby achieved (2).

Crăițuirea cu electrod învelit este diferită pentru că necesită un electrod special, acoperit cu straturi de flux groase, necesare pentru a genera un arc electric și un flux de gaz puternic. Spre deosebire de sudura cu electrod învelit unde susținerea unei băi de sudură stabilă este necesară, acest procedeu expulzează metalul topit din zona arcului, creând o suprafață tăiată curată. Procesul de crăițuire este caracterizat prin cantitatea mare de gaz, care este generat pentru a evacua metalul topit. Cu toate acestea, deoarece curentul de arc-gaz nu este la fel de puternic ca un jet de aer sau de gaz comprimat separat, suprafața obținută nu este la fel de netedă, ca la crăițuirea oxigaz sau crăițuirea arc-aer.

Datele tehnice de crăițuire în cadrul experimentelor sunt prezentate în **Tabelul 4**.

The gouging with coated electrode is different, as it requires a special electrode, covered with thick flow coverage, in order to generate a strong electric arc and gas flow. Unlike the welding with a coated electrode, where it is necessary to support a stable welding bath, this procedure ejects the molten metal from the area of the arc, creating a clean cut surface. The gouging process is characterized by a great gas quantity, which is generated in order to evacuate the molten metal. Nevertheless, given that the arc-gas current is not so strong as a separately compressed air or jet, the obtained surface is not equally smooth, as in the case of the oxy-gas gouging or arc-air gouging.

*The technical gouging data of the experiments conducted are shown in **Table 4**.*

Tabelul 4. Date tehnice de crăițuire cu electrod învelit
Table 4. Technical data for the gouging with coated electrode

Electrode diameter [mm]	Current intensity [A]	Gouging sizes		Gouging speed [mm/min]
		Depth [mm]	Width [mm]	
2.5	180	1.5	4.8	860

La acest procedeu s-a folosit electrodul special pentru crăițuire și scobire OK 21.03 cu compoziția chimică prezentată în **Tabelul 5** conform certificatului de conformitate (numărul 1764/02, ISO 11014-1).

*In the case of this procedure, the special electrode for gouging and hollowing out was used OK 21.03 with the chemical composition shown in **Table 5** according to the compliance certificate (number 1764/02, ISO 11014-1).*

Tabelul 5. Compoziția chimică a învelisul electrodului [%]
Table 5. Chemical composition of the electrode shell [%]

Aluminum silicate	Carbon	Iron	Iron oxide	Manganese	Silicates
2	2	5	15	30	20
The core wire is made of mild steel					

Crăițuire cu plasmă

Plasma gouging

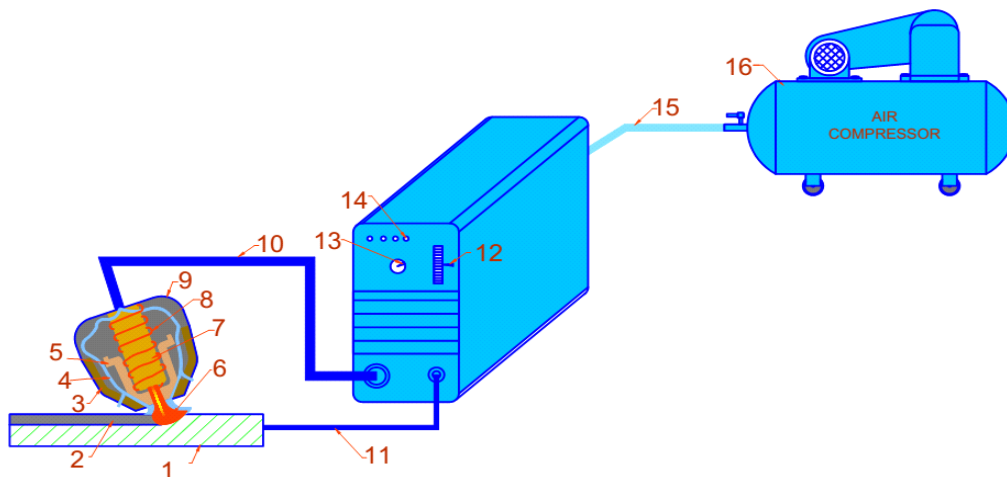


Fig. 3. Schema de principiu a crăițuirii cu plasmă
Schematic diagram of the plasma gouging

În **Figura 3** este prezentată schema de principiu a acestui procedeu. Piesa de lucru (1) este fixată pe un banc de lucru și este legată la borna negativă (11) a aparatului de tăiere și crăițuire.

