

# **CONTRIBUȚII PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA PERFORMANȚELOR ECHIPAMENTELOR MECANIZATE DE TĂIERE TERMICĂ**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea "Politehnica" din Timișoara  
în domeniul INGINERIE INDUSTRIALĂ  
de către

**Ing. Puiu Câneparu**

Conducător științific:  
Referenți științifici:

prof.dr.ing. Livius MILOȘ  
prof.dr.ing. Radu IOVĂNAȘ  
prof.dr.ing. Dorin DEHELEAN  
prof.dr.ing. Lucian MĂDĂRAS

Ziua susținerii 17.07.2007

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Automatică          | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie              | 8. Inginerie Industrială                    |
| 3. Energetică          | 9. Inginerie Mecanică                       |
| 4. Ingineria Chimică   | 10. Știința Calculatoarelor                 |
| 5. Inginerie Civilă    | 11. Știința și Ingineria Materialelor       |
| 6. Inginerie Electrică |   |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2006

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## Cuvânt înainte

Teza de doctorat reprezintă sinteza activității profesionale depuse de către autor în domeniul echipamentelor de tăiere termică, concretizată printr-un număr mare de echipamente de sudare și / sau tăiere realizate, prin cele 8 certificate de inovație conferite, prin lucrările de cercetare publicate în reviste de specialitate, prin comunicările științifice susținute la diferite conferințe și simpozioane, naționale sau internaționale.

Prin abordarea unitară a domeniilor interdisciplinare ale concepției, proiectării și realizării de echipamente mecanizate de debitare oxigaz, precum și a evaluării performanțelor industriale ale acestor sisteme, lucrarea permite înțelegerea fenomenelor care definesc tăierea oxigaz, a modului în care se pune problema la implementarea, urmărirea anduranței și a fiabilității unui echipament de tăiere oxigaz.

Autorul aduce mulțumiri angajaților Universității „Politehnica ” din Timișoara, cadrelor didactice din Facultatea de Mecanică, din cadrul Colectivului Utilajul și Tehnologia Sudării, Decanatului Facultății de Mecanică și Rectoratului U.P.T. , care m-au format ca om și inginer.

Cu această ocazie doresc să-mi exprim mulțumirile mele domnului profesor LIVIUS MILOȘ - conducătorul științific al tezei - pentru propunerile, sugestiile și observațiile făcute privind sistematizarea datelor, informațiilor și rezultatelor în elaborarea tezei.

Colaborarea cu dl. prof. Livius Miloș la realizarea acestei teze de doctorat a fost pentru mine o cinste și un imbold, pentru ajutorul primit doresc să-mi exprim încă o dată întreaga mea considerație.

Timișoara, iulie 2007

ing. Puiu CÂNEPARU

Câneparu, Puiu

**Contribuții privind îmbunătățirea performanțelor echipamentelor mecanizate de tăiere termică**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 8, Nr. 3 , Editura Politehnica, 2007, 108 pagini, 118 figuri, 32 tabele.

ISSN: 1842-8967

ISBN: 978-973-625-478-9

**Cuvinte cheie:**

Tăiere oxigaz, parametri de tăiere, grosime de tăiere, sistem CAD/CAM, calitate suprafață, program de conturare, echipament de tăiere oxigaz.

**Rezumat:**

Utilizarea de echipamente de tăiere termică de tip portal, cu comandă numerică, a roboților de tăiere/sudare, utilizarea de sisteme tridimensionale CAD/CAM a determinat crearea de legături directe „on-line” proiectare-concepție-fabricație.

Definirea sistemului CAD/CAM, a caracteristicilor sistemului, interdependența mijloacelor software în rezolvarea problemelor de proiectare constructivă, tehnologică și de fabricație, sunt elemente prezentate în detaliu .

Realizarea unui program de conturare cu o precizie ridicată, reducerea timpului de programare, inserarea în program a unor facilități specifice tehnologiei de tăiere oxigaz, sunt caracteristici care recomandă folosirea programului pe echipamente de debitare oxigaz.

Tendențele actuale ale dezvoltării echipamentelor de tăiere oxigaz sunt orientate spre noi soluții tehnice și conceptuale care să asigure produselor calitate, fiabilitate ridicată, un sistem de conducere și exploatare mecanizată/automatizată și un preț competitiv al echipamentului.

Orientarea beneficiarilor de echipamente de tăiere oxigaz este îndreptată spre echipamente performante, capabile să satisfacă cerințele procesului de producție printr-o mentenabilitate și fiabilitate ridicată la un preț de cost rezonabil pentru micii producători.

Teza de doctorat, prin modul de abordare a problematicii performanțelor echipamentelor de tăiere oxigaz, vine în sprijinul producătorilor de structuri sudate cu o serie de elemente de noutate tehnică și tehnologică de care trebuie să se țină seama la achiziționarea, implementarea și exploatarea în producție a echipamentelor.

Se abordează de o parte probleme de proiectare și realizare a echipamentelor competitive solicitate de IMM-uri, pe de altă parte, prin experimentele și testele efectuate, prin modernizările propuse, teza de doctorat contribuie la îmbunătățirea performanțelor echipamentelor de tăiere oxigaz.



