



UNIUNEA EUROPEANĂ



Fondul Social European  
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale  
2007-2013



OIPOSDRU

MINISTERUL  
EDUCAȚIEI ȘI  
CERCETĂRII  
ȘTIINȚIFICE



Universitatea  
Politehnica  
Timișoara

### **Investește în oameni!**

#### **FONDUL SOCIAL EUROPEAN**

**Axa prioritară:** 1 „Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere”

**Domeniul major de intervenție:** 1.5 „Programe doctorale și postdoctorale în sprijinul cercetării”

**Titlul proiectului:** “Creșterea atractivității și performanței programelor de formare doctorală și postdoctorală pentru cercetători în științe inginerești - ATTRACTING”

**Cod Contract:** POSDRU/159/1.5/S/137070

**Beneficiar:** Universitatea Politehnica Timișoara

**Partener:** Universitatea Transilvania din Brașov

# **Universitatea *Transilvania* din Brașov**

## **Școala Doctorală Interdisciplinară**

### **Departament: Ingineria Materialelor și Sudură**

**Ing. Barna FAZAKAS**

**Obținere și caracterizarea suprafețelor crăițuită cu plasma**

**-Rezumat tezei de doctorat-**

**Obtaining and Characterizing the Plasma-Gouged Surfaces**

**-Abstract-**

**Conducător științific**

**Prof. dr. ing. Teodor MACHEDON-PISU**

**BRASOV, 2017**

D-lui (D-nei)

.....

## COMPONENȚA

### Comisiei de doctorat

Numită prin ordinul Rectorului Universității Transilvania din Brașov

Nr. .... din .....

PREȘEDINTE: Prof.dr.ing. ȚIEREAN Mircea Horia  
Universitatea Transilvania din Brașov

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC: Prof.dr.ing. MACHEDON PISU Teodor  
Universitatea Transilvania din Brașov

REFERENȚI: Prof.dr.ing. SOLOMON Gheorghe  
Universitatea "Politehnica" din București  
Prof.dr.ing. VIZUREANU Petrică  
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași  
Conf.dr.ing. OLAH Arthur  
Universitatea Transilvania din Brașov

Data, ora și locul susținerii publice a tezei de doctorat: ....., ora .....,  
sala .....

Eventualele aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării vor fi  
transmise electronic, în timp util, pe adresa barna\_fazakas@yahoo.com

Totodată, vă invităm să luați parte la ședința publică de susținere a tezei  
de doctorat.

Vă mulțumim.

## CUPRINS

	Pag. teză	Pag. rezumat
<b>INTRODUCERE</b>	3	-
<b>1. STADIUL ACTUAL PRELUCRARI PRIN CRĂIȚUIRE A MATERIALELOR METALICE</b>	4	4
1.1. Clasificarea procedeelelor de crăițuire utilizate în industrie. Comparatie între procedee	4	4
1.2. Arcul electric – particularități	7	4
1.3. Plasma – particularități	7	4
1.4. Crăițuire termica cu arc de plasma	12	5
1.4.1. Aspecte generale despre echipamente de crăițuire cu plasma	12	5
1.4.2. Gazele utilizate la crăițuire cu plasma	15	5
1.4.2.1. Influența gazului plasmagen asupra calitatea suprafeței crăițuita cu plasma	16	-
1.4.2.2. Aspecte privind alegerea gazului plasmagen	17	-
1.4.3. Progresele tehnologice în evolutia procedeeului de crăițuire termica cu plasma	22	5
1.4.4. Aspecte privind mecanizarea procedeeului de crăițuire cu plasma	25	6
1.4.5. Emisii de noxe generate în timpul crăițuirii cu plasma	26	6
1.5. Concluzii	30	-
<b>2 OBIECTIVE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE</b>	31	7
2.1. Delimitarea domeniului de cercetare, logistica de cercetare	31	7
2.2. Obiective generale ale proiectului de cercetare știintifica, metodica de cercetare	38	7
<b>3 Tehnologia de obținere a suprafețelor crăițuite</b>	40	9
3.1. Tehnologia de obținere a suprafețelor crăițuite cu procedeul arc-aer ( numar de proces 871)	40	9
3.2. Tehnologia de crăițuire cu electrod învelit (MMAG) (process number 87)	45	12
3.3. Tehnologia de crăițuire cu plasmă cu acționare manuală	50	14
3.4. Tehnologia de crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizata	54	16
3.5. Tehnologia de obținere și aplicare a tehnologiei de crăițuire cu plasmă la diverse materiale metalice sudabile (oțel, fontă, aluminiu)	58	20
3.6. Soluții tehnologice privind mecanizarea crăițuirii cu plasmă	77	31
3.7. Determinări experimentale ale concentrației de microparticule din atmosfera de lucru	82	32
3.8. Determinarea concentrației de microparticule din atmosfera de lucru la diferite procedee de crăițuire și la diferite tipuri de oțel (S235J0, S355J2, S355K2H)	91	-
3.9. Concluzile	104	-
<b>4. STUDII COMPARATIVE ALE SUPRAFETELOR CRĂIȚUITE OBȚINUTE PRIN PROCEDEUL DE</b>	105	35

	<b>CRĂIȚUIRE ARC-AER, CU ELECTROD ÎNVELIT, CU PLASMĂ CU ACȚIONARE MANUALĂ, CU PLASMĂ CU ACȚIONARE MECANIZATĂ</b>		
4.1.	<b>Factor de influență asupra calitatea pieselor crăițuite termic</b>	<b>105</b>	<b>35</b>
4.2.	<b>Măsuri dimensionale a suprafeței crăițuite</b>	<b>106</b>	<b>36</b>
4.3.	<b>Măsurări de rugozitate a suprafeței crăițuite</b>	<b>114</b>	<b>39</b>
4.4.	<b>Analiza macroscopică a suprafeței crăițuită</b>	<b>122</b>	<b>42</b>
4.5.	<b>Analiza microscopică</b>	<b>124</b>	<b>42</b>
4.6.	<b>Analiza suprafețelor crăițuite cu microscopul electronic de scanare (SEM)</b>	<b>128</b>	<b>45</b>
4.7.	<b>Analiza spectrale privind compoziția chimică a suprafețelor crăițuită</b>	<b>131</b>	<b>47</b>
4.8.	<b>Determinarea microdurităților pe suprafața crăițuită</b>	<b>134</b>	<b>50</b>
5	<b>CONCLUZILE GENERALE, CONTRIBUTII PERSONALE, MODALITATI DE VALORIFICARE A REZULTATELOR</b>	<b>136</b>	<b>-</b>
5.1.	<b>Concluzii generale</b>	<b>136</b>	<b>51</b>
5.1.1	<b>Concluzii generale privind stadiul actual al crăițuirii materialelor metalice</b>	<b>137</b>	<b>52</b>
5.1.2	<b>Concluzii generale privind obținerea suprafețelor crăițuită</b>	<b>137</b>	<b>53</b>
5.1.3	<b>Concluzii generale privind calitatea suprafețelor și comparație între procedee.</b>	<b>138</b>	<b>54</b>
5.1.4	<b>Concluziile finale</b>	<b>139</b>	<b>55</b>
5.2	<b>Contribuții personale</b>	<b>139</b>	<b>55</b>
5.3	<b>Modalități de valorificare a rezultatelor cercetării</b>	<b>140</b>	<b>56</b>
5.4	<b>Direcții viitoare de cercetare</b>	<b>142</b>	<b>57</b>
5.5	<b>BIBLIOGRAFIE</b>	<b>143</b>	<b>59</b>

# CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL PRELUCRĂRI PRIN CRĂIȚUIRE A MATERIALELOR METALICE

## 1.1 Clasificarea procedeeleor de crăițuire utilizate în industrie.

### Comparație între procedee de crăițuire.

**Definiția crăițuirii:** Crăițuirea este un procedeu special de îndepărtare a metalului prin diferite metode cum ar fi prelucrare mecanică, prelucrare cu arc electric, deformare la cald, etc.

Din punct de vedere practic crăițuirea se folosește la îndepărtarea defectelor de sudură, defectelor de turnare, șanfrizarea suprafeței de sudare și în cazul sudarea cap la cap al tablelor se crăițuiește rădăcina sudurii pentru a îndepărta zonele nepătrunse și pregătirea suprafeței pentru sudare.

### **Clasificarea procedeeleor de crăițuire în industrie**

Actualmente în industria de construcție metalică există o serie de procedee de crăițuire care, conform clasificării TWI , pot implica o serie de tehnologii dintre care se pot menționa:

- Crăițuire cu arc electric: arc – aer, cu electrod învelit, oxi-arc,
- Crăițuire cu energie concentrată: plasma, laser,
- Crăițuire termică: oxi-gaz,
- Crăițuire mecanică: polizare, prelucrare prin așchiere,
- Crăițuire prin deformare plastică la rece sau la cald

## **1.2 Arcul electric – particularități**

Arcul electric este definită ca fiind descărcarea electrică dintre doi electrozi aflați într-un mediu gazos și se poate produce sub diferite forma, în funcție de distanța dintre electrozi, stare de ionizare, presiunea și natura gazelor, tensiunea aplicată electrozilor, intensitatea curentului, pierderile de energie în spațiul înconjurator

## **1.3 Plasma – particularități**

Plasma este un sistem (sau corp) fizic cvasi neutru din punct de vedere electric, în componența sa intră particule pozitive, negative, neutre și fotoni. Particulele pozitive sunt întotdeauna ionii atomici sau moleculari, iar cele negative, de obicei electronii. Ionii negativi, formați în urma atașării electronilor la atomi sau molecule se întâlnesc mai rar și au o importanță secundară. Particulele neutre sunt atomii sau moleculele care se pot afla fie în stare

fundamentală (de echilibru) sau sunt în diferite stări excitate. Dezexcitarea acestora conduce la formarea fotonilor din volumul plasmăi

#### **1.4 Crăițuire termică cu arc de plasma**

Pentru sudura cap la cap frecvent este necesar eliminarea surplusului de material. În astfel de cazuri, scobirea poate fi mai eficientă de cât slefuirea sau prelucrarea prin aşchiere a defectelor de sudură sau când se crăițuiește canelura pentru eliminarea surplusului de sudură sau eliminarea defectelor de sudură și resudarea rădăcini.

Una dintre metodele de scobire care se folosește arcul electric, care creează o cantitate considerabilă de fum, astfel dacă se lucrează în interiorul încăperii trebuie utilizată o ventilație specială ca să evităm îmbolnăvirea operatorului. În plus crăițuirea implică topirea materialului și eliminarea sau suflarea lui deoparte, operatorul trebuie protejat de metalul topit prin folosirea echipamentului de protecție prevăzută în protecția muncii individuale.

##### **1.4.2 Gazele utilizate la crăițuire cu plasma**

Pentru crearea plasmăi necesare procesului de crăițuire se folosesc gaze sau amestecuri de gaze așa numite gaze plasmagene. În funcție de fazele în ce se găsește procedeul ( faza de aprindere sau de ardere propriu zisă) se pot folosi diferite tipuri de gaze la diferite valori ale debitelor de lucru:

- Gazul de amorsare (ionizare): pentru faza de aprindere este posibil să se folosească un anumit tip de gaz ce facilitează o aprindere mai ușoară concomitent cu protejarea duzei și a electrodului, acest gaz are rolul de a amorsa arcului, iar în acest scop este utilizat un gaz ușor ionizabil.
- Gazul de crăițuire: pentru faza de crăițuire propriu-zisă este un factor cheie care poate influența calitatea suprafeței crăițuite în raport cu tipul de material de bază utilizat.
- Gazul auxiliar (secundar): în funcție de varianta tehnologică de crăițuire se poate folosi și un așa numit gaz plasmagen secundar, cu rolul de a constrânge suplimentar arcul de plasma și tot odată protecția suplimentară a electrodului și duzei. [9, 19, 42]

##### **1.4.3 Progrese tehnologice în evoluția procedurii de crăițuire termică cu plasmă**

Plasma a fost inventată de cercetătorii de la Union Carbide, divizia Linde, procesul de tăiere cu arc de plasmă s-a materializat atunci când oamenii de știință au reușit să strângă arcul de WIG pentru a crește densitatea de energie, formând un arc de tăiere de cât un arc de sudură.

Pionierii în industrie includ Dr. Robert Gage și colegii săi care au elaborat brevetul original în anul 1955. Între timp, James Browning, profesor la Dartmouth College (Hanovra, NH) și studentul Merle Thorpe au dezvoltat primul pistol de tăiere cu plasma și sursă de curent. Ei s-au concentrat pe dezvoltarea unui pistol de tăiere cu temperatura înaltă, aceea de a crea un jet de plasma fierbinte cam  $5.600^{\circ}\text{C}$

Construcția actuală a pistolului de tăiere/crăițuire nu diferă în mod semnificativ de primul model al anilor 50. Cu toate acestea, inovații importante ce au urmat de-a lungul anilor, au dus la faptul că pistolul să devină o componentă mecanică, cu o valoare foarte ridicată tehnologică

#### **1.4.4 Aspecte privind mecanizarea procedurii de crăițuire cu plasma**

Mecanizarea procedurii de crăițuire cu plasma permite extinderea pe o scară largă industrială a acestui procedeu de crăițuire datorită unei productivități ridicate combinată cu o calitate mult crescută a suprafeței prelucrate (comparativ cu crăițuire cu plasmă cu acționare manuală).

Mecanizarea procedurii de crăițuire prevede utilizarea unui echipament sau dispozitiv care asigură o deplasare liniară și uniformă. În industrie sunt numeroase firme cu renume care vând acest tip de dispozitive cum ar fi Esab, Fronius, Gecko, Smartweld. Dar aceste dispozitive sunt proiectate în general pentru sudare în anumite poziții de exemplu doar orizontal, sau doar vertical. Costurile acestor dispozitive de tăiere/crăițuire sunt mari.

#### **1.4.5 Emisii de noxe generate în timpul crăițuirii cu plasma**

Indiferent de varianta tehnologică de crăițuire cu plasma utilizată – cu pistol manual sau mecanizat, indiferent dacă folosim o sursă simplă de plasma cu aer comprimat (cel mai utilizat echipament și în ateliere mici) sau o sursă de plasma de ultimă generație și de înaltă definiție, specialiștii în cercetare și în industrie se confruntă cu următoarele aspecte negative diferite procedurii, aspecte ce trebuie minimalizate:

- Emisia de fum cu potențial toxic, degajat în aria de lucru
- Emisia de raze ultraviolete ce poate provoca arsuri de piele sau ale ochilor
- Generarea unui intens nivel de zgomot, la intensități mari de curent, peste limita maximă admisă în zona de lucru.

Reducerea emisiilor de noxe devine o prioritate pentru producător de echipamente de plasma pentru asigurarea unor condiții de lucru corespunzătoare din punctul de vedere a sănătății și securității muncii, dar și din punctul de vedere al impactului asupra mediului înconjurător [4, 78].

În industrie, diferite procedee de crăițuire termică (crăițuire arc-aer, crăițuire cu electrod învelit, crăițuire cu plasma) în timpul utilizării generează diferite tipuri și mărimi de particule.

În momentul când concentrația de particule cresc peste limita maximă admisibilă prevăzută în fișa postului și reglementată de H.G. 1218/2006, ele devin un risc pentru sănătatea lucrătorului.

## **Capitolul 2. Obiective și direcții de cercetare**

### **2.1. Delimitarea domeniului de cercetare, logica de cercetare**

În industria de structuri metalice și în industria construcțiilor de mașini sunt folosite mai multe procedee de crăițuire cum ar fi crăițuire cu arc-aer, oxigaz, electrod învelit, plasma, șlefuire. Dintre aceste procedee de crăițuire cu arc-aer și cu oxigaz sunt cele mai utilizate. În cazul pieselor din materiale speciale ( unele oțeluri de țevă, oțeluri speciale) se practică crăițuire prin abraziune ( șlefuire) ca să nu influențăm materialul de bază cu o temperatură ridicată, în cazul crăițuirii cu arc-aer sau alte procedee de crăițuire termice. Dar ambele prezintă mai multe dezavantaje, dintre care amintesc:

- La procedee de crăițuire cu arc-aer, cu un singur electrod se poate crăiți o lungime destul de mică și după aceea trebuie schimbat electrodul. La acest procedeu este nevoie și de o clește specială pentru crăițuire.

- La crăițuire cu oxi-gaz prezintă dezavantajul ca materialul de bază se oxidează și este nevoie de curățire prin șlefuire a zonei oxidate pentru piesa să fie curată și fără zone influențată termic. Suprafața crăițuită care prezintă oxidarea materialului de bază poate să influențeze negativ calitatea sudurilor dacă nu este curățată zona respectivă.

Soluția considerată cel mai viabilă este procedeele de crăițuire cu plasma. Se poate crăiți cu un singur set de consumabile până la 4 ore fără oprire. Acest procedeu poate fi utilizat manual, mecanizat sau automatizat și de asemenea robotizat în cazuri piese sudate cu complexitate ridicată.

Obiectivul principal al tezei de doctorat este *obținerea și caracterizarea suprafețelor în urma crăițuirii cu plasma.*

În cadrul tezei de doctorat s-a folosit procedeele de crăițuire cu plasma atât în varianta manuală cât și varianta mecanizată. Pentru varianta mecanizată s-a proiectat și realizat un dispozitiv linear de deplasare care să asigure deplasarea uniformă a pistolului de crăițuire. Prin mecanizarea procedeele de crăițuire s-a mărit productivitatea și calitatea suprafețelor obținute prin acest procedeu. Prin promovarea procedeele de crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată se dorește asigurarea unei soluții tehnologice cât mai optime pentru mediu industrial.

După obținerea suprafețelor crăițuite s-a caracterizat suprafața obținută prin analiza macrostructurală, microstructurală, spectrală, compoziția chimică a suprafeței, microduritate



## 2.2. Obiectivele generale ale tezei de doctorat, metodica de cercetare

În elaborarea structurilor metalice, operația de crăițuire constituie una dintre operații premergătoare pentru obținerea structurilor sudate utilizate la viaducte sau poduri, calitatea fiind dependentă de volumul prelucrărilor ulterioare și costurile aferente de materie primă, manopera și de energie.

Scopul acestei teze de doctorat este de a analiza, cerceta și realiza o modalitate de optimizare a proceselor tehnologice de crăițuirii cu plasma bazată pe logica de cercetare existentă sau proiectată ce a fost menționată de mai sus, precum și îndeplinirea următoarelor obiective:

- Obținerea și caracterizarea suprafețelor metalice obținute prin crăițuire cu arc-aer și cu electrod învelit.
- Tehnologia de obținere a suprafețelor metalice crăițuite cu plasma și aplicarea tehnologiei de crăițuire cu plasma a diverselor materiale metalice sudabile ( oțel, fonta, aluminiu)
- Soluții tehnologice privind mecanizarea crăițuirii cu plasma
- Caracterizarea suprafețelor metalice obținute prin crăițuire pentru optimizarea procedurilor de crăițuire

Pe baza studiului literaturii de specialitate, au fost aprofundate următoarele aspecte principale:

- Clasificarea procedurilor de crăițuire utilizată în industrie. Analiza comparativă între procedee de crăițuire termice
- Particularități despre arcul electric
- Particularități despre plasma
- Crăițuire termică cu arc de plasma
- Aspecte generale despre echipamente de crăițuire cu plasma
- Progrese tehnologice în evoluția procedurii de crăițuire cu plasma
- Aspecte privind mecanizarea procedurii de crăițuire cu plasma
- Emisii de concentrații de microparticule generate în timpul crăițuirii cu plasma

Pe baza stadiului actual din literatura de specialitate, în următoarea etapă a cercetării a fost tratată problema completării logisticii de cercetare existente prin dezvoltarea și executarea unui dispozitiv liniar de avans original, pentru a îmbunătăți procesul tehnologic dar și calitatea suprafețelor obținute după crăițuire.

Dupa evaluarea posibilităților tehnice de execuție, evaluarea costurilor și realizarea propriu-zisă a dispozitivului experimental, programul de activități a continuat cu un set de cercetări paralele privind crăițuire cu plasmă cu acționare manuală și mecanizată cu plasmă.

Rezultatele și interpretările au fost axate pe două direcții:

- Optimizarea procedurii de crăițuire cu plasmă
- Creșterea calității suprafețelor crăițuite mecanizată cu plasma, în concordanță cu scăderea costurilor de manoperă, materiale consumabile și reducerea zonei influențate termic în piesa crăițuit. Au fost realizate un set de proceduri de lucru și analize ale pieselor proba după cum urmează:
  - Determinarea parametrilor optimi de crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată cu plasma
  - Determinări dimensionale ale suprafeței crăițuite
  - Determinări de rugozitate a suprafeței crăițuite
  - Analiza comparativă din punctul de vedere macroscopic a suprafeței obținute după crăițuire
  - Analiza microscopică, spectrală, microduritatea pieselor crăițuite ( zona crăițuită, zona influențată termic, materialul de bază)

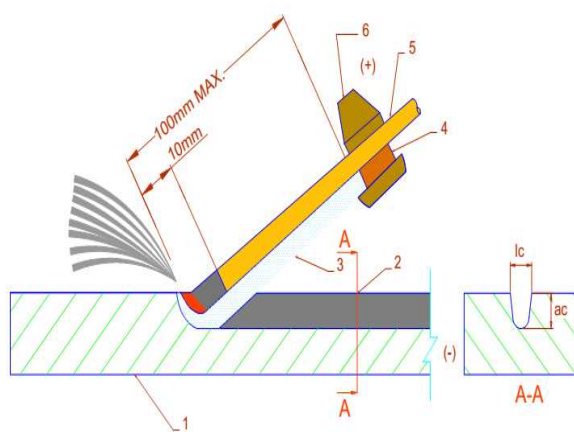
## **Capitolul 3 Tehnologia de obținere a suprafețelor crăițuite**

### **3.1. Tehnologia de obținere a suprafețelor crăițuite cu procedeul arc-aer (process number 871)**

**Procedeele de sudare, tăiere și de crăițuire sunt numerotate conform standardului ISO 4063: 1998. La crăițuirea cu arc aer numărul procedurii este 871, la crăițuirea cu electrod învelit 87 și la crăițuirea cu plasmă 88.**

Crăițuirea cu arc-aer este un procedeu de crăițuire termică. Acest procedeu nu se bazează pe oxidare și de aceea poate fi aplicată la o gamă largă de metale. Curentul continuu este preferat în mod normal pentru oțel și oțelul inoxidabil, dar este mai eficient pentru fontă, cupru și nichel. Aplicațiile tipice acestui procedeu includ îndepărtarea cusăturii, îndepărtarea de defecte de pe suprafață și defecte interne, îndepărtarea excesului de metal de sudură și pregătirea de margini pentru sudură. Electrocul este fabricat din pulbere de grafit (carbon) și este acoperit de un strat de cupru pentru a reduce eroziunea electrodului. Grafitul poate fi natural sau sinterizat. Electrozii din grafit sintetizat prezintă o rată de îndepărtare a materialului mai mare față de electrozii de grafit normal, și au un consum de material mai mic. Diametrul electrodului este selectat în funcție de adâncimea necesară și de lățimea de crăițuire.