Echipamentul este pornit cu butonul de pornire/oprire (13) iar ledul (12) prin aprindere confirmă nivelul aerului comprimat necesar pentru realizarea arcului de plasmă (agent plasmagen) și a jetului de aer comprimat pentru expulzarea metalului topit, cu ajutorul indicatorului (14) se poate alege tipul de procedeu folosit la acest echipament.

Pistoletul de taiere/crăițuire (9) are în componența sa electrodul (7) și duza (8). Cu ajutorul acestora se realizează arcul de plasmă (6) între el și duza (5). Duza de protecție (3) are rolul de a proteja electrodul și de a dirija aerul comprimat (4) către piesa de lucru (1). Piesa este conectată la echipament prin cablul (10). Cablul conține și furtunul de alimentare cu jet de aer comprimat (4). Aparatul este legat (15) și la o sursă (compresor) de aer comprimat (16). Se poziționează pistolul astfel încât să se afle la 15 mm față de piesa de lucru înainte de amorsarea arcului de plasmă. Pistoletul are un unghi de 30-45° față de piesa de lucru cu o fantă mică între vârful lui și piesa de lucru.

Pentru a obține o canelură (2) mai adâncă trebuie modificată înclinatia pistolului.

Adâncimea de crăițuire se poate modifica prin schimbarea unghiului pistolului în raport cu piesa de lucru.

*In **Figure 3**, the schematic diagram of this procedure is shown. The work-piece (1) is fastened on a work bench and is connected to the negative terminal (11) of a cutting and gouging apparatus.*

The apparatus is set into operation with the start/stop (on-off) button (13) and the led (12), by lighting, indicates the compressed-air level necessary for achieving the plasma arc (plasmagen agent), as well as the compressed-air jet for the expulsion of the molten metal; with the indicator (14) can be chosen procedure used for this apparatus.

The cutting/gouging pistol (9) has in its constituency the electrode (7) and the nozzle (8). With whose, the plasma arc is achieved (6) between this one and the nozzle (5). The protection nozzle (3) has the role to protect the electrode and to direct the compressed air (4) towards the working piece (1). The latter is connected to the apparatus by the cable (10) which also contains the compressed-air jet supply hose (4). The apparatus is connected (15) to a compressed-air source (compressor) (16). The pistol is kept at 15 mm from the work-piece, before the ignition of the plasma arc. The pistol is kept at an angle of 30-45° to the work-piece, with a small slit between the pistol point and the work-piece.

In order to obtain a deeper slot (2) we will modify inclination of the pistol.

The gouging depth may be varied by the variation of the pistol angle in relation to the work-piece.

Tabelul 6. Date tehnice de crăițuire cu arc de plasmă
Table 6. Technical data for the gouging with plasma arc

Current strength/ Amperage [A]	Gouging sizes		Compressed-air supply [MPa]	Gouging speed [mm/min]
	Depth [mm]	Width [mm]		
45	5	8	0.6	1200

3. REZULTATE

În urma crăițuirii, epruvetele au fost debitate cu jet de apă la dimensiuni 15x20 mm, apoi curățate și uscate cu jet de aer comprimat și șlefuite până la obținerea luciului metalic cu un aparat de șlefuire și lustruire cu cap vector.

În condiții experimentale de laborator s-a produs un atac cu nital de 2% asupra epruvetelor, pentru o bună vizualizare a structurilor macroscopice sau/și microscopice.

Atacul a fost realizat pentru fiecare epruvetă în parte de ordinul 2-4 secunde.

Rezultatele sunt prezentate în figurile următoare.

3. RESULTS

As a result of the gouging, the samples were discharged with a water jet, at the sizes 15x20 mm; then, cleaned and dried with a compressed-air jet, and polished, until getting a metallic luster, with a polishing and finishing apparatus with a vector head end.

Under laboratory experimental conditions, a nital attack of 2% was produced upon the samples, for a better visualization of the macroscopic and/or microscopic structures.

For each sample, the attack lasted 2-4 seconds.

The results are presented in the following figures.