# CUPRINS

	<b>Pag.</b>
<b>1. INTRODUCERE</b> .....	13
<b>1.1. Stadiul actual al tăierii termice</b> .....	15
<b>1.2. Tendințe în domeniul tăierii termice.</b> .....	19
<b>2. ECHIPAMENTE DE TĂIERE TERMICĂ</b> .....	23
<b>2.1. Componența și clasificarea echipamentelor de tăiere termică</b> .....	23
2.1.1. Tractoare pentru tăiere termică oxigaz .....	24
2.1.2. Echipamente de tăiere termică cu urmărire mecanică .....	28
2.1.3. Echipamente de tăiere termică cu urmărire magnetică .....	29
2.1.4. Echipamente de tăiere termică cu urmărire optică .....	30
2.1.5. Echipamente de tăiere termică cu comandă numerică .....	32
2.1.6. Echipamente robotizate pentru tăierea termică .....	34
<b>3. CONDUCEREA MECANIZATĂ A PROCESELOR DE TĂIERE</b> .....	39
<b>3.1. Sistemul tehnologic CAD / CAM</b> .....	39
<b>3.2. Proiectarea asistată de calculator CAD</b> .....	42
<b>3.3. Fabricația asistată de calculator CAM</b> .....	47
<b>3.4. Sisteme CAD / CAM în realizarea conturului de tăiere</b> .....	48
<b>4. CERCETĂRI PRIVIND REALIZAREA UNUI ECHIPAMENT DE TĂIERE OXIGAZ CU COMANDĂ NUMERICĂ</b> .....	57
<b>4.1. Realizarea unui stand experimental și efectuarea de cercetări pentru analiza sistemului CAD/CAM adoptat</b> .....	57
<b>4.2. Realizarea unui echipament mecanizat de tăiere oxigaz cu comandă numerică</b> .....	62
<b>5. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND CALITATEA SUPRAFEȚELOR TĂIATE OXIGAZ CU ECHIPAMENTUL REALIZAT</b> .....	71
<b>5.1. Încercări ale echipamentului de tăiere oxigaz realizat</b> .....	71
5.1.1. Materiale utilizate în cadrul cercetărilor experimentale .....	71
5.1.2. Parametrii regimului de tăiere folosiți la debitare .....	72
5.1.3. Experimentări de tăiere cu echipamentul oxigaz realizat .....	73
5.1.4. Precizia de debitare a echipamentului .....	76

## 6 Cuprins

---

5.1.5.	Influența parametrilor regimului de tăiere asupra calității tăieturii .....	78
5.1.5.1.	Influența vitezei de tăiere asupra calității tăieturii .....	79
5.1.5.2.	Influența distanței duză-piesă de tăiat asupra calității tăieturii.....	83
5.1.5.3.	Influența presiunii oxigenului de tăiere asupra calității tăieturii.....	86
5.1.6.	Calitatea muchiei pieselor realizate la debitarea oxigaz .....	90
5.1.7.	Defectele suprafețelor tăiate oxigaz.....	93
<b>5.2.</b>	<b>Determinarea experimentală a extinderii ZIT-ului la tăierea oxigaz.</b> .....	<b>95</b>
5.2.1.	Analiza structurală a stratului de suprafață.....	96
5.2.2.	Analiza sclerometrică a stratului de suprafață .....	97
<b>6.</b>	<b>CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE</b> .....	<b>99</b>
...	<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	<b>102</b>

## Lista figurilor

- Figura 1.1 Producătorii roboților industriali existenți în România în anul 2004
- Figura 1.2 Structura întreprinderilor active din industrie și construcții pe clase de mărime în anul 2005
- Figura 1.3 Ponderea structurii întreprinderilor active din industrie și construcții, pe forme juridice în anul 2005
- Figura 2.1 Tractor de tăiere LBG-1000
- Figura 2.2 Tractor de tăiere LBG-1002
- Figura 2.3 Fixarea cu magneți permanenți a căii de rulare a unui tractor de tăiere oxigaz
- Figura 2.4 Cale de rulare rectilinie
- Figura 2.5 Cale de rulare curbilinie
- Figura 2.6 Piesa de debitat ca și cale de rulare
- Figura 2.7 Tractor de tăiere cu cale de rulare circulară
- Figura 2.8 Element de susținere tip L pentru aparatul de tăiere
- Figura 2.9 Element de susținere tip paralel pentru aparatul de tăiere
- Figura 2.10 Element de susținere tip Z pentru aparatul de tăiere
- Figura 2.11 Tractor de tăiere oxigaz ROC-104
- Figura 2.12 Echipament de tăiere oxigaz cu urmărire mecanică
- Figura 2.13 Echipament de tăiere oxigaz cu urmărire mecanică
- Figura 2.14 Echipamente de tăiere termică cu urmărire magnetică
- Figura 2.15 Schema de principiu a sistemului de urmărire opto – electronic
- Figura 2.16. Cap optic fără piese inerțiale în mișcarea de rotație
- Figura 2.17 Echipament de tăiere termică cu urmărire optică
- Figura 2.18 Echipament de tăiere termică tip în consolă cu urmărire optică
- Figura 2.19 Exemplu de program de croi.
- Figura 2.20 Sistem CNC tip BURNY 2.5
- Figura 2.21 Echipament CNC de tăiere termică oxigaz tip portal
- Figura 2.22 Echipament CNC de tăiere termică oxigaz tip portal
- Figura 2.23 Structura și dispunerea spațială a axelor unui robot convențional
- Figura 2.24 Variantă constructivă a unui robot industrial
- Figura 2.25 Varianta constructivă a arhitecturii superioare a unui robot
- Figura 2.26 Aparat de tăiere oxigaz pentru sisteme robotizate
- Figura 2.27 Brațul de lucru al unui robot echipat pentru tăierea oxigaz
- Figura 2.28 Debitare înclinată executată cu un robot într-o placă de oțel tip S355JR cu grosimea de 150 mm