Electrodul de crăițuire poate să fie plat, rotund, rotund îmbinabil.



- 1- Materialul de baza
- 2- Canalul scobit /crăițuit
- 3- Jetul de aer comprimat
- 4- Duza de aer comprimat
- 5- Electrode de crăițuire
- 6- Cleste de crăițuire

Figura 3.1. Schema de principiu a procedurii de crăițuire arc-aer

Etaplele procedurii sunt

- Un arc electric este generat între piesa de lucru și vârful electrodului de grafit cuprat.
- Metalul este topit și un jet de aer comprimat expulzează metalul topit din canalul crăițuit, lăsând astfel o canelură curată

Parametrii de crăițuire cu arc-aer

Electrodul de crăițuire folosit în cadrul experimental, are diametrul de 6.4 mm și compoziția chimică 98% grafit și 2% cupru conform certificatului de conformitate ENS-1254-2004.

Tabelul 3.1. Caracteristicile electrodului de crăițuire [13]

Diametrul electrodului [mm]	Curentul de crăițuire [A]	Presiunea de aer comprimat [MPa]	Masa electrodului [g]	Lungimea electrodului [mm]
6.4	200 - 350	0.4 - 0.9	17	305

În cadrul încercărilor experimentale s-a folosit ca material de bază un oțel de construcție de marca S275JR +AR (SR EN 10025/2-2004) cu compoziția chimică prezentată în Tabelul 3.2 și cu proprietăți mecanice conform tabelului 3.3

Tabelul 3.2. Compoziția chimică a materialului de bază [%]

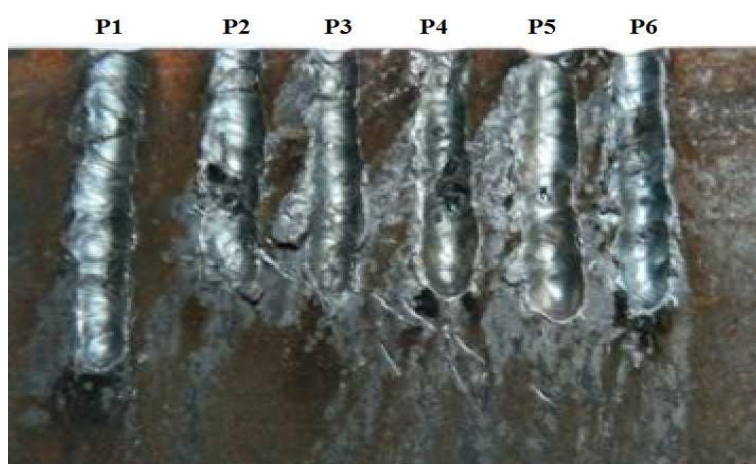
C	Mn	S	P	Cu	N	Cqe
0.21	1.50	0.035	0.035	0.55	0.012	0.40

Tabelul 3.3. Proprietăți mecanice ale materialului de bază

Limita de curgere Re [MPa]	Rezistența la rupere Rm [MPa]	Alungirea A 5d [%]
275	410-560	23

Din tabelul 3.2. se pot concluziona că materialul de bază este un oțel cu conținut scăzut de carbon, dar și conținutul de sulf și fosfor este scăzut, ceea ce indică că aceste două elemente nu influențează negativ proprietățile oțelului. Acest oțel prezintă proprietăți bune la sudare și la prelucrări mecanice. Piesa de probă are lungimea de 250 mm, lățimea de 100 mm și grosimea de 10 mm.

Pentru fixarea parametrilor de lucru am folosit ca punct de reper curentul de crăițuire recomandat de producătorul electrodului de grafit cuprat. Am pornit cu un curent de 200A cu presiune de aer comprimat de 0.4MPa. Rezultatul se poate vedea în figura 3.2 în care este prezentat aspectul probelor crăițuite cu diferite intensități de curent și presiunea de aer comprimat este constantă de 0.4 MPa. Această valoare de curent era insuficientă pentru a realiza o canelură crăițuită. Am început să cresc valoarea curentului de crăițuire cu 10 A și am urmărit adâncimea canalului crăițuit la fiecare parametru. La valoarea  $270 \pm 10A$  am obținut adâncimea canelurii dorite. Chiar dacă mai mărim valoarea curentului de crăițuire, influență semnificativă nu s-a întâmplat. De aceea am fixat ca valoare a curentului de crăițuire 270A și am început să măresc presiunea aerului comprimat în intervalul de valori recomandate de producătorul electrodului de crăițuire și al cleștelui de crăițuire .



Tabelul 3.4. Parametrii de lucru la crăițuirea cu arc-aer [6]

Prob ele	Curent de crăițuire [A]	Presiunea de aer comprimat [MPa]	Unghiul de crăițuire [°]	Rezultatele	
				Adâncimea crăițuită [mm]	Lățimea crăițuită

					[mm]
P1	270 ± 10	0.4	40	1.58	7.6
P2		0.5	40	1.84	9.55
P3		0.6	40	2.22	10.30
P4		0.7	40	2.64	10.46
<b>P5</b>		<b>0.8</b>	<b>40</b>	<b>2.93</b>	<b>10.7</b>
P6		0.9	40	3.15	10.85

Parametrii optimi de crăițuire cu arc-aer stabiliți în urma încercărilor experimentale sunt:

- Intensitatea curentului de crăițuire: 270A
- Presiunea aerului comprimat: 0.8 MPa
- Unghiul de crăițuire: 40°

### 3.2. Tehnologia de crăițuire cu electrod învelit (MMAG) (process number 87)

La crăițuirea cu electrod învelit, arcul este format între vârful electrodului și piesa de prelucrat, ca și la sudarea cu electrod învelit. Crăițuirea cu electrod învelit diferă de la alte procedee de crăițuire, deoarece necesită un electrod special cu straturi de flux gazoase pentru a genera un flux de forță puternică de arc și de gaz. Spre deosebire de sudarea manuală cu electrod în cazul în care trebuie să menținem baia de sudură stabilă, acest proces forțează metalul topit departe de zona arcului și lasă o suprafață crăițuită curată.

Procesul de crăițuire este caracterizat prin cantitatea mare de gaz, care este generat pentru a scoate metalul topit din canelură. Cu toate acestea, deoarece fluxul de arc/gaz nu este la fel de puternică ca un gaz sau un jet de aer separat, suprafața crăițuită nu este la fel de bună ca la crăițuirea oxigaz sau la crăițuirea arc-aer.

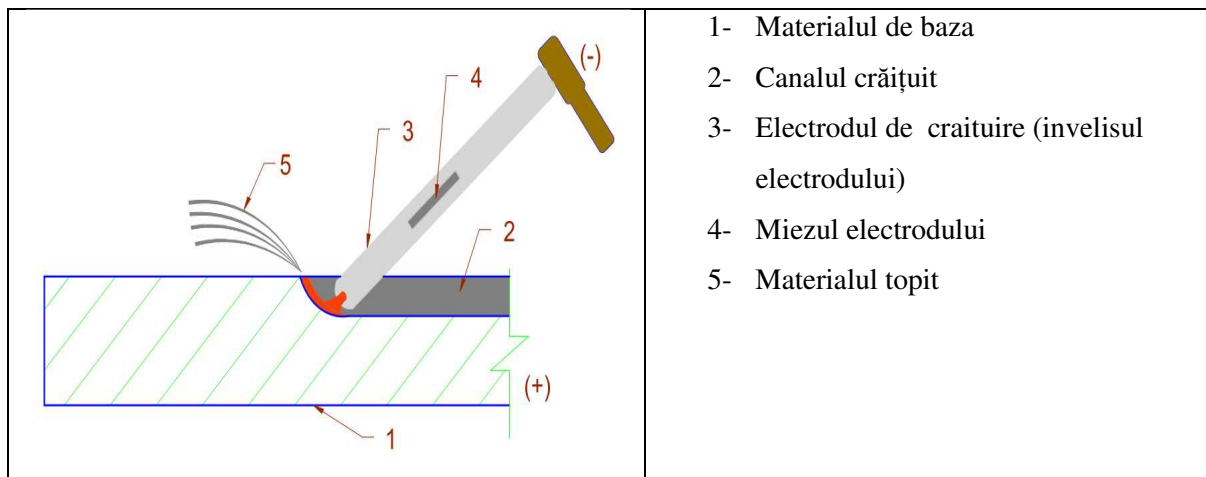


Figura 3.3. Schema de principiu a crăițurii cu electrod învelit [8]

Parametrii de crăițuire cu arc-aer

Electrodul de crăițuire are compoziția chimică conform certificatului de conformitate No 1907/2006 prezentată în tabelul 3.5. și caracteristicile sunt prezentate în tabelul 3.6.

Tabelul 3.5. Compoziția chimică a electrodului de crăițuire OK 21.03 [%] [8]

Electrod	Silicat de aluminiu	Carbon	Fier	Oxid de fier	Mangan	Silicații
OK 21.03	2-5	2-5	5-10	15-20	30-40	20-30
Vergeaua electrodului este din oțel moale						

Tabelul 3.6. Caracteristicile electrodului de crăițuire [8,14]

Diametrul electrodului [mm]	Curentul de crăițuire [A]	Masa electrodului [g]	Lungimea electrodului [mm]
2.5	100 - 120	21	350



P1 P2 P3 P4 P5 P6

Figura 3.4. Probele crăițuite cu diferite intensități de curent.

Tabelul 3.7. Parametrii de crăițuire cu electrod învelit

Probele	Curentul de crăițuire [A]	Unghiul de crăițuire [°]	Viteza de crăițuire [mm/min]
P1	100	20	850
P2	110	20	850
P3	120	20	850
P4	130	20	850
P5	135	20	850
P6	140	20	850

Prima probă (P1) a fost executată cu un curent de crăițuire de 100A care este valoarea minimă recomandată de producătorul electrodului. Cum se poate vedea, crăițuirea s-a făcut doar superficial, pe suprafața piesei de probă. Crescând treptat valoarea intensității curentului de crăițuire până la valoarea maximă recomandată de producător, am obținut proba P3. La această probă adâncimea canalului scobit este foarte mică, aproximativ 1.5 mm. Din această cauză a trebuit să măresc intensitatea curentului de crăițuire peste limita maximă recomandată de producător. Folosind un curent de crăițuire de 140A, am obținut un canal scobit cu o adâncime de 2.2 mm și o lățime de 2.5 mm. Suprafața canalului crăițuit prezintă asperități și este plină de cenușa rezultată din descompunerea învelișului electrodului. Aceste reziduuri trebuie să fie curățate din canalul crăițuit că dacă acest material intră în sudură, poate să influențeze negativ cusătura. Poate să fisureze sau să crape piesa sudată.

Pentru a crește lățimea și / sau adâncimea canalului crăițuit trebuie să repetăm operația de crăițuire. Operația de crăițuire cu electrod învelit trebuie să fie executată în aer liber sau într-un spațiu bine aerisit pentru a preveni îmbolnăvirea operatorului.

### 3.3. Tehnologia de crăițuire cu plasmă cu acționare manuală

Folosirea arcului de plasmă ca instrument de scobire datează din anii 1960, când procesul a fost dezvoltat pentru sudare cu plasmă. Comparat cu procedeul de crăițuire oxigaz, cu electrod învelit sau cu arc-aer, cu arc de plasmă se poate produce o canelură foarte precisă, potrivită pentru aplicarea pe aproape toate materialele feroase și neferoase. Crăițuirea cu arc de plasmă este un procedeu de crăițuire termică. Arcul se formează între un material nefuzibil ( wolfram care era folosit până în anii 80, dar în prezent se folosesc hafniul pentru că prezintă o fiabilitate mai mare față de wolfram) electrodul și piesa de prelucrat. Arcul de plasmă se realizează prin constrângerea arcului folosind o duză de cupru cu o gaură foarte mică (îngustă). Echipamentul de crăițuire cu plasmă are mai multe variante, o variantă este

când folosim același gaz pentru a produce plasmă și pentru răcirea pistolului, această variantă este mai simplă și mai compactă, o altă variantă este când folosim un gaz inert (argon, nitrogen, heliu, hidrogen și amestecuri de gaze) pentru a produce plasmă și pentru răcirea pistolului folosim un alt gaz sau un alt material (apă sau lichid de răcire), această variantă este robustă dar și puterea echipamentelor este mai mare.

Temperatura și forța arcului de plasmă constrânsă este determinată de debitul de gaz plasmagen și de curent. Capacitatea de a controla cu precizie puterea arcului de plasmă aduce beneficii la calitatea suprafeței crăițuite. Este utilă pentru îndepărtarea defectelor nedorite pe suprafața pieselor sudate sau turnate.

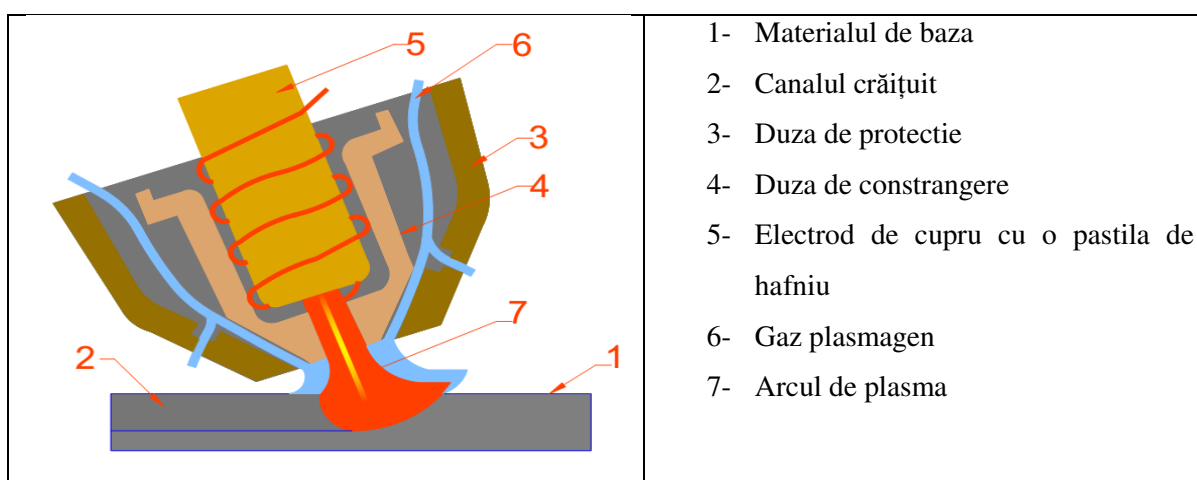


Figura 3.5. Schema de principiu al crăițuirii cu plasmă cu acționare manuale [7]

#### Parametrii de crăițuire cu plasmă cu acționare manuală

Aparatul de tăiere / crăițuire cu plasmă este un echipament compact și fiabil care poate să fie folosit cu ușurință la un atelier de reparație de caroserie sau în industria de structuri sudate. Cu un set de consumabile de scobire se poate lucra în continuu 4 ore, în condiții optime, adică aerul comprimat să fie filtrat de condens sau de ulei. Acest aparat de tăiere/ crăițuire poate să asigure un curent de maximum 45A. Pentru obținerea parametrilor de crăițuire optime am început cu o intensitate de curent minimă de 30A, recomandat de producătorul echipamentului pentru un oțel moale. Cum se poate vedea în figura 3.6 la proba P1 crăițuirea s-a realizat doar superficial, nu a fost suficientă intensitatea de curent pentru a realiza o canelură scobită. Crescând treptat intensitatea curentului de crăițuire până la 35A, s-a realizat încercarea și se poate vedea la proba P2 că s-a realizat canalul dar totuși nu este suficient de adâncă și nici suprafața nu are un aspect plăcut. Datorită rezultatelor obținute până acum a rezultat că mai trebuie să mărim intensitatea curentului de crăițuire pentru a obține o suprafață uniformă, cu aspect plăcut și cu valorile caracteristicilor specifice (adâncime și lățimea canelurii) dorite. Valoarea intensității curentului de crăițuire a fost mărită până la 40A și s-a obținut proba P3,



care îndeplinește toate cerințele pentru o canelură scobită manual cu plasmă. Am făcut niște probe și cu intensitatea maximă de curent de crăițuire și am obținut probele P4, P5, P6.

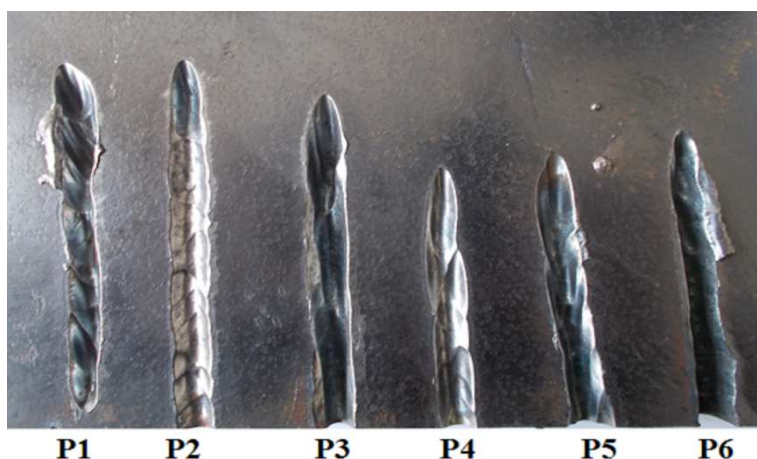


Figura 3.6. Probe crăițuite cu diferite intensități de curent.

Tabelul 3.8. Parametrii de crăițuire cu plasmă cu acționare manuală cu plasmă

Probele	Curentul de crăițuire [A]	Unghiul de crăițuire [°]	Debitul de gaz [l/min]	Presiunea gazului [MPa]	Viteza de crăițuire [mm/min]
P1	30	45	170	0.4	≈ 970
P2	35	45	170	0.45	≈ 970
<b>P3</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>170</b>	<b>0.5</b>	≈ <b>970</b>
P4	45	45	170	0.4	≈ 970
P5	45	45	170	0.5	≈ 970
P6	45	45	170	0.6	≈ 970

Parametrii de crăițuire optimi obținute prin experimente sunt:

- Intensitatea curentului de crăițuire este 40A
- Presiunea aerului comprimat este 0.5MPa
- Viteza de crăițuire ≈ 970 mm/min
- Unghiul de crăițuire este 45°

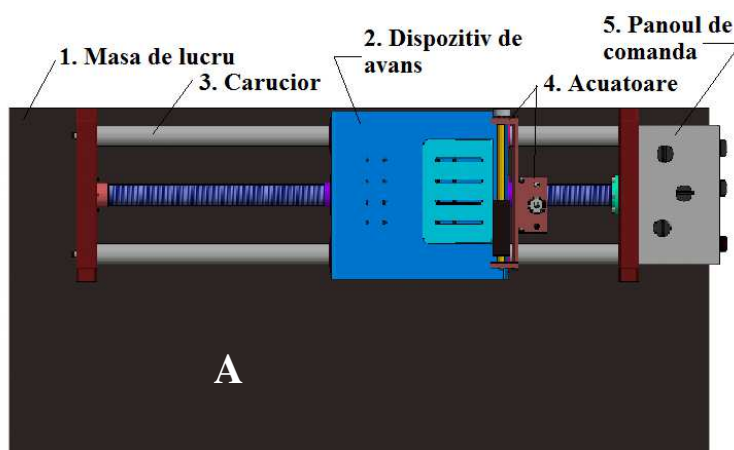
### 3.4. Tehnologia de crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată

Mecanizarea procedurii de crăițuire prevede asigurarea deplasării uniforme a pistolului. Deplasarea uniformă a pistolului este necesară pentru a obține o suprafață crăițuită uniformă fără zimburi, cu aspect plăcut al suprafeței și curat. În industrie se folosesc dispozitive de avans liniar pentru sudare pe plan orizontal sau vertical. Firmele de renume internațională care vând acest tip de dispozitive sunt ESAB, Fronius, MOST, Miller Electric USA,

Promotech care este o firmă poloneză și furnizează tractorașe pentru sudare și tăiere. Această firmă are mai multe mărci proprii pentru dispozitivele lineare cum ar fi Gecko, Rail-Bull, Lizard pentru sudare, iar pentru sudare și debitare Dregon. În comerț aceste dispozitive sunt foarte scumpe de ordinul a mii de euro și nu sunt compatibile adică să se poată face cu ele tăiere, sudare. Aceste dispozitive sunt concepute pentru anumite operații, de exemplu doar sudare sau doar tăiere. Din această cauză a trebuit să proiectăm și să executăm un dispozitiv cu care se poate face atât tăiere, sudare, cât și crăițuire.

În figura 3.7. este prezentat dispozitivul liniar de avans, care este compus dintr-un cadru metalic, executat din țevă pătrată (1), dispozitivul liniar de avans (2), căruciorul (3), două acuatore (4), unul este pentru reglaj fin al pistolului în plan orizontal, al doilea pentru reglaj fin al înălțimii pistolului, adică în plan vertical și panoul de comandă (5). Cadrul metalic are rolul de a susține întregul ansamblu și are posibilitatea de a bascula dispozitivele din poziția orizontală în poziția verticală. Butonul de urgență (6) este în cazul în care se blochează căruciorul să putem să întrerupem alimentarea aparatului fără să distrugem sau să ardem ceva din placa de bază. Dispozitivul este alimentat cu tensiunea de 240V prin conector (7). Cu ajutorul potențiometrului (8) se poate modifica viteza de deplasare a căruciorului.

Dispozitivul liniar de avans asigură mișcarea rectilinie cu viteza constantă reglabilă a căruciorului. Pe cărucior sunt montate cele două acuatore care au rolul de reglaj fin al pistolului de tăiere / crăițuire față de piesa ce urmează să fie crăițuită. Pistolul de crăițuire este prins în acuatorul care asigură înălțimea pistolului față de piesa prelucrată. Panoul de comandă are rolul de pornire-oprire a alimentării cu tensiune a plăcii de bază și a motorului de curent continuu, reglarea vitezei de deplasare a căruciorului, reglarea direcției de deplasare a căruciorului.