A. Macrostructura

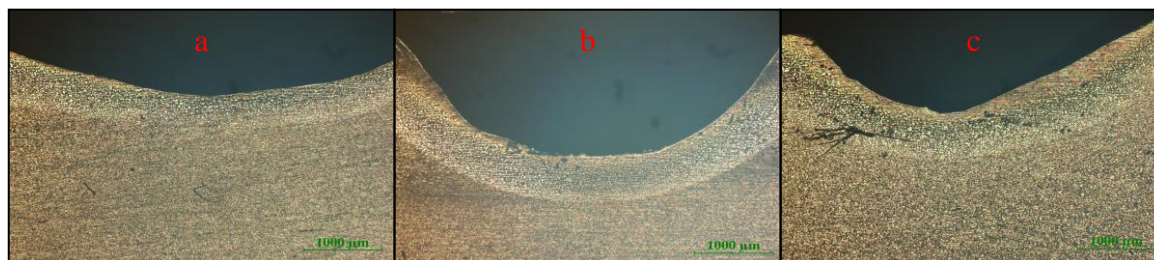


Fig. 4. Macrostructura epruvetelor crăițuite cu: a) arc-aer, b) electrod învelit, c) plasmă manuală
Macrostructure of the samples gouged with: a) arc-air, b) coated electrode, c) manual plasma

La aceste macrostructuri se poate observa că la crăițuirea cu plasmă au apărut microfisuri și în zona influențată termic (zona crăițuită) are loc o durificare datorită excesului de carbon rezultat din descompunerea carbonului din electrod la crăițuirea arc-aer și cu electrod învelit.

B. Microstructura

La analizarea microscopică a suprafețelor crăițuite s-a folosit microscopul Nikon Eclipse MA100 de mărire 500X.

A. Macrostructure

In the case of these macrostructures, one can see that, during the plasma gouging, some micro-cracks have appeared and that, in the thermally influenced area (gouged area), a hardening has occurred, because of the surplus of carbon resulted from the decomposition of the carbon in the electrode, at the gouging with arc-air and with coated electrode.

B. Microstructure

With a view to microscopically analyzing the gouged surfaces, the microscope Nikon Eclipse MA100 for magnifying 500X was used.

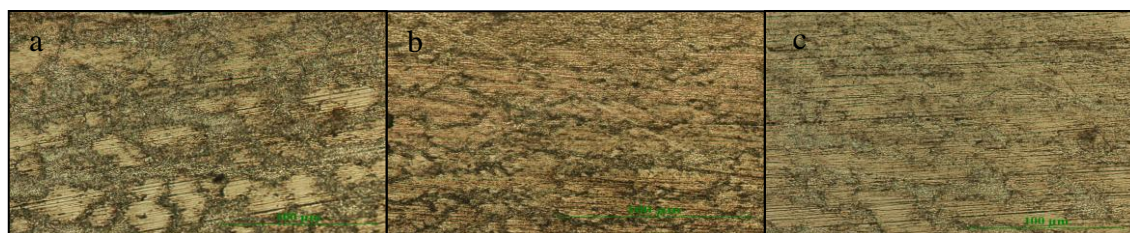


Fig. 5. Microstructura zonei influențată termic crăițuită cu: a) arc-aer, b) electrod învelit, c) plasmă manuală
Microstructure of the thermally influenced area, gouged with: a) arc-air, b) coated electrode, c) manual plasma

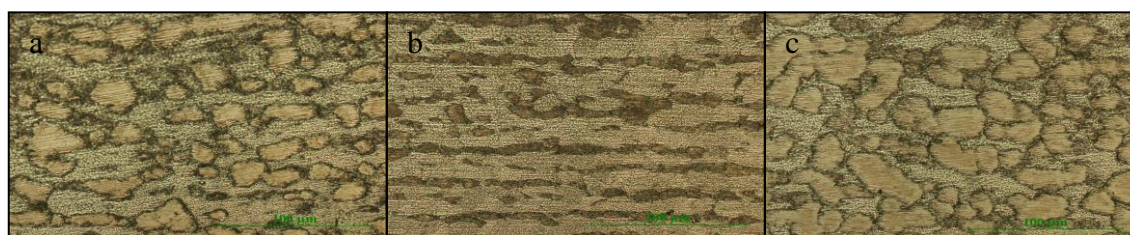


Fig. 6. Microstructura intermediară între zona influențată termic și zona materialului de bază crăițuită cu:
 a) arc-aer, b) electrod învelit, c) plasmă manuală
*Intermediary microstructure between the thermally influenced area and the area of the basic material, gouged with:
 a) arc-air, b) coated electrode, c) manual plasma*



Fig. 7. Microstructura materialului de bază crăițuită cu: a) arc-aer, b) electrod învelit, c) plasmă manuală
Microstructure of the basic material, gouged with: a) arc-air, b) coated electrode, c) manual plasma

Materialul de bază este un oțel perlito-feritic cu grăunți alungiți; se poate observa o finisare a structurilor în zona influențată termic și în cazul crăițuirii cu arc-aer are loc o durificare superficială accentuată datorită excesului de carbon înglobat în materialul din electrodul de grafit.