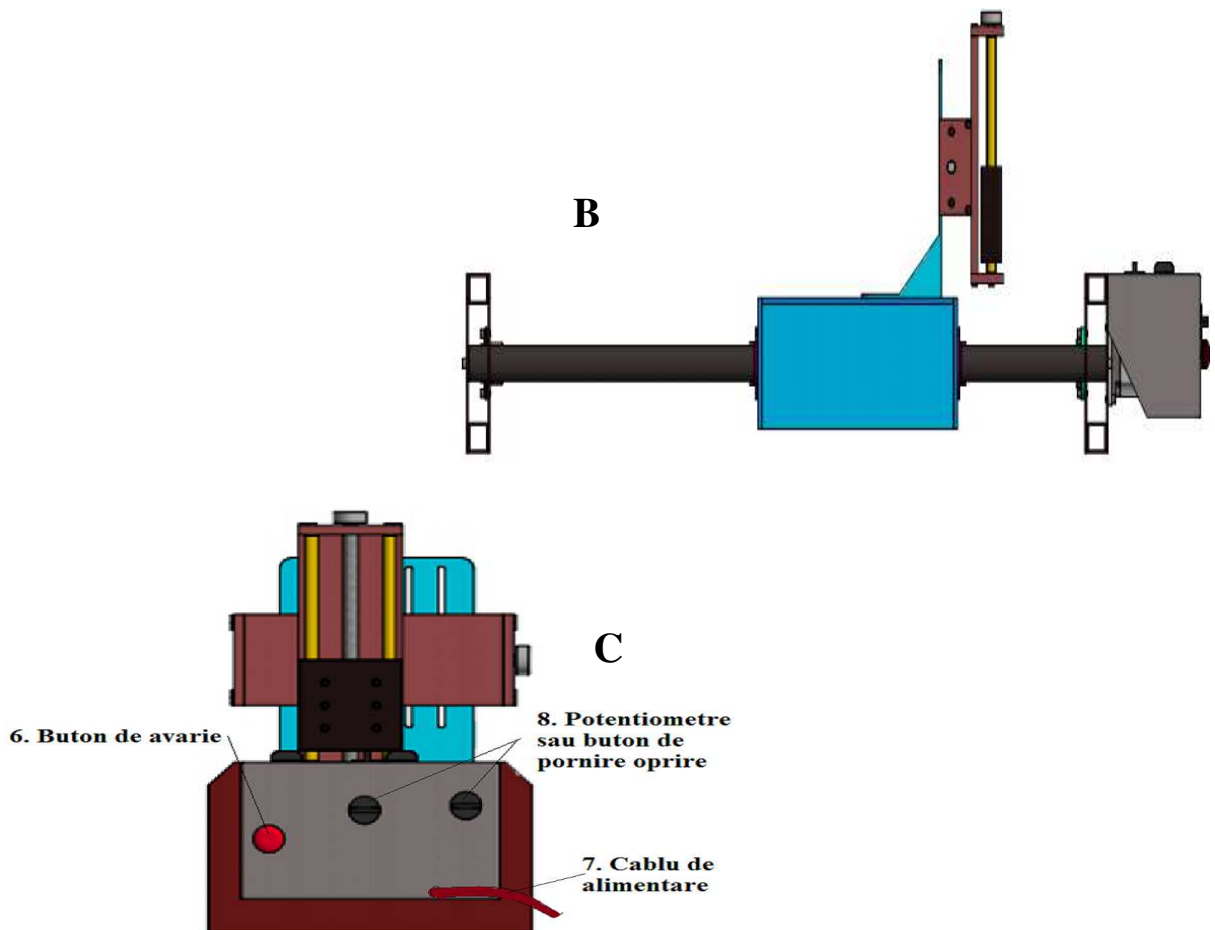


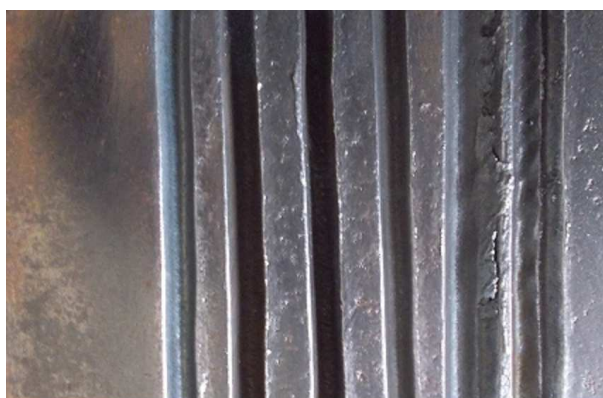
Figura 3.7. Dispozitiv linear de avans folosit pentru mecanizarea procedului de crăițuire cu plasmă: a) vederea de sus, b) vederea frontală, c) vederea laterală [17]

Parametrii de crăițuire cu plasma cu acționare mecanizată:

La fel ca la crăițuirea manuală cu plasmă și la acest procedeu am folosit aceleași echipamente în afară de dispozitivul linear de avans care asigură o viteză constantă în timpul crăițurii. La crăițuirea mecanizată viteza de crăițuire este asigurată de viteza de deplasare a dispozitivului linear. Această viteză este constantă și poate fi reglată de la o viteză minimă de 0 mm/min până la 1875 mm/min. Dacă vrem să obținem o canelură de adâncime mică și o lățime mică atunci se folosește viteză mare de deplasare. Dacă vrem să obținem o canelură adâncă atunci folosim un unghi de crăițuire de aproximativ 50-60°. Lățimea canalului crăițuit este influențată de lățimea arcului de plasmă.

Experimentele le-am început cu o intensitate a curentului de crăițuire cu 30 A la proba P1, presiunea aerului comprimat a fost de 0.5 MPa, o presiune constantă și un debit de aer comprimat de 120 l/min. Cum se poate vedea în figura 3.8 proba P1 are adâncimea destul de mică, asta înseamnă că intensitatea curentului de crăițuire este insuficientă pentru a face o canelură mai adâncă. Din această cauză am mărit intensitatea curentului până la 35 A și am

efectuat următoarele încercări și am obținut proba P4 care este puțin mai adâncă decât a fost proba P1 dar totuși nu este suficient pentru a putea fi resudată piesa. Am mai mărit intensitatea curentului până la 40A și am obținut probele P2 și P3 care au adâncimea suficientă pentru a putea fi resudată. În probele P5 și P6 am executat două caneluri una lângă alta să văd cum se poate mări lățimea canelurilor scobite mecanizat cu plasmă. La probele P5 și P6 am folosit parametrii de crăițuire de 35 A, din cauză că lățimea canalului am vrut să o măresc, dar nu și adâncimea canalului. Dacă procedeul este executat bine și echipamentele sunt setate corect, pe suprafața crăițuită nu se poate observa materialul topit sau zgura. Materialul topit și zgura sunt împinse de aerul comprimat până la capătul canalului scobit.



**P1 P2 P3 P4 P5 P6**

Figura 3.8. Probele crăițuite cu plasmă cu acționare mecanizată [6]

Tabelul 3.9. Parametrii de crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată cu plasmă [6]

Probele	Curent de crăițuire [A]	Unghiul de crăițuire [°]	Debitul de gaz [l/min]	Presiunea gazului [MPa]	Viteza de crăițuire [mm/min]
P1	30	25	120	0.3	1150
P2	40	25	120	0.35	1150
<b>P3</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>120</b>	<b>0.5</b>	<b>1150</b>
P4	35	25	120	0.4	1150
P5	40	25	120	0.45	1150
P6	40	30	120	0.4	1150

Parametrii de crăițuire optimi obținuți prin experimente sunt:

- Intensitatea curentului de crăițuire este 40A
- Presiunea aerului comprimat este de 0.5MPa
- Debitul de aer comprimat este de 120 l/min
- Viteza de crăițuire este de 1150 mm/ min

- Unghiul de crăițuire este de 20-35°

### 3.5. Tehnologia de obținere și aplicare a tehnologiei de crăițuire cu plasmă la diverse materiale metalice sudabile (oțel, fontă, aluminiu)

În cadrul cercetărilor experimentale, am vrut să urmăresc cum se comportă diferite materiale la un anumit procedeu termic de prelucrare, ca de exemplu la crăițuirea cu plasmă manuală. În prima fază am făcut experimente pe diferite tipuri de oțel ( oțel de construcție: S275JR+AR care face tema acestei teme de doctorat, S355J2 și un oțel de țevă S355K2H), fontă (ADI, DI și fontă cu grafit vermicular Fgv350) și aliaj de aluminiu (AlMg 5754)

#### Oțel S355J2

Tabelul 3.10. Compoziția chimică [EN 10025][ 7]

Marca	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ceq
S355J2	0.20	1.60	0.55	0.030	0.030	0.55	0.45

Tabelul 3.11. Proprietăți fizice [7]

Marca	Rezistența la tracțiune Rm [MPa]	Limita de curgere Rp0.2 [MPa]	Alungire [%]
S355J2	630	355	20

Tabelul 3.12. Datele tehnice ale operației de crăițuire cu plasmă cu acționare manuală / mecanizată [7]

Marca	Curentul de crăițuire [A]	Debitul de aer comprimat [ l/min]	Presiunea aerului comprimat [MPa]	Unghiul de crăițuire [°]	Viteza de crăițuire [mm/min]
S355J2 manuală	45	160	0.5	≈45	≈1250
S355J2 mecanizată	45	160	0.5	45	950

Tabelul 3.13. Mărimea canalului crăițuit cu plasmă [7]

Marca	Lățimea crăițuită [mm]	Adâncimea crăițuită [mm]	Lungimea crăițuită [mm]
S355J2 manuală	2.2	2.3	50

S355J2 mecanizată	2.4	2.5	50
-------------------	-----	-----	----

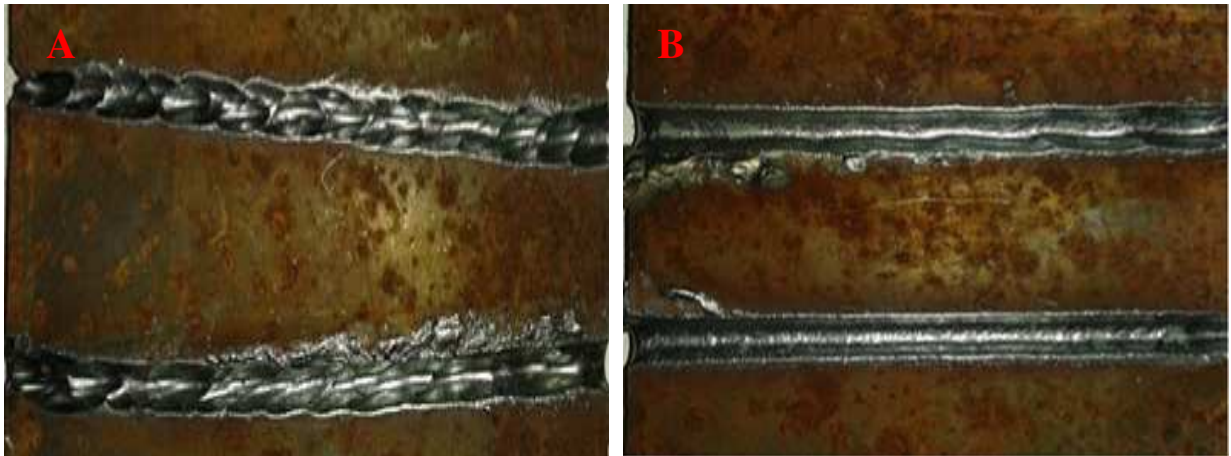


Figura 3.9. Piesa (S355J2) crăițuită cu plasma: a) cu acționare manuală , b) cu acționare mecanizată

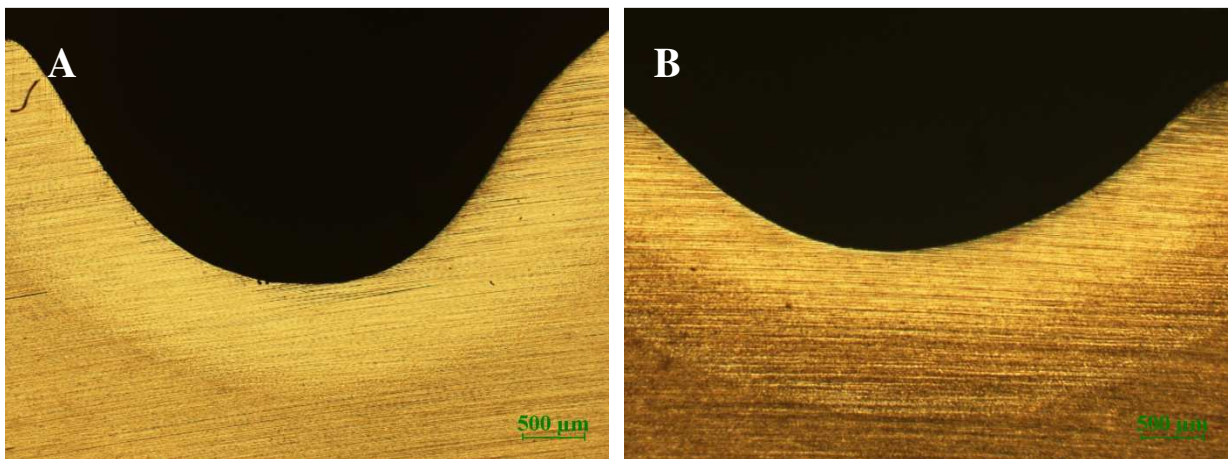


Figura 3.10. Macrostructura piesei crăițuite cu plasma : a) cu acționare manuală , b) cu acționare mecanizată 25x [7]

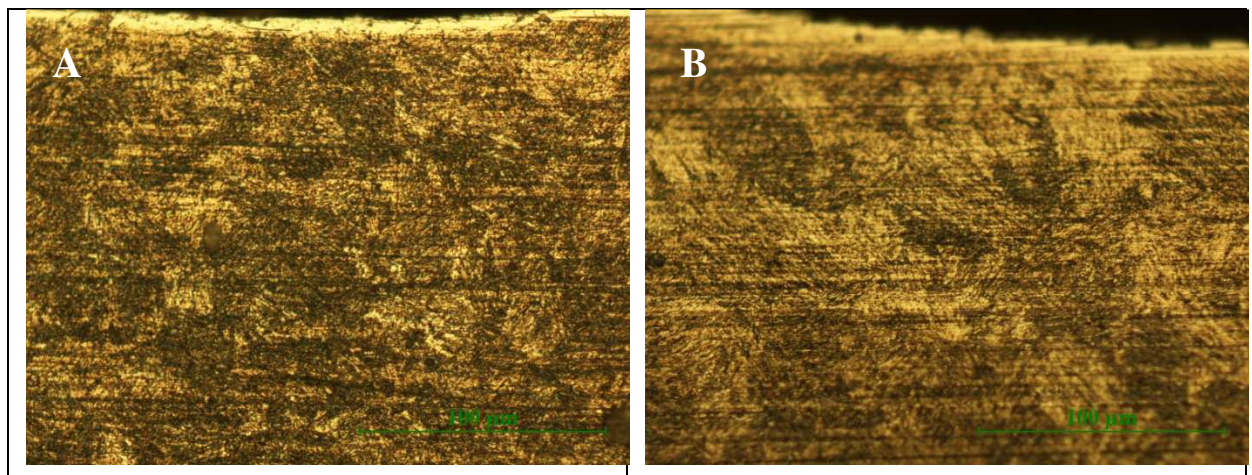


Figura 3.11. Microstructura zonei crăițuite cu plasmă: a) cu acționare manuală , b) cu acționare mecanizată mărire 500x [7]

În aceste zone se poate observa o zonă decarburată care apare datorită înglobării carbonului în materialul topit și cu ajutorul jetului de aer comprimat se elimină din canalul crăițuit. Sub zona decarburată, zona prezintă o structură sorbitică.

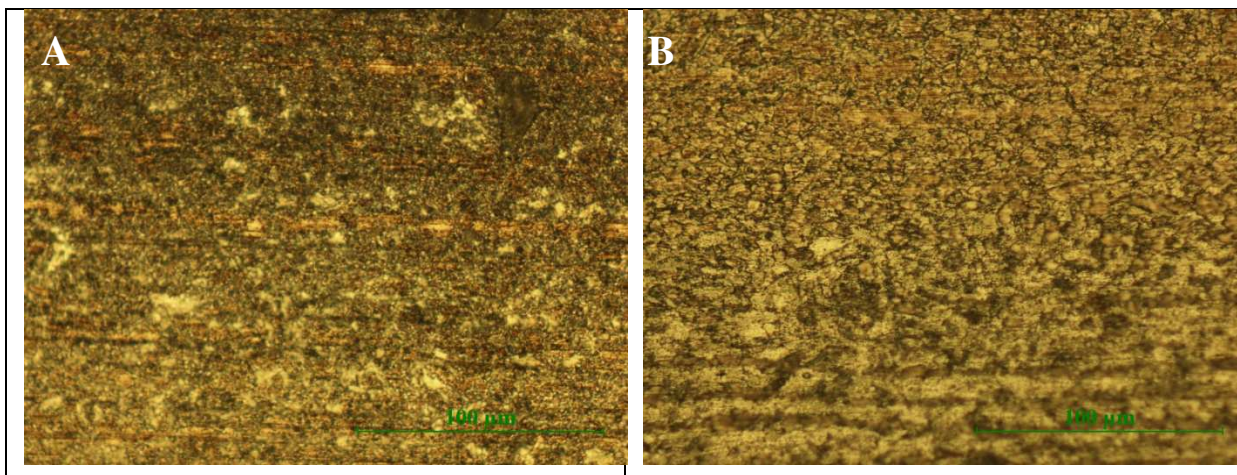


Figura 3.12. Microstructura zonei intermediare obținută prin crăițuire cu plasmă : a) cu acționare manuală , b) cu acționare mecanizată 500x [7]

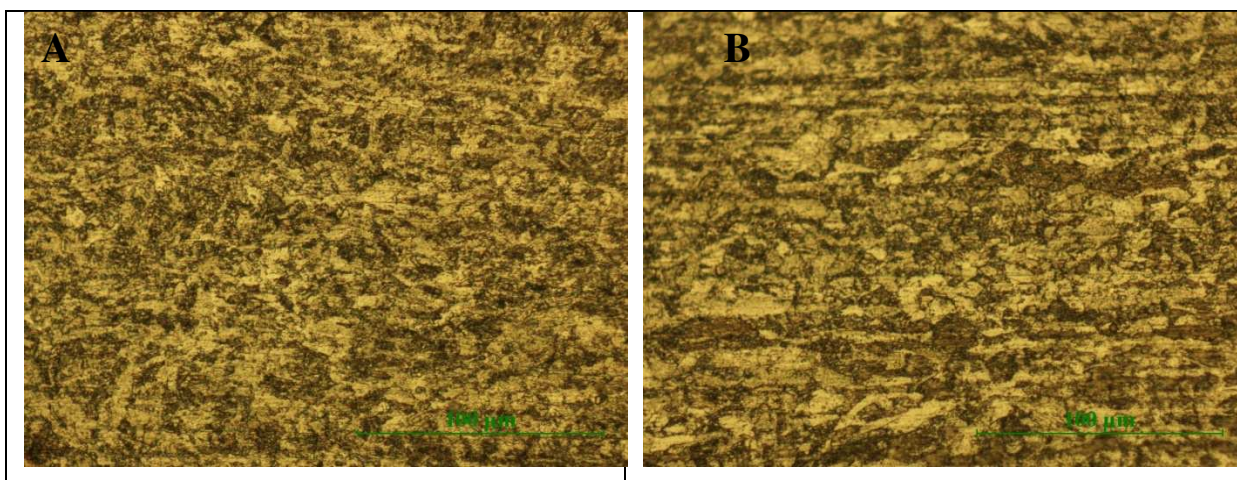


Figura 3.13. Microstructura zonei materialului de bază a piesei de prelucrat prin crăițuire cu plasmă : a) cu acționare manuală , b) cu acționare mecanizată 500x [7]

Materialul de bază are o structură ferito perlitică, uniform distribuită, unele locuri prezintă dungii de perlită.

Pentru determinarea durițăților suprafețelor crăițuite cu plasma cu acționare manual sau mecanizate s-a folosit un microdurimetru FM 700 cu sarcina de 100g/forța la scara de HV<sub>10</sub>. Acest echipament este prevăzut cu un sistem de achiziție de date și cu softuri speciale pentru măsurarea automată a microdurițăților. Pentru fiecare probă s-au efectuat 5 măsurări în cele trei zone distincte, adică zona crăițuită, zona intermediară și zona materialului de bază. În figura 3.14 este prezentată valoarea medie aritmetică a durițăților măsurate.

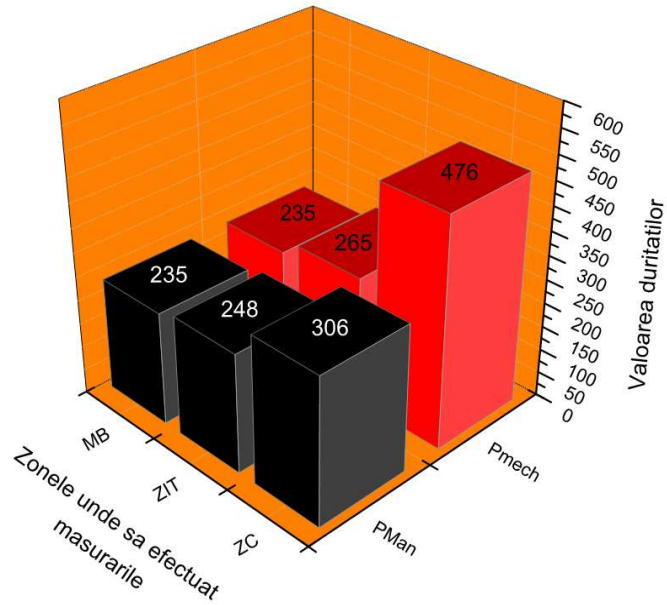


Figura 3.14. Valorile medii ale duriităților măsurate

### Oțel de țevă S355K2H

Compoziția chimică și proprietățile mecanice sunt prezentate în următoarele tabele.

Tabelul 3.14. Compoziția chimică a materialului de bază [%], [8]

Marca	C	Si	Mn	P	S	Ceq
S355K2H	0.22	0.55	1.6	0.03	0.03	0.45

Tabelul 3.15. Proprietățile mecanice ale materialului de bază [8]

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

Tabelul 3.16. Datele tehnice de crăițuire cu plasmă cu acționare manuală cu plasmă [8]

Marca	Curentul de crăițuire [A]	Debit de aer comprimat [l/min]	Presiunea de aer comprimat [MPa]	Unghiul de crăițuire [°]	Viteza de crăițuire [mm/min]
S355K2H	45	160	0.5	≈45	≈1165



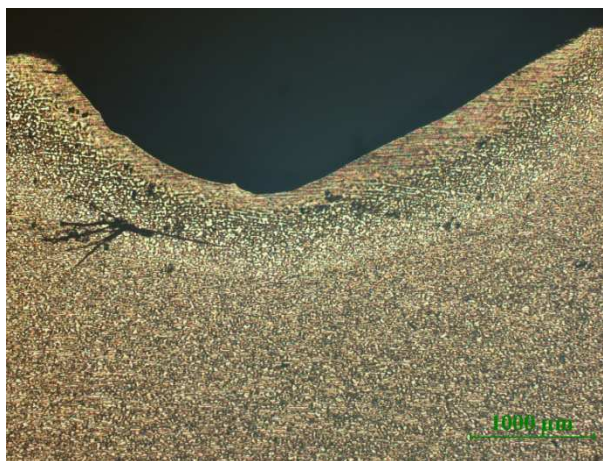


Figura 3.16. Macrostructura piesei crăițuite cu plasmă cu acționare manuală Mărire 25X

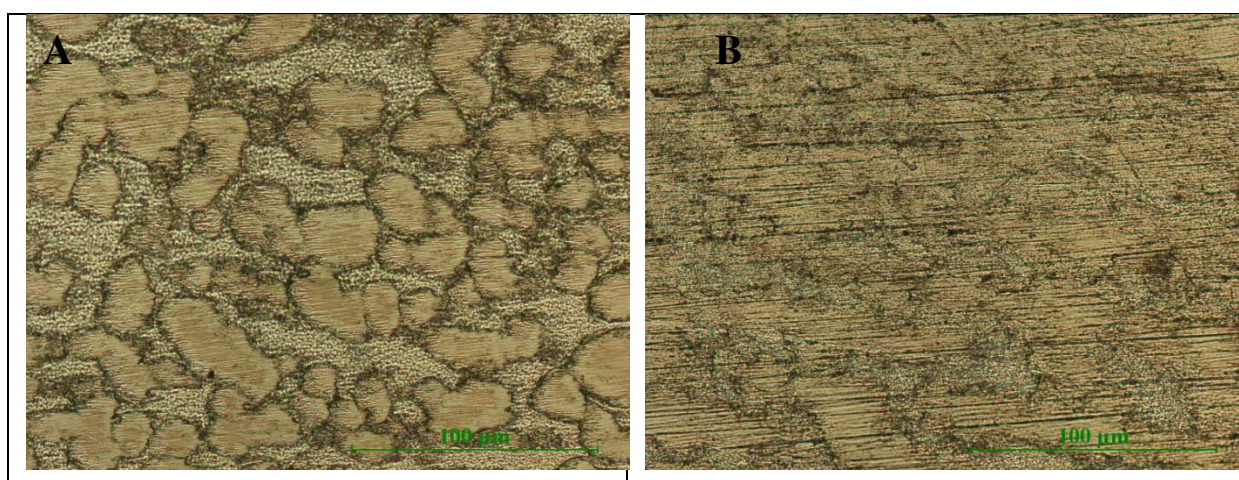


Figura 3.17. Microstructura piesei crăițuite cu plasmă cu acționare manuală: a) microstructura zonei crăițuite, b) microstructura zonei influențate termic. Mărire 500x

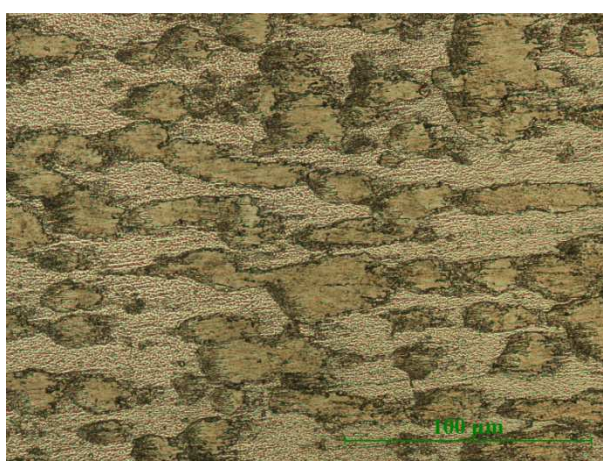


Figura 3.18. Microstructura materialului de bază Mărire 500x

Acest oțel are structura feritoperlitică, uniform distribuită, la figura 3.18 se pot vedea grăunții, sunt alungite, asta înseamnă că structura materialului a fost obținută prin deformare plastică. Consider că acest tip de oțel se comportă bine la operația de crăițuire cu plasmă. Se

poate folosi tehnologia de crăițuire cu plasmă în cazul șanfrenării, eliminarea defectelor de sudare sau eliminarea defectelor de elaborare. Nu prezintă fisură în urma operației de crăițuire, are un aspect lucios al canelurii obținute.

Determinarea durițăților s-a efectuat cu un aparat de măsurare a microdurițăților FM700, la care s-a folosit o încărcare de 100g/forță, iar scara de măsurare este HV<sub>10</sub>. Valorile medii aritmetice sunt prezentate în figura 3.19.

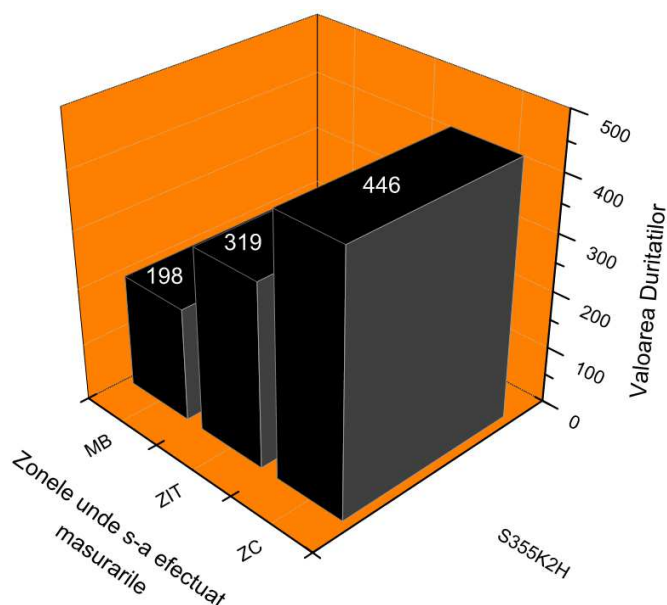


Figura 3.19. Valorile medii ale durițăților măsurate

### Fonta ADI (Austempered Ductil Iron)

Fonta ADI este un material care oferă o combinație de rezistență ridicată la oboseală, rezistență la uzură, duritate, prelucrabilitate de așchiere bună. Această fontă are proprietăți mecanice comparabile cu oțelurile călite. Aplicabilitatea acestui material este foarte mare în industria auto, în industria aeronautică, ca și componente turnate sau prelucrate prin așchiere. Studiul de cercetare de crăițuire cu plasmă a fost efectuat pentru a vedea cum se comportă acest material la procedeul de crăițuire. Înainte de acest studiu a fost cercetată sudabilitatea acestui material cu procedee de sudare cu arc electric și cu electrod învelit, cu WIG și cu laser.

Tabelul 3.17. Compoziția chimică a fontei ADI [%] conform standardului ISO 17804:

Marca	C	Mn	Si	Cr	Mo
Fonta ADI	0.38-0.43	0.75-0-1.0	0.15-0.35	0.8-1.1	0.15-0.25

Tabelul 3.18. Proprietăți mecanice ale fontei ADI

Marca	RM [MPa]	RP0.2 [MPa]	Alungire A5 [%]	Duritate Brinell [HB]
Fonta ADI	900	600	8	280-340

### Fonte DI (Ductil Iron)

Fonta ductilă este un aliaj de fier, carbon și siliciu, care a fost topit și turnat într-o matriță pentru a forma o formă. Ductilitatea este un rezultat al deformării sferei de grafit în matricea de ferită / perlită, mai degrabă, ca fulgii ce se găsesc în fonta cenușie. Această transformare dintr-un fulg în sferă se realizează prin tratarea fierului topit cu magneziu, înainte de turnare.

Acest aliaj are proprietăți bune la condițiile de comprimare, tensiune și de încărcare de șoc, rezistență la tracțiune, alungire și duritate pentru a se potrivi diferitelor aplicații. Grafitul liber din masa metalică se mărește în timpul solidificării, devenind dur, cum este definit în turnare. Are o rezistență bună la coroziune în comparație cu oțelurile moi. Grafitul din material acționează ca un lubrifiant și îmbunătățește rezistența la uzare a materialului. Fonta ductilă are o prelucrabilitate bună, se pot suda cu ușurință.

Fonta ductilă este utilizată în general la turnarea pieselor care pot fi folosite în industria petrochimiei sau prelucrarea țiteiului, în industria aeronautică, industria vaselor de transport mărfuri, în industria de transport rutier și feroviar, minerit, turnarea pieselor arhitecturale și decorative.

Tabelul 3.19. Compoziția chimică conform ISO 1083

Marca	C	Si	Mn	S	P
Fonta DI	3.50-3.90	2.25-3.0	0.15-0.35	0.025 max	0.05max.

Tabelul 3.20. Proprietăți mecanice ale fontei ductile.

Marca	RM [MPa]	RP02 [MPa]	Alungire
Fonta DI	448	310	12

Tabelul 3.21. Datele tehnice pentru crăițuire

Marca	Intensitatea curentului de crăițuire [A]	Debitul gazului plasmagen [ l/min]	Presiunea gazului plasmagen [MPa]	Unghiul de crăițuire [°]	Viteza de crăițuire [mm/min]
Fonta ADI &DI	40	160	0.5	≈ 30	≈1100

În fig 3.20. și 3.21. sunt prezentate dimensiunile epruvetelor înainte și după crăițuire.

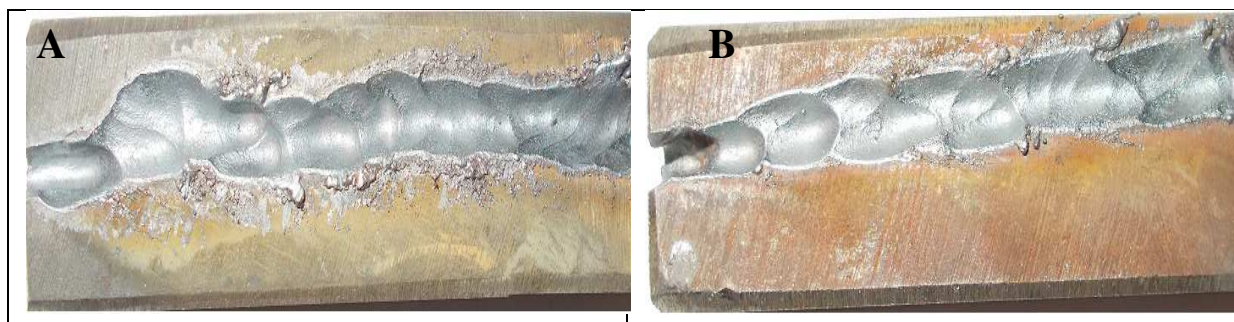
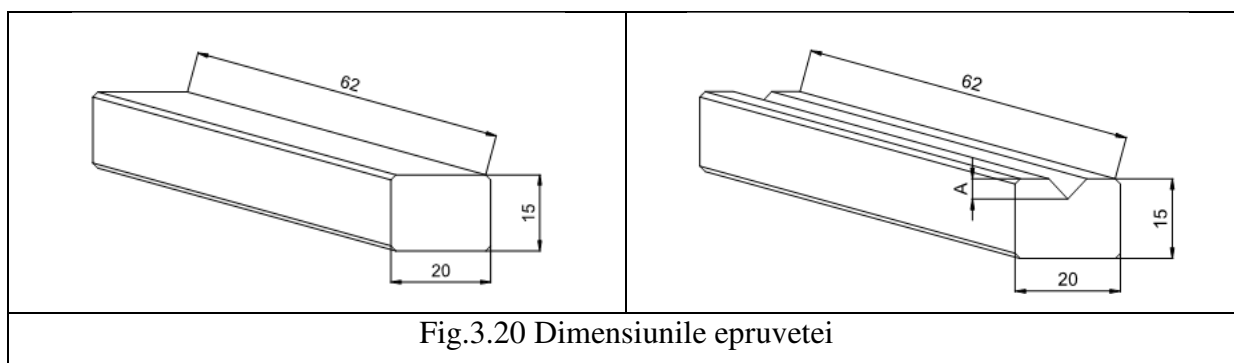


Figura 3.22. Vederea de sus a piesei crăițuite : a) fonta ADI, b) fonta DI

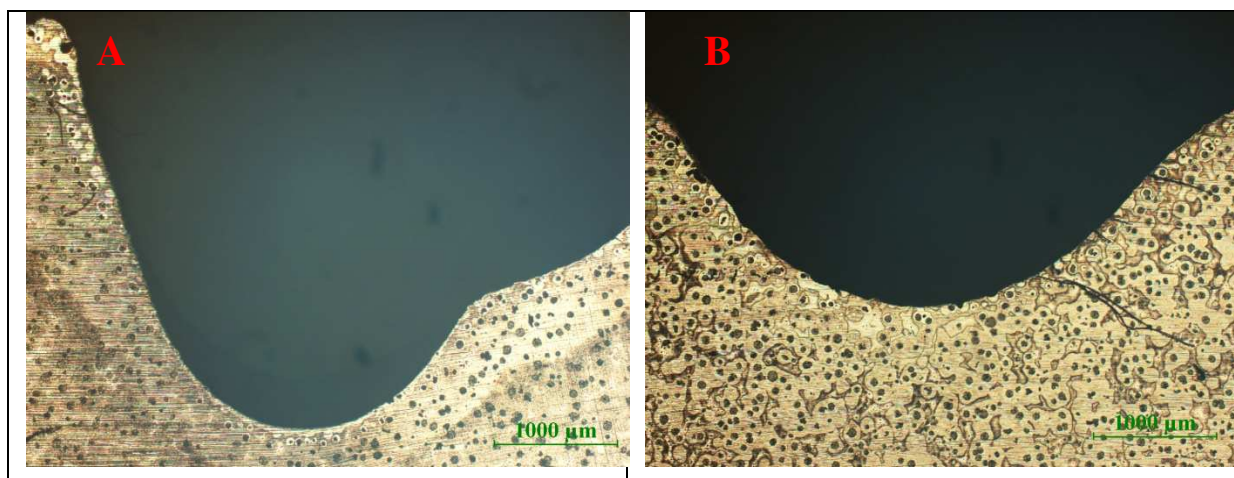


Figura 3.24. Macrostructura pieselor crăițuite manual cu plasmă : a) fonta ADI, b) fonta DI  
Mărire 25x



Figura 3.25. Microstructura zonei influențate termic: a) fonta ADI, b) fonta DI, mărire 500x, atacat nital 5%

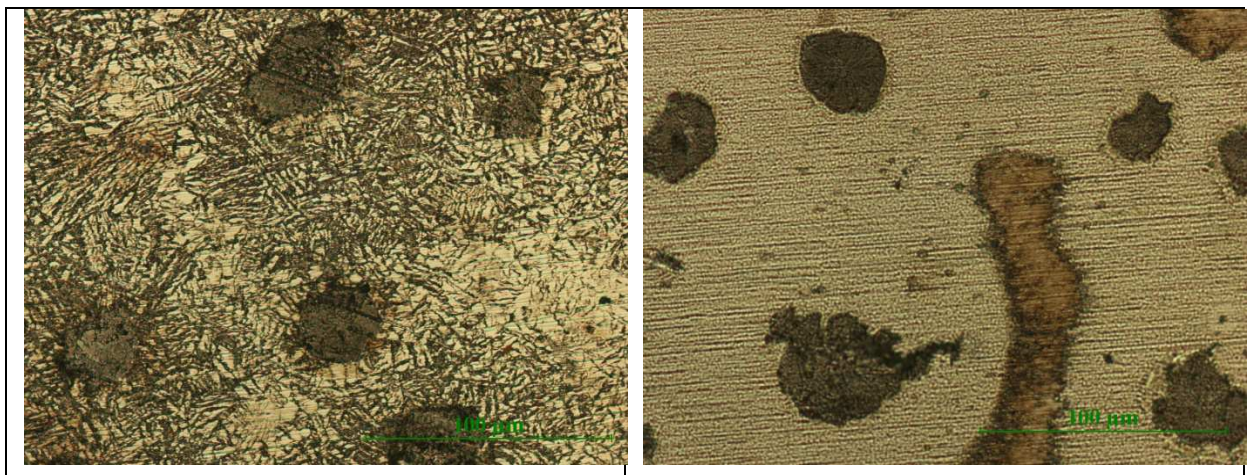


Figura 3.26. Microstructura zonei materialului de bază: a) fonta ADI, b) fonta DI mărire 500x, atacat nital 5%

În microstructura zonei influențate termic prezentată în figura 3.25. în cazul fontei ADI se poate vedea o zonă decarburată, în marginea grafitului nodular ferita s-a transformat în perlită. Microstructura zonei influențate termic a avut modificări în afară de decarburare, lângă grafitul nodular ferita s-a transformat în perlită, iar structura este ferito - perlitică. Microstructura fontei ductile este alcătuită dintr-un matrix de perlită cu grafit nodular în el.

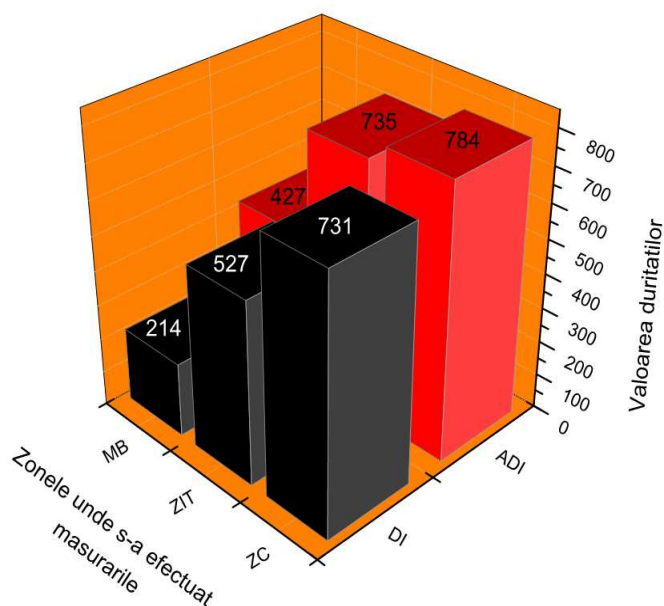


Figura 3.27. Valorile medii aritmetice ale durităților măsurate

### Aliaj de aluminiu pentru industria automobile

Tabelul 3.25. Compoziția chimică a aliajului de aluminiu AlMg 5754

Marca	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Alte	Al
AlMg3	0.40	0.40	0.10	0.1-0.6	2.6-3.6	0.30	0.20	0.15	0.05	restul

Tabelul 3.26. Proprietățile mecanice

Marca		Rezistența la tracțiune Rm [MPa]	Limita de curgere Rp02 [MPa]	A50 [%]
AlMg3	Min.	190	80	17
	Max.	205	105	24

Tabelul 3.27. Datele tehnice de crăițuire cu plasma cu acționare manuala [7, 32]

Marca	Curentul de crăițuire [A]	Debit de aer comprimat [l/min]	Presiunea aerului comprimat [MPa]	Unghiul de crăițuire [°]	Viteza de crăițuire [mm/min]
AlMg3	35	165	0.5	≈ 40	≈1150

Tabelul 3.28. Datele tehnice de crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată [7]

Marca	Curentul de crăițuire [A]	Debit de aer comprimat [l/min]	Presiunea aerului comprimat [MPa]	Unghiul de crăițuire [°]	Viteza de crăițuire [mm/min]
AlMg3	40	165	0.5	40	1350

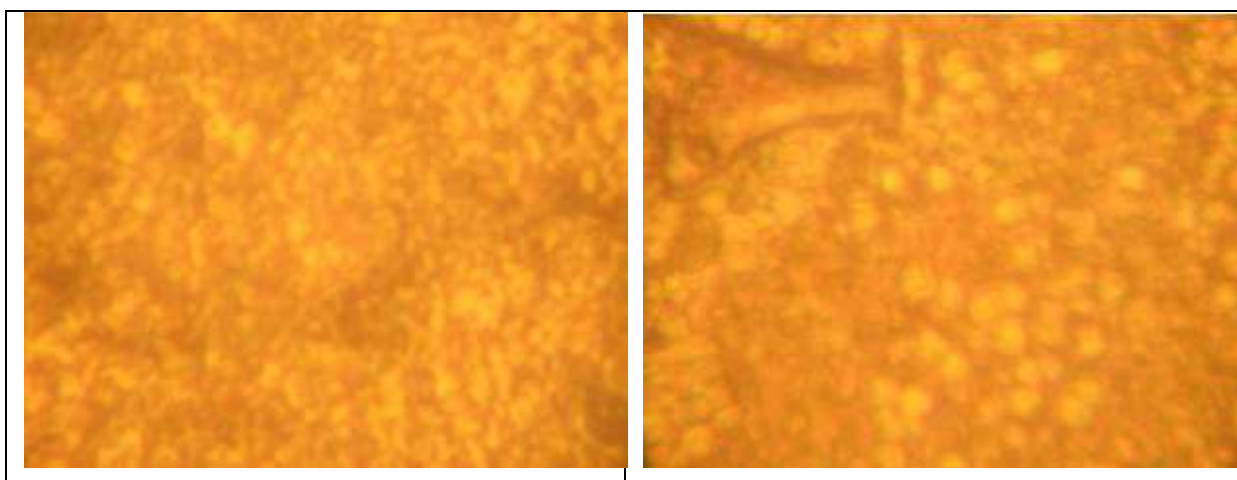


Figura 3.35. Microstructura zonei crăițuite: a) manuală cu plasmă, b) mecanizată cu plasmă, Mărire 200x [7, 32]

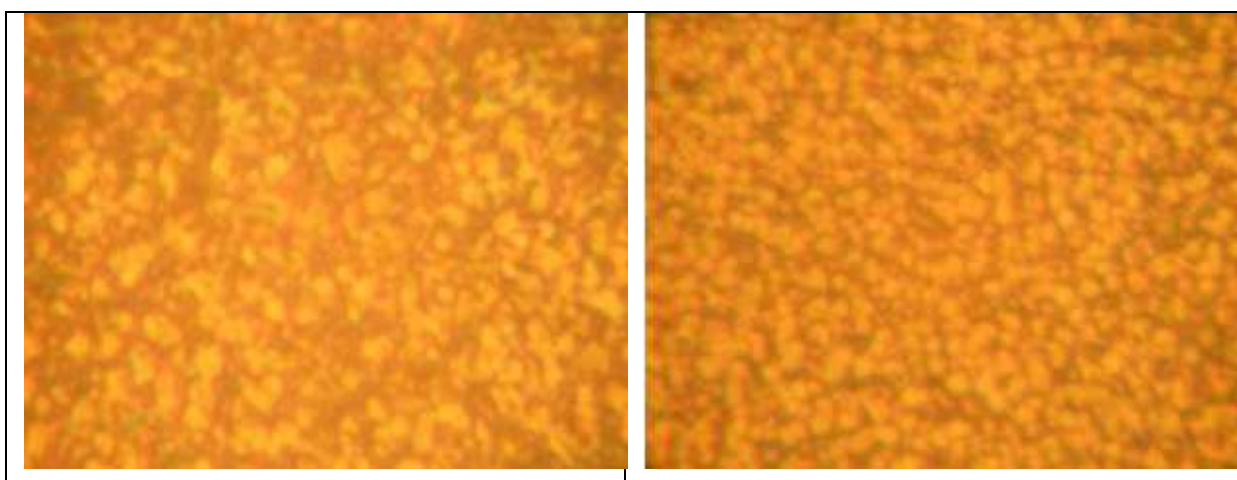


Figura 3.36. Microstructura materialului de bază crăițuit: a) manual cu plasmă, b) mecanizată cu plasmă, Mărire 200X [7,32]

Microstructura zonei crăițuite prezintă o structură neregulată, datorită efectului termic. Această zonă suferă cele mai mari transformări structurale.