În cazul crăițuirii cu electrod învelit, întâlnim o durificare superficială dar nu este accentuată ca la crăițuirea cu arc-aer.

C. Duritatea

Pentru determinarea durităților suprafețelor crăițuite cu cele trei procedee amintite mai sus s-a folosit un microdurimetru FM 700 AHOTEC, cu sarcina de 100g forță și s-a folosit scara de HV₁₀.

Echipamentul este prevăzut cu un sistem de achiziție a datelor și cu un software dedicat măsurării automate a microdurităților.

Pentru fiecare probă s-au efectuat câte 5 măsurători în stratul influențat termic (zona crăițuită), între zona influențată termic și materialul de bază, și în materialul de bază. S-a calculat media aritmetică a valorilor obținute prin măsurare.

Valorile medii sunt date în **Tabelul 7**.

The basic material is a perlite-ferritic steel, with elongated grains; one can see the finishing of the structures in the thermally influenced area, and, in the case of the gouging with arc-air, an accentuated superficial hardening occurs, due to the excess of carbon incorporated in the material, from the graphite electrode.

In the case of the gouging with coated electrode, we are still confronted with a superficial hardening, yet it is not accentuated, as in the case of the gouging with arc-air.

C. Toughness

In order to determine the toughness of the surfaces gouged with the three aforementioned procedures, a micro hardness tester FM 700 AHOTEC was used, with the load of 100g force; and the scale of HV10 was resorted to.

The equipment is provided with a data-acquisition system and with un dedicated software for measuring the micro-toughness.

*For each sample, 5 measurements were effectuated in the thermally influenced layer (gouged area), between the thermally influenced area and the basic material, and in the basic material; and the arithmetic average value was calculated for the values obtained by measurement. Average values are given in **Table 7**.*

Tabelul 7. Valorile medii ale microdurităților
Table 7. Average values of the micro-hardness

Procedure	Arc-air gouging	Coated electrode gouging	Plasma gouging
Average value in the thermally influenced area	485.7	489.7	445.53
Average value between the thermally influenced area and MB	272.4	309.8	319.2
Average value in MB	197.1	198	197.5

4. CONCLUZII

- În urma crăițuirii cu arc-aer și electrod învelit se observă că zona crăițuită este durificată cu carbon.
- La crăițuirea cu plasmă a apărut o fisură în zona prelucrată. Este necesar ca în continuare să se analizeze cauzele care au determinat fisurarea și modalitatea de prevenire a acestui proces.

4. CONCLUSIONS

- Following the gouging with arc-air, and with coated electrode, one can see that the gouged area is hardened with carbon.
- In case of the plasma gouging, a creak in the processed area has appeared. Therefore, it is further required to analyse causes that produced the creak and how we might prevent this process.

3. La crăițuire cu plasmă zona influențată termic este mai mică, deci rezultă că materialul este mai puțin influențat față de crăițuirea cu arc-aer și cu electrod învelit.
3. *The plasma gouging heat affected zone is small, so it follows that the material is less influenced face to the arc-air gouging and coated electrode.*

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was partially supported by the strategic grant POSDRU/159/1.5/S/137070 (2014) of the Ministry of National Education, Romania, co-financed by the European Social Fund - Investing in People, within the Sectoral Operational Programme Human Resources Development 2007-2013.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- [1] **B. FAZAKAS, R.C. SECULIN, T. MACHEDON PISU** - *Aspects regarding to patinated steel gouging*, Metallurgy and New Materials Researches, Vol. XXII, No. 4/2014.
- [2] **T. MACHEDON PISU, F. ANDREESCU** - *Materiale metalice pentru produse sudate*. Editura Lux Libris, Brașov, ISBN 973-9704-6-8, 1996.
- [3] **Michelle AVILA** - *Discovering the Benefits of Gouging with Plasma*, Welding Design, Oct. 15, 2011.