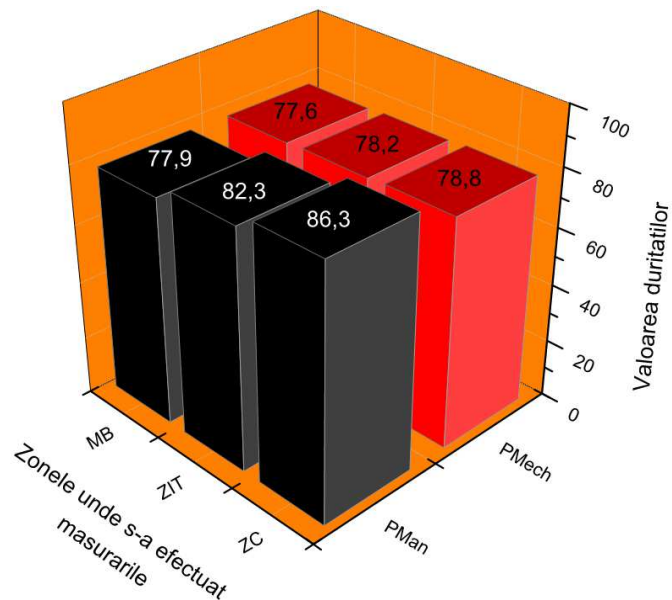


Figura 3.37. Duritatea măsurată în zona crăițuită și în zona materialului de bază

### 3.6. Soluții tehnologice privind mecanizarea crăițuirii cu plasmă [46]

Procesele tehnologice de crăițuire sunt deosebit de complexe și condițiile de stăpânire și mai ales reproducerea acestora în producția de masă, în serie mică sau chiar unicate impune ca gestionarea să se realizeze prin mecanizare sau automatizare. La operația de mecanizare trebuie să avem în vedere fixarea și poziționarea corectă a semifabricatului și menținerea în poziția respectivă pe durata operației de crăițuire. Se pune problema cum se poate asigura mișcarea rectiliniară a pistolului de crăițuire, fixarea și orientarea pieselor pe masa de lucru în așa fel încât să avem acces la zona de lucru cu pistolul. De obicei când vorbim de mecanizarea sau automatizarea proceselor, în primul rând este vorba de mecanizarea sau automatizarea proceselor de asamblare prin sudare sau tăiere. La mecanizarea procedeului vorbim de asigurarea deplasării uniforme a pistolului de tăiere / crăițuire sau sudare. După deplasare trebuie să vorbim despre posibilitatea de a asigura poziția pistolului în plan orizontal și în plan vertical și nu în ultimul rând posibilitatea de a înclina pistolul pe anumite unghi. De exemplu pentru crăițuirea mecanizată cu plasmă trebuie să înclinăm pistolul între unghiul de 40 până la 60 de grade.

Asigurarea deplasării uniforme a pistolului se poate realiza cu acționarea cu un motor liniar hidraulic, motor liniar pneumatic, cu un motor electric rotativ. Motorul electric rotativ poate să fie de curent continuu sau de curent alternativ.

Acționarea cu motorul electric rotativ se aplică la mecanismele cu role motor, mecanisme pinion cremalieră, șurub-piuliță, cu lanțuri.



### 3.7. Determinări experimentale ale concentrației de microparticule din atmosfera de lucru

În aceste condiții, utilizând parametrii de crăițuire recomandați de producătorul de electrozi sau echipament de tăiere cu plasma, s-au efectuat măsurători ale concentrației de microparticule suspendate din aer, în spațiul de lucru al operatorului uman cu ajutorul detectorului MicroDust 980 prezentat în figura 3.43.

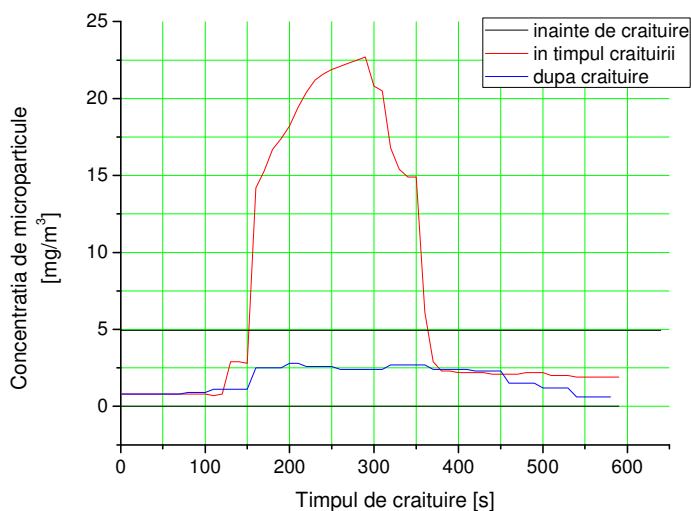


Figura 3.43. Valori măsurare ale concentrației de microparticule suspendate în zona de lucru a operatorului în timpul crăițuirii cu electrod învelit a materialului de bază S275JR+AR grosime de 10 mm

Primul grafic (de culoare neagră) a fost generat prin măsurarea timp de 10 minute a concentrației de microparticule din atelier înainte de începerea procesului de crăițuire. Se observă că valorile de concentrație de microparticule sunt subunitare, normale pentru mediul de lucru în care nu s-a produs un generator de fum semnificativ.

Cel de-al doilea grafic (de culoarea roșie) a fost generat prin măsurarea timp de 10 minute a concentrației de microparticule apărute în timpul crăițuirii cu electrod învelit.

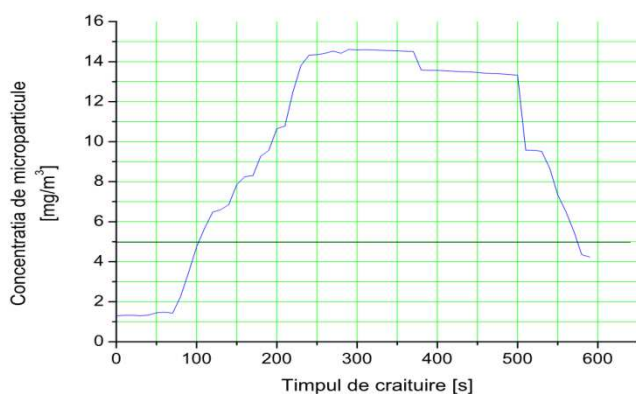


Figura 3.44. Valori măsurate ale concentrației de microparticule suspendate în zona de lucru a operatorului în timpul crăițuirii cu arc-aer a materialului de bază S275JR+AR de grosimea de 10 mm

O centralizare a datelor măsurate este prezentată mai jos și anume:

- Interval de crăițuire /măsurare = 600 secunde
- Concentrația minimă de microparticule determinată de senzorul aparatului este de  $1.25 \text{ mg/m}^3$
- Concentrația maximă de microparticule determinată de senzorul aparatului este de  $14.62 \text{ mg/m}^3$
- Concentrația medie de microparticule în intervalul măsurat, determinată de senzorul aparatului:  $4.5042 \text{ mg/m}^3$

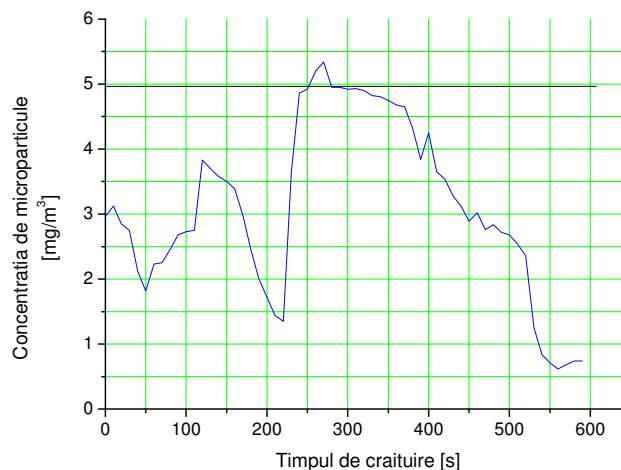


Figura 3.45. Valorile măsurate ale concentrației de microparticule suspendate în zona de lucru a operatorului în timpul crăițuirii cu plasmă cu acționare manuală a materialului de bază S275JR + AR grosime 10 mm

O centralizare a datelor obținute este prezentată mai jos și anume:

- Interval de crăițuire / măsurare = 600 secunde
- Concentrația minimă de microparticule determinată de senzorul aparatului:  $0.62 \text{ mg/m}^3$
- Concentrația maximă de microparticule determinată de senzorul aparatului:  $5.34 \text{ mg/m}^3$
- Concentrația medie de microparticule în intervalul de timp măsurat, determinată de senzorul aparatului:  $1.7735 \text{ mg/ m}^3$

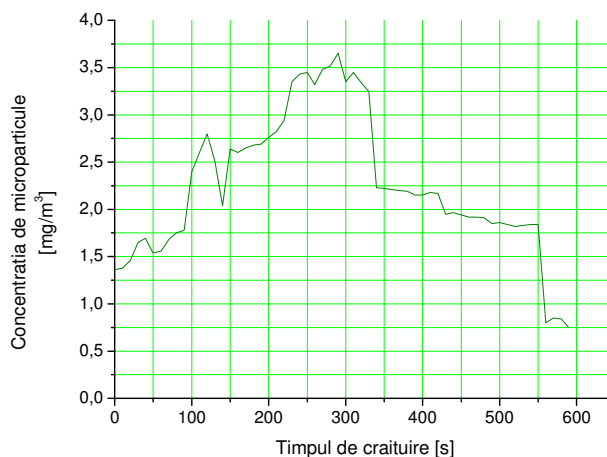


Figura 3.46. Valori măsurate ale concentrației de microparticule suspendate în zona de lucru a operatorului în timpul crăițurii cu plasmă cu acționare mecanizată a materialului de bază S275JR + AR grosime 10 mm

O centralizare a datelor obținute este prezentată mai jos:

- Interval de crăițuire / măsurare = 600 secunde
- Concentrația minimă de microparticule determinată de senzorul aparatului:  $0.75\text{mg/m}^3$
- Concentrația maximă de microparticule determinată de senzorul aparatului:  $3.65\text{ mg/m}^3$
- Concentrația medie de microparticule în interval de timp măsurat, determinată de senzorul aparatului:  $1.4014\text{ mg/m}^3$

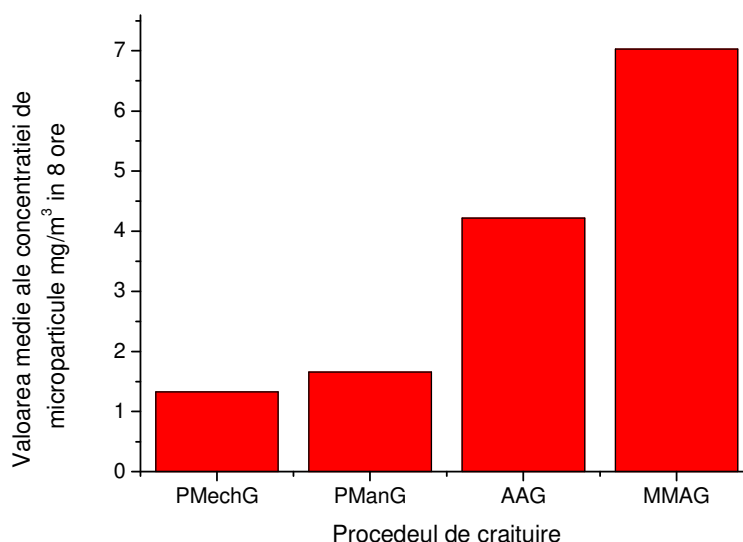


Figura 3.48. Comparație între valorile medii măsurate ale concentrației de microparticule suspendate în zona de lucru a operatorului în timpul unui schimb de lucru de 8 ore, materialul de bază S275JR +AR, grosimea materialului de 10 mm, care a fost crăițuit cu arc-aer, cu electrod învelit, manuală cu plasmă, mecanizată cu plasmă

## **4. STUDII COMPARATIVE ALE SUPRAFETELOR CRĂIȚUITE OBȚINUTE PRIN PROCEDEUL DE CRĂIȚUIRE ARC AER, CU ELECTROD ÎNVELIT, MANUALĂ CU PLASMA, MECANIZATĂ CU PLASMA**

### **4.1. Factorii de influență asupra calității pieselor crăițuite termic**

Caracteristica suprafețelor rezultate după crăițuire este influențată de o serie de factori dintre care cei mai importanți sunt:

- Tipul gazului plasmagen folosit în cazul suprafeței crăițuite manual sau mecanizat cu plasma
- Parametrii de crăițuire

Parametrii cu cea mai mare influență sunt:

- Curentul de crăițuire (în cazul crăițuirii cu arc aer și cu electrod învelit)
- Curentul plasmagen
- Presiunea aerului comprimat (în cazul crăițuirii cu arc-aer și cu plasma)
- Gradul de uzură a consumabilelor de crăițuire: electrod (plasma), inel de etanșare (arc-aer),
- Diametrul interior al duzei ce contrage arcul de plasmagen
- Gradul de uzură a duzei
- Viteza de crăițuire

Tipul instalației de crăițuire

- Varianta constructivă
- Starea tehnică
- Stabilitatea și modul de comandă a deplasării pistolului influențează în mod decisiv calitatea suprafeței rezultate după crăițuirea termică

Criterii ce trebuie luate în considerare la alegerea procedurii de crăițuire:

- Grosimea și compoziția chimică a materialului ce urmează a fi crăițuit
- Calitatea dorită
- Limita de poluare
- Costurile de operații și de menținere a echipamentului de crăițuire

## 4.2. Măsurări dimensionale a suprafeței crăițuite

Tabelul 4.1. Parametrii de crăițuire cu arc-aer (materialul de bază S275JR+AR, conform SR EN 10025/2-2004) [18]

Grosimea de material [mm]	Curentul de crăițuire [A]	Tensiunea de crăițuire [V]	Debit de aer comprimat [l/min]	Presiunea de aer comprimat [MPa]	Viteza de crăițuire [mm/min]	Unghiul de crăițuire [°]
10	270	70	120	0.6	≈ 750	≈ 45



Figura 4.1 Proba piesei de grosimea de 10 mm obținută prin procedeul de crăițuire termică cu arc-aer

Tabelul 4.2 Dimensiunile obținute după operația de crăițuire cu arc-aer măsurate cu un șubler digital. [18]

Descrierea	Valoarea aproximativă măsurată [mm]
Lățimea crăițuită	≈ 10
Adâncimea crăițuită	≈ 4
Lungimea crăițuită	≈ 100

Tabelul 4.3. Parametrii de crăițuire cu electrod învelit (materialul de bază S275JR+AR, conform SR EN 10025/2-2004) [18]

Grosimea materialului [mm]	Curentul de crăițuire [A]	Tensiunea de crăițuire [V]	Viteza de crăițuire [mm/min]	Unghiul de crăițuire [°]
10	210	50	≈ 1250	20

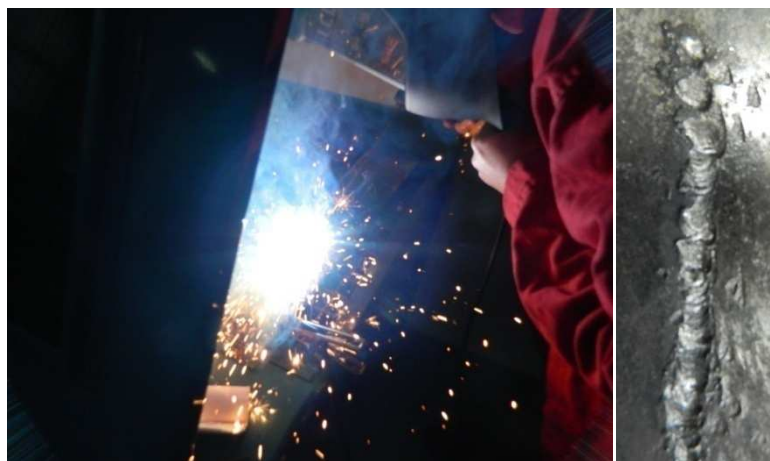


Figura 4.2. Proba de grosimea de 10 mm obținută prin procedeul de crăițuire termică cu electrod învelit

Tabelul 4.4 Dimensiunile obținute după operația de crăițuire termică cu electrod învelit măsurate cu un șubler digital.

Descrierea	Valoarea aproximativă măsurată [mm]
Adâncimea crăițuită	≈ 2.2
Lățimea crăițuită	≈ 4.0
Lungimea crăițuită	≈ 100

Tabelul 4.5. Parametrii de crăițuire cu plasmă cu acționare manuală (materialul de bază S275JR+AR, conform SR EN 10025/2-2004) [18]

Grosimea materialul [mm]	Curent de crăițuire [A]	Tensiunea de crăițuire [V <sub>cc</sub> ]	Debit de aer comprimat [l/min]	Presiunea de aer comprimat [MPa]	Unghiul de crăițuire [°]	Viteza de crăițuire [mm/min]
10	45	132	160	0.5	35	≈ 1000

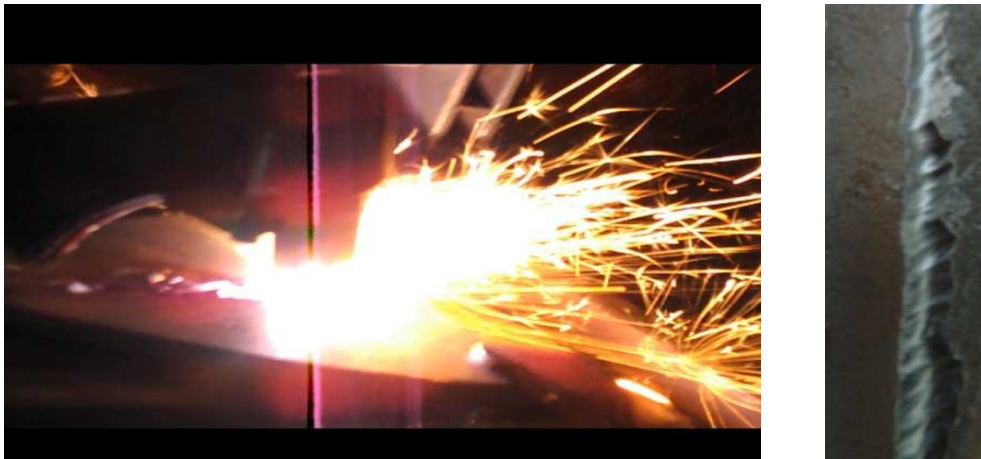


Figura 4.3. Proba de grosimea de 10 mm obținută prin procedeul de crăițuire termică cu plasmă cu acționare manuală

Tabelul 4.6. Dimensiunile obținute după operația de crăițuire termică manuală cu plasmă măsurate cu un șubler digital. [18]

Descrierea	Valoarea aproximativă măsurată [mm]
Adâncimea crăițuită	$\approx 2.3$
Lățimea crăițuită	$\approx 2.55$
Lungimea crăițuită	$\approx 100$

Tabelul 4.7. Parametrii de crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată (materialul de bază S275JR+AR, conform SR EN 10025/2-2004) [18]

Grosimea materialul [mm]	Curent de crăițuire [A]	Tensiunea de crăițuire [V <sub>cc</sub> ]	Debit de aer comprimat [l/min]	Presiunea de aer comprimat [MPa]	Unghiul de crăițuire [°]	Viteza de crăițuire [mm/min]
10	45	132	160	0.6	25	$\approx 950$

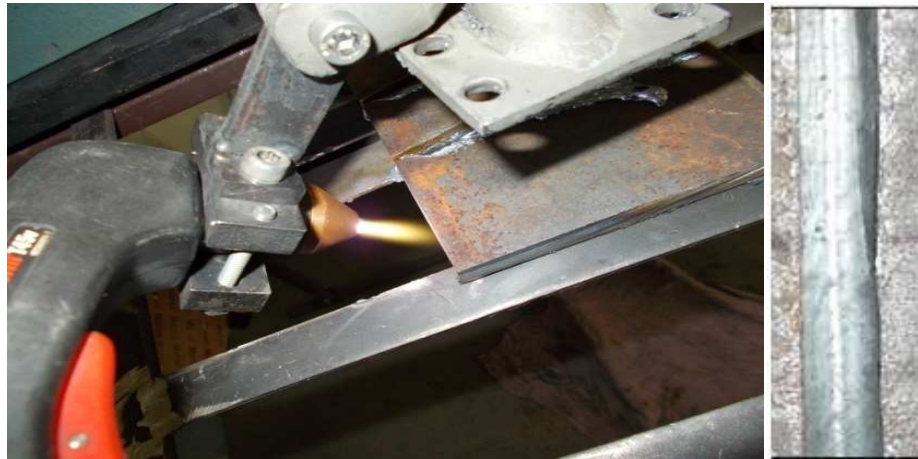


Figura 4. 4. Proba de grosimea de 10 mm obținută prin procedeul de crăițuire termică mecanizată cu plasmă [18]

Tabelul 4.8. Dimensiunile obținute după operația de crăițuire termică cu plasmă cu acționare mecanizată măsurate cu un șubler digital. [18]

Descriere	Valoarea aproximativă măsurată [ mm]
Adâncimea crăițuită	$\approx 2.8$
Lățimea crăițuită	$\approx 2.5$
Lungimea crăițuită	$\approx 100$

### 4.3. Măsurări de rugozitate a suprafețelor crăițuite

Rugozitatea suprafețelor este definită ca ansamblul neregularităților ce formează reliefurile suprafețelor reale și al căror pas este relativ mic în raport cu adâncimea lor.



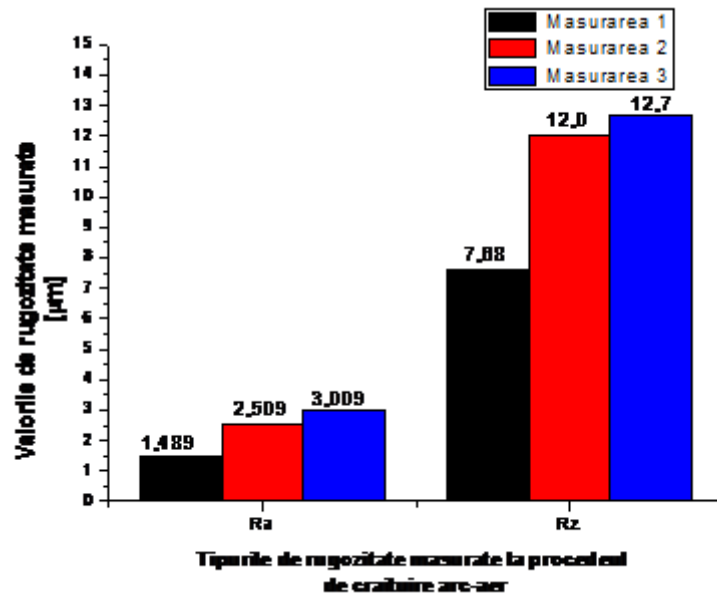


Figura 4.7. Valorile de rugozitate măsurate la suprafața crăiuită cu procedeul de crăiuire arc-aer

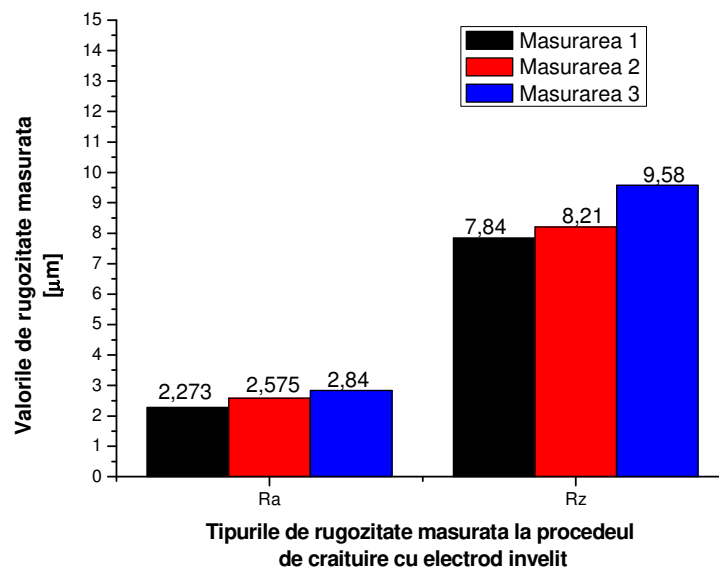


Figura 4.8. Valorile de rugozitate măsurate la suprafețele crăiuite cu procedeul de crăiuire cu electrod învelit

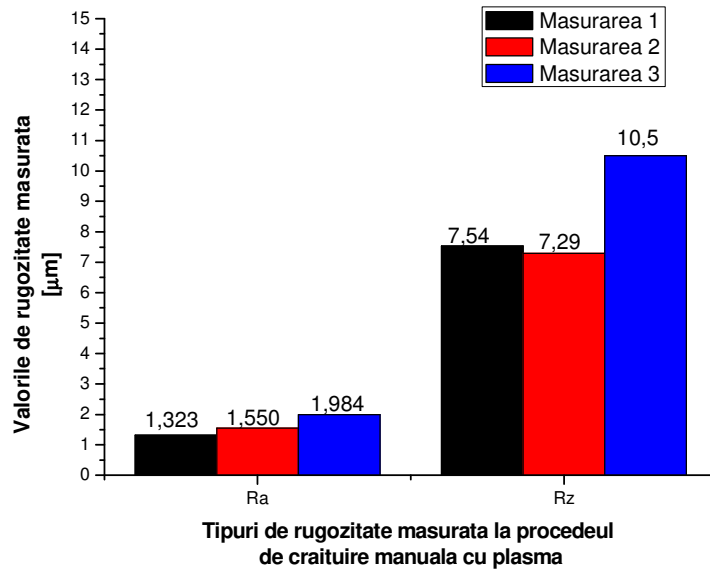


Figura 4.9. Valorile de rugozitate măsurate la suprafețele crăițuite cu procedeul de crăițuire cu plasmă cu acționare manuală

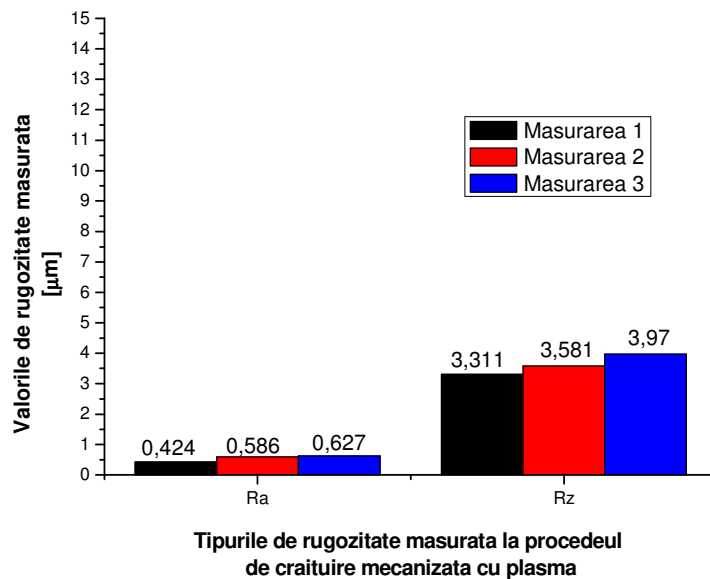


Figura 4.10. Valorile de rugozitate măsurate la suprafețele crăițuite cu procedeul de crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată

#### 4.4. Analiza macroscopică a suprafeței crăițuite

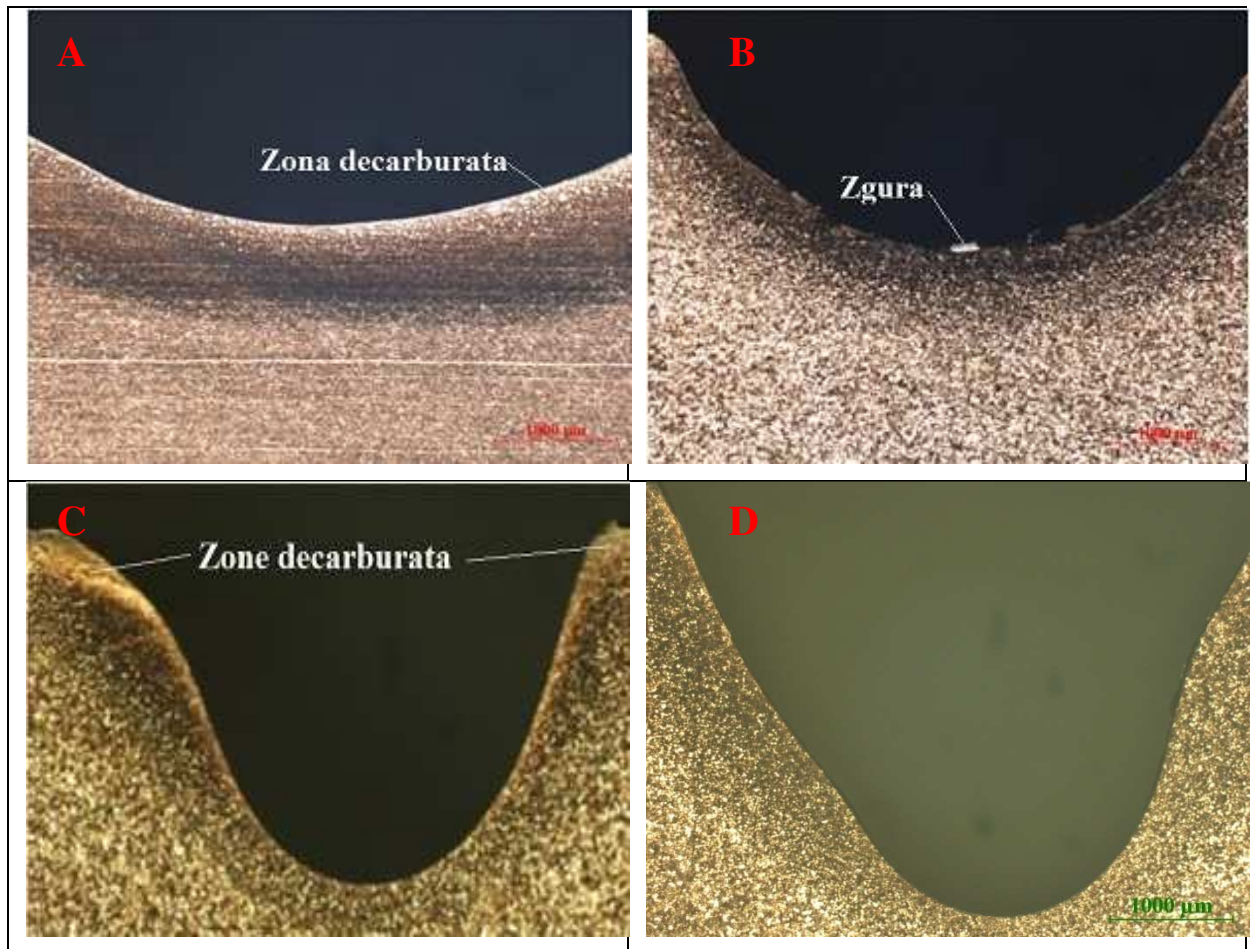


Figura 4.15. Macrostructura oțelului S275JR pieselor crăițuite cu: (mărire 25X)

- a) arc- aer,
- b) electrod învelit,
- c) cu plasmă cu acționare manuală,
- d) cu plasmă cu acționare mecanizată

În figura 4.15. este prezentată macrostructura pieselor crăițuite. În cazul piesei crăițuite cu arc-aer (a) pe suprafața prelucrată se poate observa o zonă distinsă care este decarburată [60]. Această zonă s-a realizat datorită temperaturii ridicate de aproximativ 750- 835° C de prelucrare în timpul procesului de crăițuire. La această temperatură carbonul este dizolvat în material topit și este eliminat cu ajutorul aerului comprimat sau intră în reacție cu aerul comprimat și rezultă reacții chimice.

#### 4.5. Analiza microscopică a suprafețelor obținută prin crăițuire

Crăițuire cu arc-aer

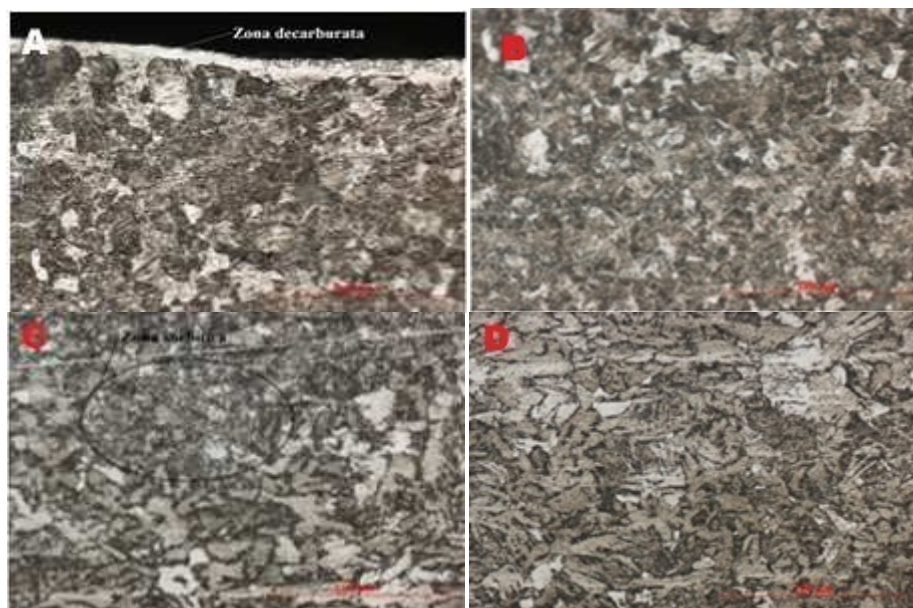


Figura 4.16. Microstructura otelului S275JR zonei crăițuite cu arc-aer: (Mărire 500X)

- a) zona crăițuită,
- b) zona intermediară între zona crăițuită și zona materialului de bază,
- c) zona de neechilibru în care se pot vedea zone sorbitice cu granulație crescută,
- d) zona materialului de bază

Microstructura prezentată în figura 4.16. este obținută cu procedeul de crăițuire arc aer. În imaginea a) se poate observa zona decarburată , iar în imaginea c se pot vedea zonele de neechilibru sorbitic cu granulație crescută. Materialul de bază are structura ferito- perlitică, predominant ferită. Urma de textură, zona recristalizată, care reduce aspectul texturat. În imaginea 4.16.c este prezentată limita între zona crăițuită și zona influențată termic. Se poate observa că în zona de trecere din cauza încălzirii și răcirii rapide nu a fost suficient timp pentru a crește grăunții, deci rezultând o structură sorbitică. Nu se înregistrează nici o mărire de grăunte prin descompunerea prin difuzie a carbonului în zona crăițuită și în profunzime. Descompunerea perlitului în zona feritică s-a redus și nu mai apare texturarea. În zona materialului de bază se prezintă sorbita lamelară.

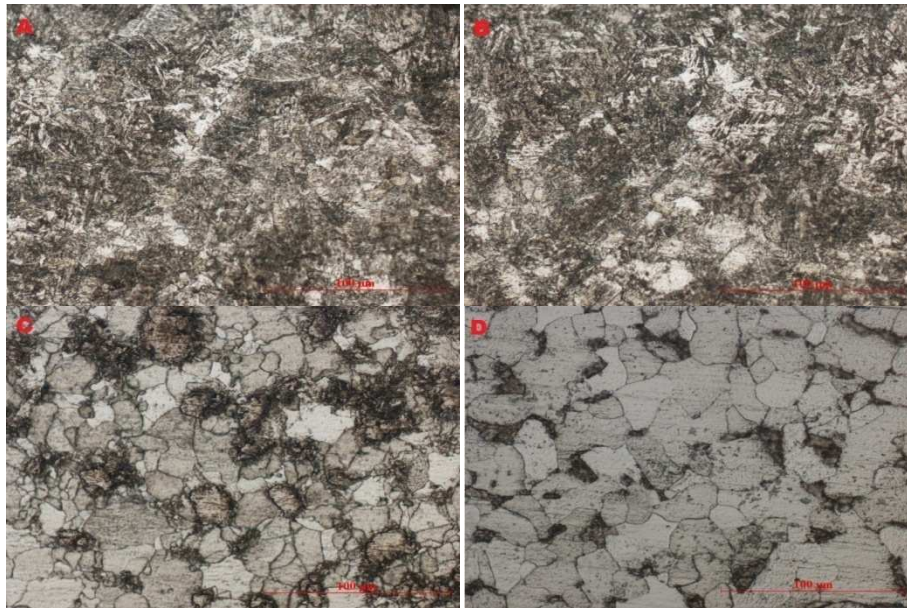


Figura 4.17. Microstructura oțelului S275JR prin crăițuire cu electrod învelit MMAG

- a) Zona crăițuită
- b) zona intermediară între zona crăițuită și zona materialului de bază,
- c) zona de neechilibru
- d) zona materialului de bază.

În figura 4.17.a este prezentată zona crăițuită, se poate observa că prezintă o structură de tip Widmanstätten cu descompunerea perlitei. În figura c se prezintă o structură dungată specifică oțelurilor deformate plastic și aplicat tratamentul de recristalizare. În figura d este prezentată microstructura materialului de bază care este o structură ferito perlitică.

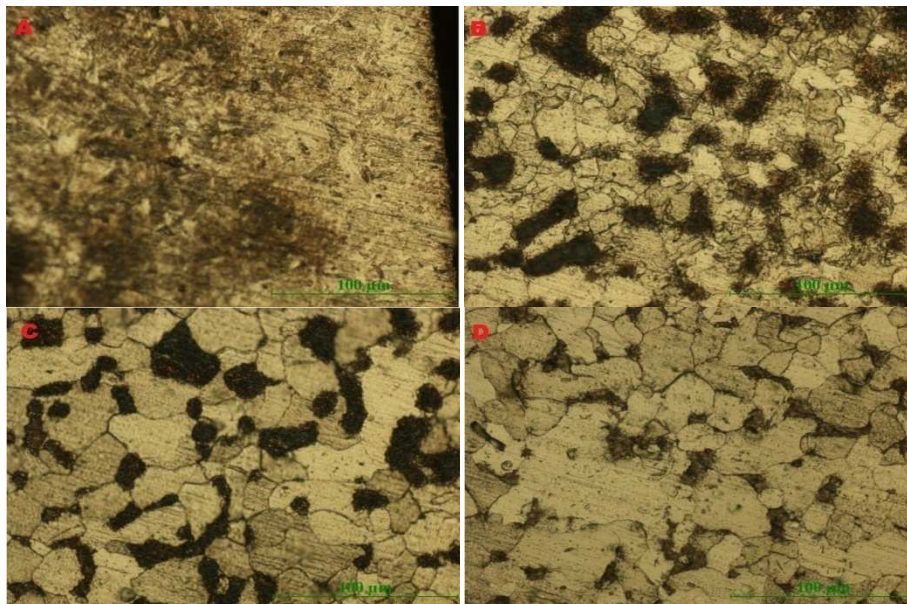


Figura 4.18. Microstructura piesei obținute prin procedeul de crăițuire cu plasmă cu acționare manuală

Microstructura piesei crăițuită cu plasmă cu acționare manual prezentată în figura 4.18. prezintă structura widmanstatten cu grăunte crescută ușor decarburat. În figura b este prezentată zona de tranziție în care se poate observa descompunerea perlitei, iar în imaginea c se poate vedea descompunerea perlitei mai puțin accentuate. În figura d este prezentată microstructura zonei materialului de bază.

Crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată

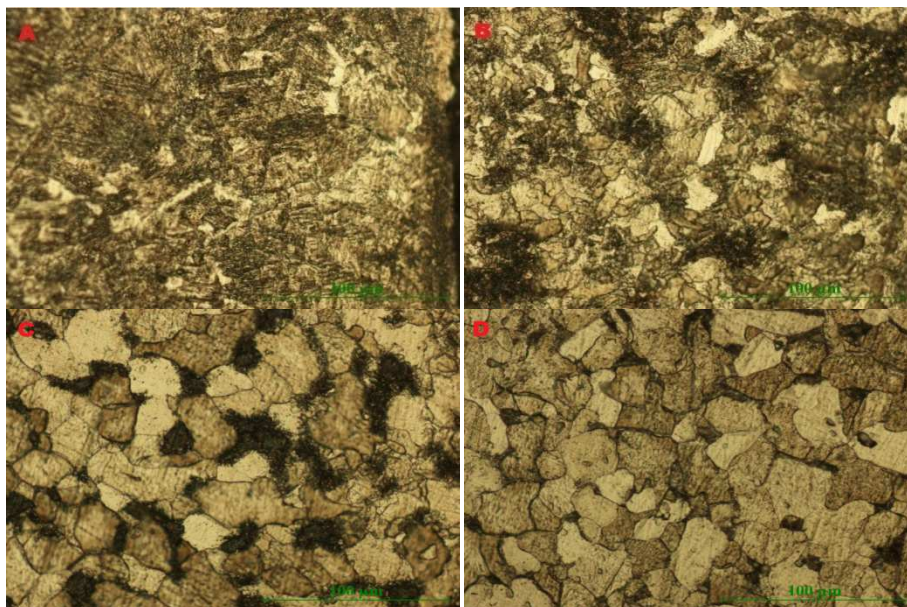


Figura 4.19. Microstructura piesei obținute prin crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată

În figura 4.19 este prezentată microstructura piesei obținute prin crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată cu plasmă, în care se poate vedea că suprafața este foarte puțin decarburată și în zona influențată se prezintă structura de tip widmanstatten. În figura b și c se poate vedea descompunerea perlitei și difuzia către ferita.

În zona materialului de bază în imaginea d se poate vedea că materialul are o structură ferito perlitică.

#### **4.6. Analiza suprafețelor crăițuite cu microscopul electronic de scanare**

Analiza suprafețelor obținute prin crăițuire cu arc-aer

În timpul crăițuirii, jetul de aer produce pulverizări de metal topit și pe suprafață rămân micro cratere cu secțiuni sferice. Smulgerile de material sunt selective. Expulzările de material topit sunt neuniforme, în craterele rămase se reliefează.

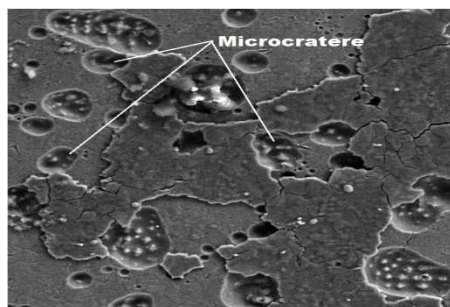


Figura 4.20. Imaginea obținută prin microscop electronic de scanare (SEM) a suprafeței crăițuite cu arc-aer, Mărire de 1000X

Analiza suprafețelor obținute prin craițuire cu electrod învelit

În cazul suprafețelor crăițuite cu electrod învelit, se evidențiază urme de incluziuni de gaze, rezultate din descompunerea învelișului electrodului. Pe suprafața crăițuită cu acest procedeu se mai poate observa zona cu reziduri de materiale care nu a fost eliminate.



Figura 4.21. Imaginea obținută prin microscop electronic de scanare (SEM) a suprafeței crăițuite cu electrod învelit , Mărire de 1000X

Analiza suprafețelor obținute prin craițuire cu plasmă cu acționare manual

În suprafața crăițuită cu plasmă cu acționare manual nu se pot observa incluziuni de gaze, dar pe suprafață se prezintă zone de smulgere. S-a constatat că expulzarea prin pulverizare mai avansată a materialul topit se realizează datorită forțelor electromagnetice. Acest lucru este datorită tensiunii mai ridicate (aproximativ 135V).

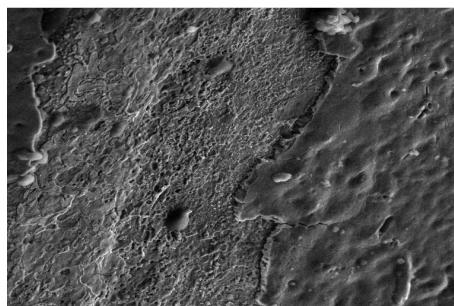


Figura 4.22. Imaginea obținută prin microscop electronic de scanare (SEM) a suprafeței craițuire cu plasmă cu acționare manuală , Mărire de 1000X

## Analiza suprafețelor obținute prin craițuire cu plasmă cu acționare mecanizată

Datorită vitezei mai mari de deplasare a sursei termice, viteza de încălzire și răcire sunt mai mari. Datorită răcirii rapide a suprafeței metalului topit se produc contracții cu variație mare de volum (3.5%). Din acest motiv sunt generate tensiuni care conduc la apariția unor micro fisuri superficiale.

Adâncimea acestor micro fisuri este relativ redusă și intră în domeniul în care realizarea îmbinărilor sudate se va produce topirea materialului de bază în materialul de adaos (electrod, sârmă).

În anumite zone se mai observa și incluziuni de gaze.

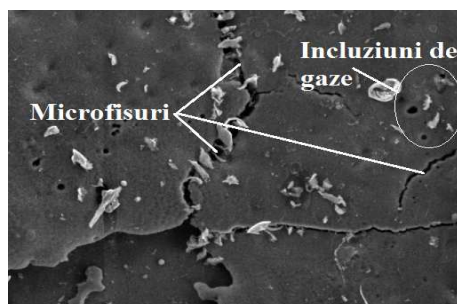


Figura 4.23 Imaginea obținută prin microscop electronic de scanare (SEM) a suprafeței craițuite mecanizat cu plasmă Mărire de 1000X

## 4.7. Analiza spectrale privind compoziția chimică a suprafețelor craițuite Edax

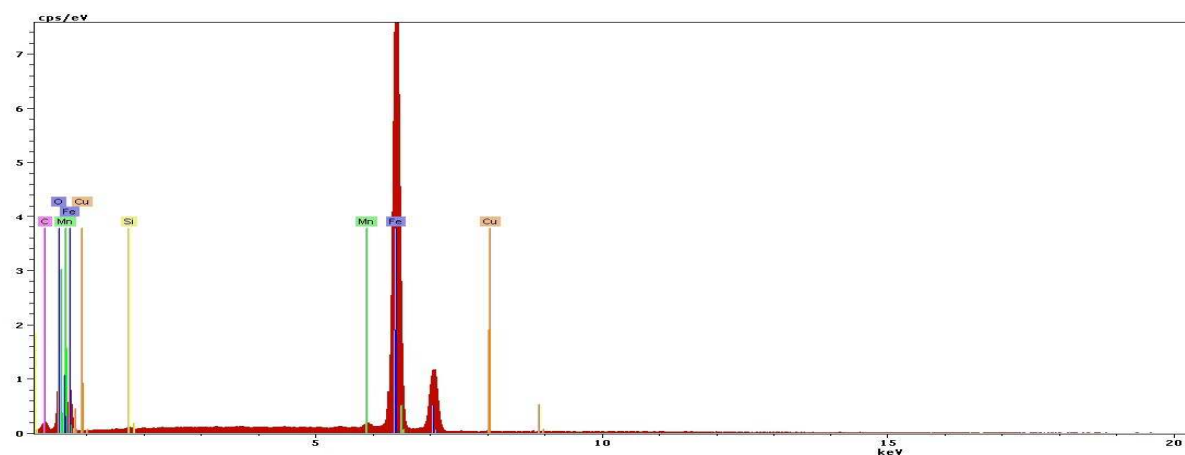


Figura 4.24. Spectrul EDAX obținut pentru proba craițuită cu arc-aer (AAG). S-au detectat elementele Fe, C, Mn, Cu, O, Si

Distribuția elementelor pe suprafața craițuită detectate și prezentate în figura 4.24 este prezentată în figura 4.25.



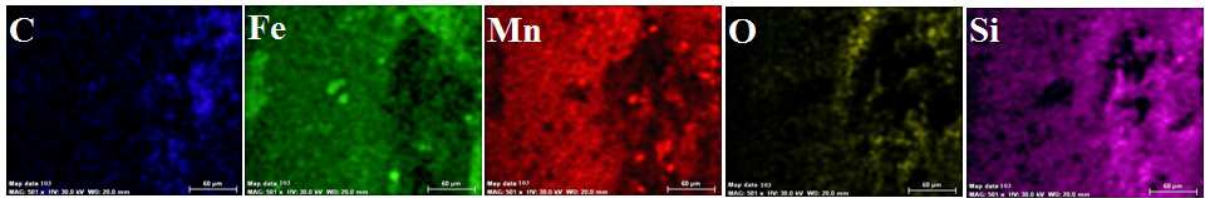


Figura 4.25. Distribuția elementelor detectate pe suprafața crăițuită cu arc-aer (AAG).

Elementele detectate pe suprafața crăițuită cu procedeul de arc-aer (AAG) prezentată în figura 4.24 și figura 4.25. Cuprul vine din electrodul de crăițuire care este acoperită cu un strat subțire de cupru. Aceasta are două roluri: creșterea conductivității electrodului și pentru a preveni degradarea electrodului. Celelalte elemente provin din materialul de bază sau din materialul de adaos.

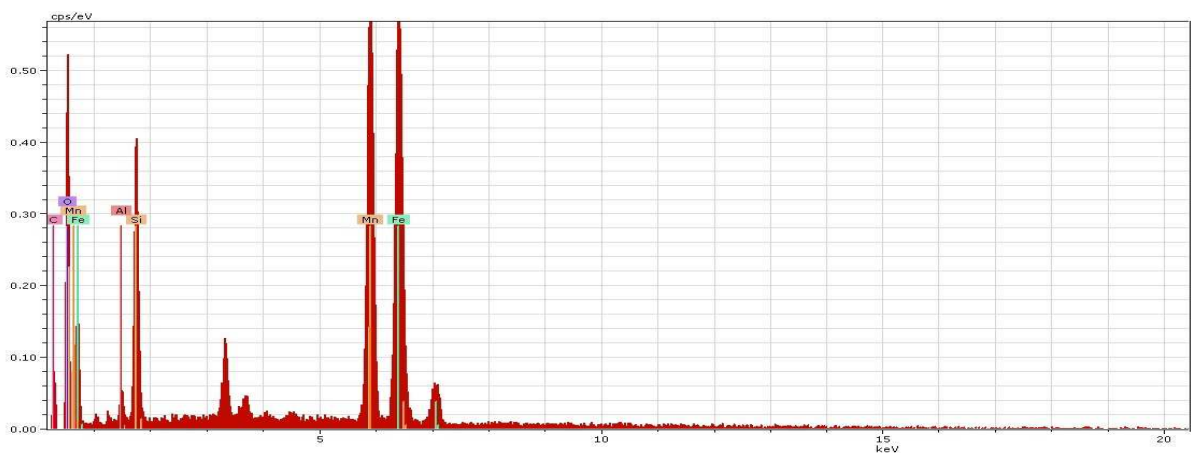


Figura 4.26. Spectrul EDAX obținut pentru proba crăițuită cu electrod învelit (MMAG). S-au detectat elementele Fe, C, Mn, Al, O, Si.

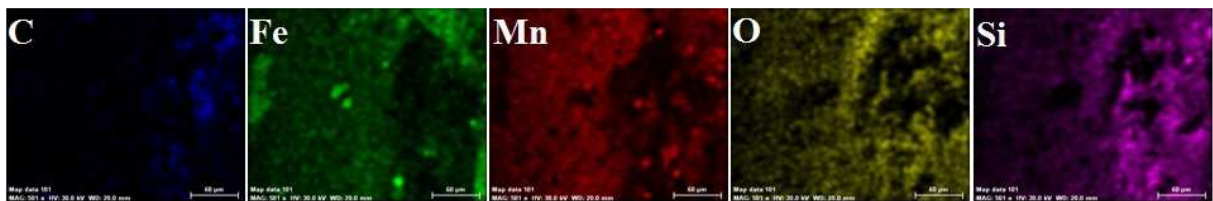


Figura 4.27. Distribuția elementelor detectate pe suprafața crăițuită cu electrod învelit.

În cazul crăițuirii cu electrod învelit (MMAG), majoritatea elementelor detectate provin din materialul de bază și din învelișul electrodului învelit. De exemplu Al detectat provine din învelișul electrodului de crăițuire.

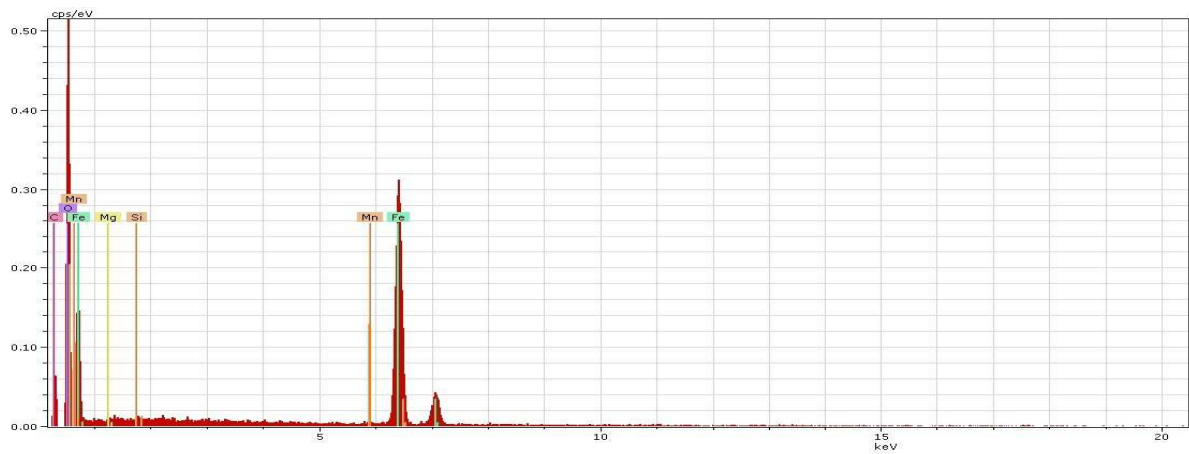


Figura 4.28. Spectrul EDAX obținut pentru proba crăițuire cu plasmă cu acționare manuală (PManG). S-au detectat elementele Fe, C, Mg, Mn, Si, O.

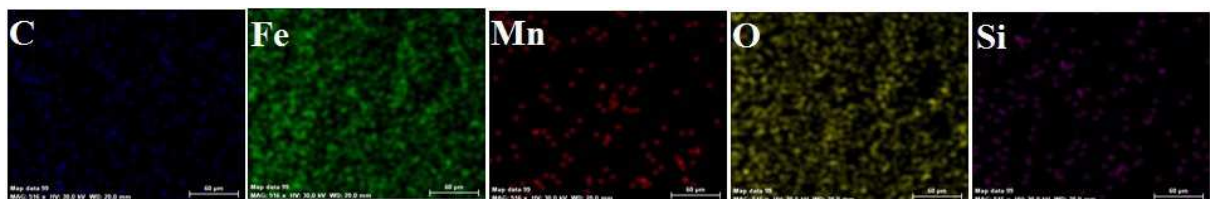


Figura 4.29. Distribuția elementelor detectate pe suprafața obținute prin crăițuire cu plasmă cu acționare manuală .

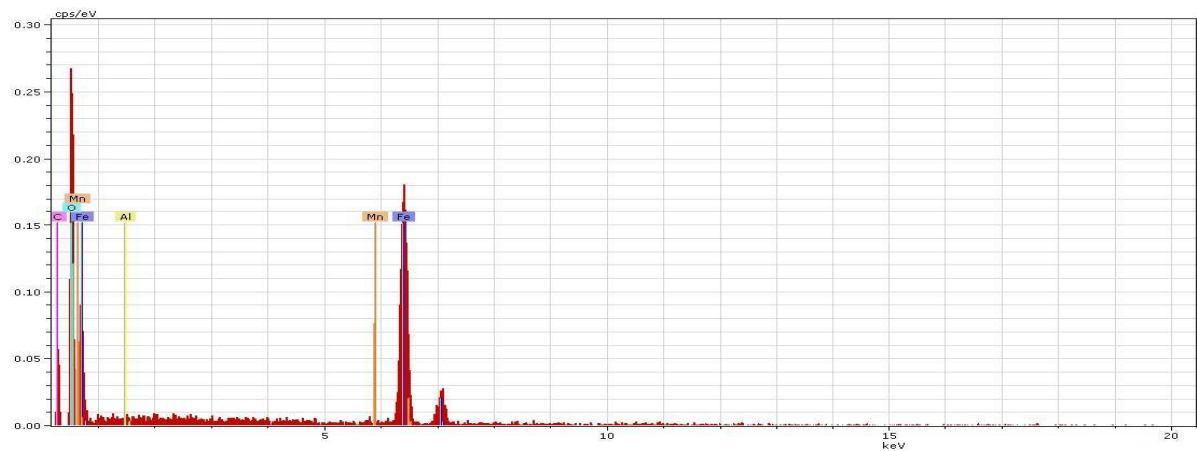


Figura 4.30. Spectrul EDAX obținut pentru proba crăițuită cu plasmă cu acționare mecanizată (PMechG). S-au detectat elementele Fe, C, Mn, Al, O,

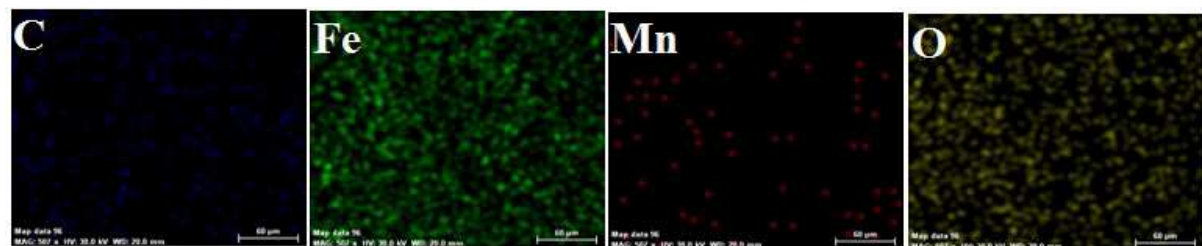


Figura 4.31. Maparea elementelor detectate pe suprafața obținută prin crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată .

Concluziile.

- Cele mai ridicate concentrații de carbon și mangan s-au întâlnit la suprafața analizată și obținută prin procedeul de crăițuire arc-aer conform figura 4.24.
- Concentrația de elemente scade treptat, și cel mai scăzut nivel este la piesele obținute prin procedeul de crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată cu plasmă, conform figurii 4.31.

#### 4.8. Determinarea micro durităților pe suprafețe crăițuite

Determinarea a fost efectuată pe un microdurimetru FM 700 prezentată în capitolul 2 în Logistica de cercetare. Echipamentul este prevăzut cu un sistem de achiziție a datelor și cu un software dedicat măsurării automate a micro durităților.

În timpul măsurării încărcarea a fost de 100g/forța și scara de duritate era HV<sub>10</sub>. La fiecare suprafață crăițuită există trei zone distincte: zona crăițuită, zona influențată termic și zona materialului de bază. În aceste zone au fost efectuate câte cinci măsurări în fiecare zonă.

În figura 4.32 sunt prezentate zonele unde s-au efectuat măsurările.

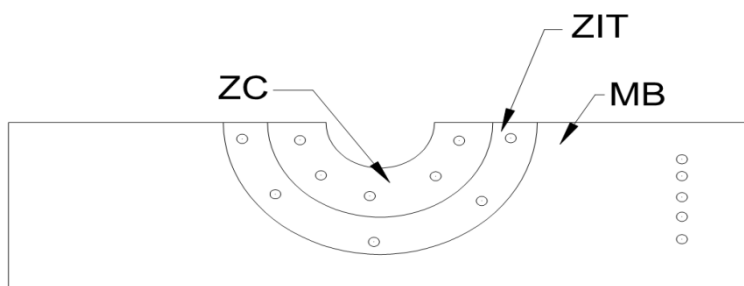


Figura 4.32. Zonele unde s-au efectuat măsurările de duritate

Rezultatele determinărilor de duritate le-am centralizat într-un tabel care este prezentat mai jos.

Tabelul 4.9. Valoarea medie a micro durităților măsurate la piesele crăițuite [HV<sub>10</sub>]

Procedeul de crăițuire/ Zona	Zona crăițuită	Zona influențată termic	Materialul de bază
AAG	234,3	245,7	146.5
MMAG	242	204	165.3
PManG	231.4	178.55	157.6
PMechG	235.1	182.3	157.1

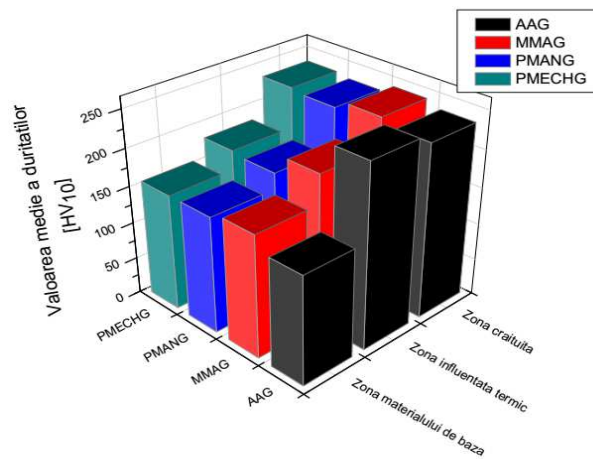


Figura 4.33. Diagrama cu valoarea medie a durițăților

## **CAPITOLUL 5. CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUTII PERSONALE, MODALITATI DE VERIFICARE A REZULTATELOR**

### **5.1. Concluzii generale**

Teza de doctorat prezentată propune o extindere a cunoașterii științifice prin prezentarea de noi metode experimentale de crăițuire și de noi metode de măsurare a calității suprafețelor obținute prin crăițuire. În cazul de față a fost folosită metoda de crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată prin utilizarea unui dispozitiv de avans linear, conceput, proiectat și executat de autorul acestei teze de doctorat. Pentru măsurarea calității suprafețelor obținute prin crăițuire cu plasmă, s-a utilizat un microscop electronic de scanare, de tip Vega Tescan LMH II, cu ajutorul acestuia au fost analizate suprafețele crăițuite cu diferite metode și s-a determinat compoziția chimică a suprafețelor și distribuția elementelor chimice

#### **5.1.1. Concluzii generale privind stadiul actual al crăițuirii materialelor metalice**

Cercetarea bibliografică a literaturii de specialitate [70, 71,72,73,74] și bazele de date științifice, evidențiază ca progresele înregistrate în timp și dezvoltarea procedurii de crăițuire termică cu plasmă este în măsură să rezolve problema crăițuirii, materialelor conform prescripțiilor tehnice date de proiectant și a cerințelor normative în cea ce privește calitatea suprafețelor crăițuite.

Dezvoltarea continuă a concepției constructive a echipamentelor de plasmă, a făcut posibilă reducerea prețului de cost specific, prin folosirea gazelor active în locul gazelor inerte, prin strangularea suplimentară a arcului de plasmă și prin creșterea vitezei de crăițuire se poate crește și productivitatea.

Prin folosirea aerului comprimat în locul gazelor active sau inerte și viteza mare de crăițuire cu plasmă a făcut ca prelucrare cu plasmă să fie mai ieftină, mai ecologică și competitivă față de alte procedee de crăițuire.

Este de dorit că după operația de crăițuire cu plasmă cu acționare mecanizată cu plasma să nu fie necesare prelucrări ulterioare, ori aceste să fie cât mai reduse; acest lucru duce la scăderea costurilor suplimentare având ca rezultat creșterea competitivității produselor.

Alegerea procedeeului de crăițuire se va face în funcție de:

- Grosimea materialului,
- Compoziția chimică a materialului.

### **5.1.2. Concluzii generale privind obținerea suprafețelor crăițuite**

În lucrarea de față sunt prezentate patru procedee de crăițuire uzuale:

- ✓ crăițuire cu arc-aer,
- ✓ cu electrod învelit,
- ✓ cu plasmă cu acționare manuală,
- ✓ cu plasmă cu acționare mecanizată.

În cazul crăițuirii cu arc aer, suprafață este acoperită cu un strat fin de cărbune (carbon), care poate să afecteze negativ calitatea îmbinării sudate dacă este cu pătrundere la rădăcină. Suprafața obținută prezintă asperități și materialul topit este lipit pe o parte a canelurii care necesită operații auxiliare de eliminare a acestora.

Probele obținute la crăițuirea cu electrodul învelit (marca OK 21.03), prezintă urme de cenusă rezultate din descompunerea învelișului electrodului. Suprafața prezintă multe asperități, nu este uniformă, canelura este îngustă și în cazul pieselor trebuie executate două caneluri una lângă alta ca să obținem lățimea canelurii dorite.

Probele obținute cu plasmă nu prezintă nici un material auxiliar în suprafață.

În urma crăițuirii cu acționare mecanizată cu plasmă se obține o canelură netedă, curată fără asperități, care poate să fie gata pentru resudare.

Suprafețele crăițuite cu acționare mecanizată cu plasmă prezintă o rugozitate mai mică față de suprafețele obținute prin crăițuire cu acționare manuală cu plasmă.

În cazul crăițuirii cu plasmă a fontelor, suprafețele obținute prezintă microfisuri în zona crăițuită datorate contracției materialului după răcire.

Conform determinărilor de concentrație de microparticule măsurate în timpul procesului de crăițuire, procedeul de crăițuire cu plasma se prezintă ca un procedeu ecologic, datorită valorilor măsurate care în unele cazuri nici nu atinge valoare limitei admisibile de  $5 \text{ mg/m}^3$ .

### **5.1.3. Concluzii generale privind calitatea suprafețelor și comparație între procedeele de crăițuire utilizate.**

În cadrul studiului macro, microstructural al suprafețelor obținute prin crăițuire se pot concluziona următoarele:

- suprafața obținută prin procedeul de crăițuire arc-aer are cea mai mare zonă influențată termic (vezi figura 4.15).
- probele obținute prin crăițuire arc-aer prezintă o zonă decarburată, aceasta este datorată temperaturii de prelucrare ridicată, când carbonul este dizolvat în materialul topit și eliminat cu ajutorul jetului de aer comprimat.
- probele obținute prin crăițuire cu plasma cu acționare manuală în zona superioară a canelurilor prezintă o zonă decarburată dar nu este așa accentuată ca în cazul probelor obținute prin crăițuire cu arc-aer.
- microstructura probelor obținute cu crăițuire cu arc-aer prezintă o zonă decarburată care se pot identifica în figura 4.16a, în zona de echilibru se pot vedea zone sorbitice cu granulație crescută iar în materialul de baza se prezintă sorbită lamelară.
- microstructura probei obținute prin crăițuire cu electrod învelit prezintă o structură de tip Widmanstätten cu descompunerea perlitei. În figura 4.17c se prezintă o structură dungată care este specifică la oțelurilor deformate plastic și la care s-a aplicat un tratament de recristalizare. Materialul de baza are o structură ferito-perlitică.
- microstructurile probelor obținute prin crăițuire cu plasmă (cu acționare manuală sau mecanizată) prezentate în figura 4.18 și 4.19, în zona de tranziție se poate observa descompunerea perlitei și difuzia către ferită.

În urma analizei suprafețelor obținute prin crăițuire cu ajutorul unui microscop electronic de scanare (SEM) se pot observa următoarele:

- probele obținute prin crăițuire cu arc-aer prezintă microcratere cu secțiuni sferice, urme de cementită care s-a globulizat și are tendința de formarea de structuri dendritice.
- probele obținute prin crăițuire cu electrod învelit prezintă incluziuni de gaze și zone cu carburi.

- suprafața probei obținute prin crăițuire cu plasma cu acționare manuală prezintă cementită în unele locuri. S-a constatat că pulverizare mai avansată a materialului topit se realizează datorită forțelor electromagnetice.
- suprafața probei obținute prin crăițuire cu plasma cu acționare mecanizată prezintă microfisuri și în unele locuri incluziuni de gaze. Adâncimea microfisurilor este relativ redusă.

Analiza spectrală privind compoziția chimică a suprafețelor crăițuite a pus în evidență următoarele:

- probele obținute prin crăițuire arc-aer prezintă concentrații ridicate de carbon și de mangan conform cu figurile 4.24, 4.25
- concentrația elementelor scade treptat până la probele obținute prin crăițuire cu plasma cu acționare mecanizată conform cu figura 4.31.
- pe baza analizei chimice (EDAX și distribuția elementelor) se poate concluziona că procedeul de crăițuire cu plasmă nu induce material auxiliar în materialul de baza, se poate aplica la oțeluri inoxidabile și la oțeluri aliate.

În urma măsurătorilor privind microduritățile suprafețelor probelor obținute prin crăițuire se pot afirma următoarele:

- în cazul probelor obținute prin crăițuire cu arc-aer, în zona crăițuită prezintă o duritate mai scăzută față de zona intermediară. Acesta este datorată zonei decarburate care se poate vedea la analiza macro și microstructuri și confirmă ca este o zona decarburată.
- probele obținute prin crăițuire cu electrod învelit prezintă o microduritate mare în zona crăițuită și treptat scade către zona materialului de baza.
- probele obținute prin crăițuire cu plasma (cu acționare manuală sau mecanizată) nu prezintă diferențe semnificative.

#### **5.1.4. Concluziile finale**

În industria de structuri metalice sudate cel mai utilizate metode de scobire (crăițuire) sunt cu arc-aer pentru obținerea de îmbinări sudate fără defecte. În cazuri speciale se utilizează crăițuire cu polizare care să nu influențeze materialul de baza (prin încălzire sau cu materiale de adaos).

Datorită concentrației de microparticule rezultate în timpul procesului de crăițuirii cu arc-aer, acestea pot provoca îmbolnăvirea operatorului. Ca să evităm îmbolnăvirea operatorului cu boli pulmonare sau boli profesionale în teză autorul propune procedeul de crăițuire cu plasmă

mai ales cu cel cu acționare mecanizată. Conform rezultatelor măsurătorilor se poate concluziona că procedeul de crăițuire cu plasmă este un procedeu ecologic.

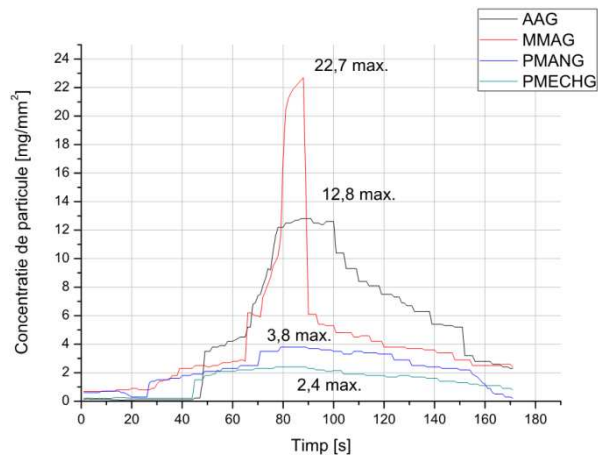
În comparație procedeul de crăițuire cu plasma cu acționare mecanizată față de procedeul arc-aer sau cu electrod învelit nu influențează mult materialul de bază.

## **5.2. Contribuții personale**

Din punctul de vedere al obiectivelor propuse precum și în urma rezultatelor cercetărilor teoretice și experimentale efectuate pe parcursul elaborării tezei de doctorat, contribuțiile personale pot fi sintetizate după cum urmează:

1. Efectuarea analizei detaliate privind stadiul actual al procedeelor de crăițuire a materialelor metalice, utilizată în industria construcțiilor metalice sudate.
2. Elaborarea și punerea în practică a unui program experimental privind crăițuire cu arc-aer, electrod învelit, plasmă (cu acționare manuală și mecanizată) a oțelului de construcție de tip S275JR.
3. Elaborarea și punerea în practică a unui program experimental privind crăițuire cu plasmă (cu acționare manuală sau mecanizată) a diverselor materiale sudabile (Oțel: S355J2, S355K2H; Fontă: ADI, DI; Aluminiu: AlMg 5754
4. S-a proiectat și realizat un dispozitiv linear care poate să asigure o viteză constantă de deplasare în timpul operației de crăițuire. Dispozitivul a fost conceput ca să poată fi utilizat și la operațiilor de sudare sau tăiere cu plasmă.
5. Optimizarea tehnologie de crăițuire cu plasmă, atât la varianta cu acționare manuală cât și la varianta cu acționare mecanizată.
6. Efectuarea de măsurători a concentrației de microparticule în atmosfera de lucru la crăițuire cu arc-aer, cu electrod învelit, cu plasmă cu acționare manuală, cu plasmă cu acționare mecanizată și comparația rezultatelor se prezintă în figura următoare.





Rezultatul măsurării concentrației de microparticule în atmosfera de lucru.

7. Caracterizarea suprafețelor obținute în urma crăițurii prin analiza compoziției chimice a suprafețelor, (EDAX), distribuția elementelor chimice pe suprafața crăițuită (mapare) și analiza suprafețelor cu ajutorul microscopului electronic de scanare.

8. Analiza comparativă a rezultatelor obținute în urma experimentărilor celor patru tehnologii de crăițuire ( arc-aer, electrod învelit, cu plasmă cu acționare manuală, cu plasmă cu acționare mecanizată) concluzionând că procedeul de crăițuire cu plasma în general nu influențează materialul de bază.

### 5.3. Modalități de valorificare a rezultatelor cercetării

Rezultatele cercetării efectuate pe parcursul elaborării și finalizării tezei de doctorat au fost valorificate prin 9 articole științifice dintre care 6 ca prim autor și 3 ca coautor:

- **Barna FAZAKAS**, Radu Cristian SECULIN, Teodor MACHEDON PISU, Angela VAS “ *Aspecte privind crăițuirea unui oțel patinabil*” în revista CERCETĂRI METALURGICE ȘI DE NOI MATERIALE, Vol. XXII, Nr. 4/2014, pp 7-13, ISSN: 1221-5503  
[http://www.icem.ro/wp-content/uploads/2015/03/ARTICOL\\_FAZAKAS\\_2.pdf](http://www.icem.ro/wp-content/uploads/2015/03/ARTICOL_FAZAKAS_2.pdf)
- **Barna FAZAKAS**, Radu Cristian SECULIN, Teodor MACHEDON PISU, Ion Catalin MON “ *Cercetare experimentală și aspect privind crăițuirea unui oțel de țeava*” în revista CERCETĂRI METALURGICE ȘI DE NOI MATERIALE, Vol. XXV, Nr. 3/2015, pp 25- 32, ISSN: 1221-5503,  
[http://www.icem.ro/wp-content/uploads/2015/10/ARTICOL\\_FAZAKAS\\_3.pdf](http://www.icem.ro/wp-content/uploads/2015/10/ARTICOL_FAZAKAS_3.pdf)
- **Barna FAZAKAS**, Mihai Alexandru BODEANU, Teodor MACHEDON PISU “ *Cercetări privind crăițuirea cu plasma cu aplicații pentru oțel și aluminiu*” în revista

CERCETĂRI METALURGICE ȘI DE NOI MATERIALE, Vol. XXIII, Nr. 4/2015, pp 41-46, ISSN: 1221-5503

[http://www.icem.ro/wp-content/uploads/2015/12/ARTICOL\\_FAZAKAS\\_4.pdf](http://www.icem.ro/wp-content/uploads/2015/12/ARTICOL_FAZAKAS_4.pdf)

- **FAZAKAS Barna**, SECULIN Radu Cristian, MACHEDON PISU Teodor, POP Alin, “*Aspects Regarding the Characterization of the Gouged Surface*” Advanced Materials Research, ISSN: 1662-8985, Vol. 1128, pp 217-223, Trans Tech Publications, Switzerland  
<https://www.scientific.net/AMR.1128.217>
- **Barna FAZAKAS**, Radu Cristian SECULIN, Teodor MACHEDON-PISU, “*Mecanizarea procedurii de crăițuire cu plasma*” in cadrul Conferinței ASR “SUDURA 2016” Pitesti 14-15 aprilie 2016, ISSN 1843-4738
- Radu Cristian SECULIN, **Barna FAZAKAS**, Teodor MACHEDON-PISU, “*Aspecte privind obținerea imbinarilor sudate in plan vertical*” in revista CERCETARI METALURGICE SI DE NOI MATERIALE, Vol. XXII, Nr. 4/2014, pp 15-20, ISSN: 1221-5503  
[http://www.icem.ro/wp-content/uploads/2015/03/ARTICOL\\_SECULIN\\_3.pdf](http://www.icem.ro/wp-content/uploads/2015/03/ARTICOL_SECULIN_3.pdf)
- Radu Cristian SECULIN, **Barna FAZAKAS**, Teodor MACHEDON-PISU; “*Dispozitiv de sudare cu pendulare mecanizat pentru imbinari cap la cap in plan vertical*” in cadrul Conferinței ASR “SUDURA 2016” Pitesti 14-15 aprilie 2016, ISSN 1843-4738
- Radu Cristian SECULIN, **Barna FAZAKAS**, Teodor MACHEDON-PISU, Alin POP “*Aspects Regarding The Achievement of Vertical Welding Joints*” Advanced Materials Research, ISSN: 1662-8985, Vol. 1128, pp 254-260, Trans Tech Publications, Switzerland  
<https://www.scientific.net/AMR.1128.254>
- **FAZAKAS Barna**, MACHEDON-PISU Teodor, „*Determining Microparticle Concentration in the Workplace Atmosphere during Plasma Gouging*” RECENT Industrial Engineering Journal, Vol.18 (2017), No. 2 (52), July 2017, pp 93-98, ISSN:1582-0246  
<http://www.recentonline.ro/052/Fazakas-R52.pdf>

#### 5.4. Directii viitoare de cercetare

- Efectuarea de probe și analize pe aluminiu sau aliaj de aluminiu cu sudabilitate bună.
- Efectuarea de probe și analize pe materiale oțel cu rezistență înaltă, cu granulație fină (S690, S890, S960)
- Optimizarea construcției dispozitivului de avans linear conceput.

## Bibliografie

- 1 Ahmed Amine et al. , *Ductile failure modeling*, Int. J Fact (2016) 201:29-80
- 2 Alessia Concetti: *Integrtd approaches for designing and optimizing thermal plasma processing for metal cutting and material treatment*, teza de doctorat sustinut in anul 2011 la Universitatea di Bologna, Italia
- 8 **B. FAZAKAS**, R.C. SECULIN, T. MACHEDON-PISU, A. VAS, *ASPECTS REGARDING TO PATINATED STEEL GOUGING*, Metallurgy and New Materials Researches, Vol. XXII, No. 4/2014, p 7-13, ISSN: 1221-5503
- 9 **B. FAZAKAS**, M.A. BODEANU, T. MACHEDON-PISU, *Researches regarding plasma gouging, with applications for steel and aluminium*, Metallurgy and New Materials Researches, Vol. XXIII, No. 4/2015, p 41-46, ISSN: 1221-5503
- 10 **B.FAZAKAS**, R.C. SECULIN, T. MACHEDON-PISU, I.C. MON, *Experimental researches and aspects regarding pipe steel gouging*, Metallurgy and New Materials Researches, Vol. XXIII, No. 3/2015, p 25-32, ISSN: 1221-5503
- 18 David Cook, Don Moring: *Gouging: The other plasma process*, PRACTICAL WELDING TODAY® , MAY/ JUNE 2004
- 19 D. Dragu, Gh. Bădescu, *TOLERANȚE SI MĂSURĂTORI TEHNICE*, Editura didactică și pedagogică, București, 1980
- 20 Drd. Ing. **Barna FAZAKAS**, drd.ing. Radu Cristian SECULIN, Prof. dr. ing. Teodor MACHEDON-PISU, *Mecanizarea procedeului de crăițuire cu plasmă*, Conferința ASR “SUDURA 2016”, 14-15 aprilie 2016, Pitesti, ISSN 1843-4738
- 21 **FAZAKAS Barna**, SECULIN Radu Cristian, MACHEDON-PISU Teodor, POP Alin, *Aspects regarding the characterization of the gouged surface*, Advanced Materials Research Vol. 1128, pp 217-223, ISSN: 1662-8985, 2015
- 22 **FAZAKAS Barna**, MACHEDON-PISU Teodor, CIMPOESU Nicanor, *Characterization of the Surfaces Obtained by Gouging*, Materials Science Forum, Vol. 907, pp 220-226, ISSN: 1662-9752  
<https://www.scientific.net/MSF.907.220>
- 23 **FAZAKAS Barna**, MACHEDON-PISU Teodor, *Determining Microparticle Concentration in the Workplace Atmosphere during Plasma Gouging*, RECENT Industrial Engineering Journal, Vol. 18 (2017), No. 2 (52), p 93-98, ISSN: 1582-0246  
<http://www.recentonline.ro/052/Fazakas-R52.pdf>
- 30 IARC MONOGRAPHS ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISC TO HUMANS, Chromium, Nichel and Welding, Vol. 49 Lyon, France, 1990
- 31
- 32 Ioan Iovit Popescu: *Bazele fizicii plasmei*, Editura Tehnica Bucuresti, 1987
- 33 ing. Radu Cristian SECULIN, ing. **Barna FAZAKAS**, Prof. dr. ing. Teodor MACHEDON-PISU, *Dispozitiv de sudare cu pendulare mecanizat pentru imbinari cap la cap in plan vertical*, Conferinta ASR “SUDURA 2016”, 14-15 aprilie 2016, Pitesti, ISSN 1843-4738
- 42 Manual de utilizare Microdust pro, Iulie 2000
- 43 Manual de utilizare echipamentului de sudare manuala BM 303. 2001
- 44 Manual de utilizare echipamentului de taiere cu plasma Powermax 45, rev. 2, Aprilie, 2013
- 50 M. BODEANU, T. MACHEDON-PISU, *Aspects regarding aliminium alloys plasma gouging used in the automotive industry*, Metallurgy and New Materials Researches, Vol. XXIII, No. 2/2015
- 51
- 52 Murphy A.B., Arundel C.J., *Transport coefficients of argon, nitrogen, oxigen, argon-nitrogen, and argon-oxygen plasmas*. Plasma Chem. Plasma Process 14:541

- (1994)
- 53 Nemchinsky V. A. And Severance W.S. 2006 *What we know and what we know not about plasma arc cutting*, Journal Physics D: Appl. Phys. 39 R423-438
- 54 Nemchinsky V.A. and Showalter M.S. 2003 *Cathode erosion in high-current high pressure arc*, J.Phys.D: Appl. Phys. 36 704-712
- 55 Nuclear science and tehnology, *Measurements of secondary emissions from plasma arc and laser cutting in standard experiments*, Luxembourg, 1992
- 59 R.C. SECULIN, **B.FAZAKAS**, T. MACHEDON-PISU, *Aspects regarding the achievement of vertical welding joints*, Metallurgy and New Materials Researches, Vol. XXII, No. 4/2014, p 15-20, ISSN: 1221-5503
- 60 Radu Cristian SECULIN, **Barna FAZAKAS**, Teodor MACHEDON-PISU, Mihai Alin POP, *Aspects regarding the achievement of vertical welding joints*, Advanced Materials Research, 2015, Vol. 1128, p 254-260, Trans Tech Publications
- 61 Ramakrishnan S., Gershenson M., Polivka F., Kearny T.N.: *Plasma generation for the plasma cutting process*. IEEE Trans Plasma Sci 25:937 (1997)
- 62 Ramakrishnan S. Et all.: *Influence of gas composition on plasma arc cutting of mild steel*, Journal of Physics D: Applied Physics, Vol. 33, 2000, pp.2288-2299
- 63 Robert Fernicula: *Plasma gouging versus traditional methods*, SVETSAREN, vol. 61, no. 1/2006
- 66 Rontescu, C., Măzăreanu, G., *Mecanizarea și automatizarea proceselor de sudare*, Ed. Printech, București, 2011.
- 69 Sorin Dan Anghel: *Plasma de înaltă frecvență*, Editura Napoca Star, Cluj-Napoca, 2002
- 70 Scorobetiu Lucian: *Bazele proceselor de sudare*, Editura Universitatea Transilvania din Brasov, 1979
- 71 Sungje Kim et al: *Torch Desing Modification Using Micro-jets to Suppres Fluid Dynamic Instabilities in Plasma Arc Cutting*, Plasma Chemistry and Plasma Processing February 2012, Volume 32, Issue 1, pp. 45-63
- 72 Smith R.W., D. Wei, D. Apelian: *Thermal plasma material processing – aplicacion and opportunities*, Plasma Chemistry and Plasma Processing March 1989, Volume 9, Issue 1., Supplement, pp. 135S-165S
- 73 Shvartsman, L.A. (1973). "Decarburization". [\*The Great Soviet Encyclopedia\*](#) (Print) (3rd ed.). New York: Macmillan.
- 74 Takashi Hamada, Tsuyoshi Kato,... *Development of automatic weld bed finishing system using plasma arc gouging*, Weld World (2014) 58: 555-564
- 79 Vas A., Joni N., Cheveresan T, *Aplicatii industriale ale plamei termice*, Editura Facla 1979
- 80 Vas A., Pestricea D., Vas A. *Consideratii de ordin tehnic si economic la alegerea procedeeilor de tăiere*, congresul de tăiere termică ISIM Timisoara 1999, broșura de comunicari
- 91 IS 6396: 2000 Indian Standard *METHOD OF MEASURING DECARBONIZED DEPTH OF STEEL* (second revision), august 2000, BUREAU OF INDIAN STANDARDS, NEW DELHI.
- 92 SR ISO 4287: 2001
- 93 STAS 4203:74 Metalografie, luare și pregătirea probelor metalografice
- 94 STAS 5500: 74 Defecte. Terminologie
- 95 STAS 7626: 79 Microstructuri, Scari etalon pentru otel.
- 96 SR 5000: 1997 Structuri și constituent metalografice ale produselor feroase

- 97 SR EN ISO 6507 Metode de incercare de duritate Vickers
- 98 SR 10013: 1995 Determinarea marimea medii a grauntelui
- 99 SR ISO 3763: 1994 Otel deformate plastic. Metode macroscopic de determinarea continutul de incluziuni nemetalice
- 100 SR EN 10247: 2007 Determinarea micrografica a continutul de incluziuni nemetalice cu imagini etalon
- 101 <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/thermal-gouging-008/>
- 102 <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/air-carbon-arc-gouging-012/>
- 103 <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/manual-metal-arc-gouging-010/>
- 104 <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/plasma-arc-gouging-011/>
- 105 <http://www.gys.fr/pdf/spdoc/uk/GOUGING.pdf>
- 106 [www.hypertherm.com](http://www.hypertherm.com)
- 107 <http://www.kjellberg.de/Cutting-Echipment/Plasma/Plasma-cutting/Used-gases/Gas-properties.html>
- 108 [http://www.bocgas.com.au/internet.lg.lg.aus/en/images/BOC%20Facts%20about%20Oplasma%20technology351\\_68107.pdf](http://www.bocgas.com.au/internet.lg.lg.aus/en/images/BOC%20Facts%20about%20Oplasma%20technology351_68107.pdf)
- 109 <http://www.airliquide.com>
- 110 <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/health-safety-and-accident-prevention-control-of-welding-fume-032/>
- 111 <http://www.abacomp.ro>
- 112 <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Decarburization>
- 113 <http://laser.ouhsc.edu/PlasmafumeAIHCE2015.pdf>

## Rezumat

Teza de doctorat intitulat “ Obținere și caracterizarea suprafețelor crăițuite cu plasmă” vine ca un răspuns în întâmpinarea cercetătorilor care activează în domeniul construcțiilor sudate, preocupați de noi metode de crăițuire care poate să fie aplicat cu ușurință în industrie și să asigure cerințele Uniunea Europeana privind mediu înconjurător, ( să fie o metodă ecologica).

Pentru realizarea obiectivelor propus s-au aplicat patru tehnologii de crăițuire: cu arc-aer, cu electrod învelit, cu plasmă cu acționare manuală și cu plasmă cu acționare mecanizată, s-a proiectat și realizat un dispozitiv de avans liniar care asigură deplasare uniformă în cazul crăițuirii cu plasmă cu acționare mecanizată.

Teza s-a axat pe problema mecanizării procedurii de crăițuire cu plasmă. În urma obținerii suprafețelor crăițuite cu diferite procedee, rezultatele obținute au fost analizate privind microstructura, microduratea și compoziția chimică a suprafeței.

## Abstract

The PhD thesis entitled “Obtaining and Characterizing the Plasma-Gouged Surfaces” comes as a response for the researchers working in the field of welded structures, who are interested in new gouging methods that can be easily applied in industry and meet the environmental requirements of the European Union (the methods should be environmentally friendly).

In order to achieve the proposed aims, four gouging technologies have been applied, namely: arc-air, coated electrode, manual plasma and mechanized plasma gouging, a linear feed device was designed and manufactured, which provides uniform movement in the case of mechanized plasma gouging.

The present thesis is focused on the mechanization of the plasma gouging procedure. After obtaining the gouged surfaces by using various procedures, the results achieved were analysed in terms of microstructure, microhardness and chemical composition of the surface.

## **Curriculum Vitae**

### **INFORMATII PERSONALE**

**NUME**

FAZAKAS Barna

**ADRESĂ**

### **EDUCAȚIE ȘI FORMARE**

2013-2017 Student - doctorand Ingineria Materialelor

Universitatea Transilvania din Brașov

Facultatea de Știința și Ingineria Materialelor

2009-2011 Student - masterand

Universitatea Transilvania din Brașov

Facultatea de Știința și Ingineria Materialelor

2005-2009 Student – licență

Universitatea Transilvania din Brașov

Facultatea de Știința și Ingineria Materialelor

### **LIMBI STRĂINE CUNOSCUTE**

Engleza (bine/bine/bine)

### **COMPETENȚE TEHNICE**

Pachetul Microsoft Office , Autocad 2017, Autodesk

Inventor 2017, Solid Works 2013, Solid Edge V19,

### **ACTIVITATE ȘTIINȚIFICĂ**

7 articole științifice BDI, ca prim autor

### **EXPERIENȚA**

2016- prezent, Elmas, Inginer proiectare

### **PROFESIONALĂ**

2007-2014, Technyx Euro Services SRL, Inginer proiectant

2006 New Albif Group SRL, Operator Comercial

2003-2004, Tega Sa, Muncitor necalificat in salubrizare

## **Curriculum Vitae**

### **PERSONAL INFORMATIONS**

**NAME** FAZAKAS Barna

**ADRESS**

**NATIONALITY** Română

**DATE AND PLACE OF BIRTH**

**EDUCATION** 2013-2017 Phd.Student in Materials Engineering

Transilvania University of Braşov

Materials Science and Engineering Faculty

2009-2011 Master degree in Welding Engineering

Transilvania University of Braşov

Materials Science and Engineering Faculty

2005-2009 Bachelor degree in Industrial Engineering

Transilvania University of Braşov

Materials Science and Engineering Faculty

**FOREINGN LANGUAGES**

English (Proficient user / Proficient user/ Proficient user)

**TECHNICAL SKILLS**

Microsoft Office , Autocad 2017, Autodesk Inventor 2017, Solid Works 2013, Solid Edge V19,

**SCIENTIFIC ACTIVITY**

7 scientific papers IDB

**PROFESSIONAL**

2016- 2017, Elmas, design engineer

**EXPERIENCE**

2007-2014, Technyx Euro Services SRL, detailing engineer

2006 New Albif Group SRL, commercial operator

2003-2004, Tega Sa, unqualified worker