## 8 Lista figurilor

---

- Figura 3.1 Schema bloc operațională a elementelor de bază CAD a unui proces tehnologic
- Figura 3.2 Schema bloc operațională a structurii software a sistemului de proiectare CAD a unui proces tehnologic
- Figura 3.3 Elementele necesare într-un sistem CAD-CAM integrat
- Figura 3.4 Fluxul de documente CAD-CAM-CAPP
- Figura 3.5 Piesa tip poanson
- Figura 3.6 Redactarea programului de conturare pentru piesa din figura 3.5
- Figura 3.7 Piesa tip nervura
- Figura 3.8 Program de conturare pentru piesa din figura 3.7.
- Figura 3.9 Piesa tip triunghi
- Figura 3.10 Program de conturare pentru piesa din figura 3.9.
- Figura 3.11 Program pentru trasarea funcției "linie"
- Figura 3.12 Program afișat pe monitor pentru funcția "linie"
- Figura 3.13 Program pentru trasarea funcției "cerc"
- Figura 3.14 Vizualizarea pe monitor a programului pentru funcția "cerc"
- Figura 3.15 Coordonatele de desenare a piesei din figura 3.5
- Figura 3.16 Coordonatele de desenare ale piesei din figura 3.7
- Figura 3.17 Coordonatele de desenare ale piesei din figura 3.9
- Figura 4.1 Schema bloc a standului experimental
- Figura 4.2 Vedere laterală a standului experimental
- Figura 4.3 Vedere din față a standului experimental
- Figura 4.4 Vedere generală a standului experimental
- Figura 4.5 Conturarea unui cerc
- Figura 4.6 Conturarea unui pătrat având colțurile rotunjite
- Figura 4.7 Formă geometrică tip cerc
- Figura 4.8. Formă geometrică tip triunghi echilateral
- Figura 4.9. Formă geometrică tip pătrat
- Figura 4.10 Dimensiunile formei geometrice tip cerc prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe standul experimental
- Figura 4.11 Dimensiunile formei geometrice tip triunghi prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe standul experimental
- Figura 4.12 Dimensiunile formei geometrice tip pătrat prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe standul experimental
- Figura 4.13 Echipament de tăiere oxigaz cu urmărire optică de desene scara 1:1
- Figura 4.14 Echipamentul electric de comandă
- Figura 4.15 Ansamblul moto-reductor pentru deplasarea echipamentului după direcția x
- Figura 4.16 Ansamblul moto-reductor pentru deplasarea echipamentului după direcția y
- Figura 4.17 Capul optic pentru urmărirea desenelor.
- Figura 4.18 Vedere frontală echipament pentru tăiere mecanizată oxigaz.

- Figura 4.19 Vedere laterală echipament pentru tăiere mecanizată oxigaz.
- Figura 4.20 Vedere laterală echipament pentru tăiere mecanizată oxigaz.
- Figura 4.21 Ansamblul de acționare pentru deplasarea echipamentului după direcția x
- Figura 4.22 Ansamblul de acționare pentru deplasarea echipamentului după direcția y
- Figura 4.23 Conturarea unei piese în formă de cerc.
- Figura 4.24 Conturarea unei piese în formă de nervură.
- Figura 4.25 Dimensiunile formei geometrice tip cerc prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe un echipament de tăiere oxigaz
- Figura 4.26 Dimensiunile formei geometrice tip triunghi prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe un echipament de tăiere oxigaz
- Figura 4.27. Dimensiunile formei geometrice tip pătrat prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe un echipament de tăiere oxigaz
- Figura 4.28 Debitarea unei piese cu echipamentul de tăiere oxigaz și sistemul CAD/CAM
- Figura 4.29 Implementare sistemului CAD/CAM pe un echipament de tăiere oxigaz tip portal
- Figura 5.1 Aparat de tăiere tip 198-2TAF
- Figura 5.2 Lagăr
- Figura 5.3 Nervură 1
- Figura 5.4 Nervură 2
- Figura 5.5 Placă de susținere
- Figura 5.6 Placă de ghidare
- Figura 5.7 Placă de centrare
- Figura 5.8 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10 \text{ mm}$ ,  $d = 6 \text{ mm}$ ,  $p_{O_2} = 5 \text{ bar}$ ,  $v_t = 630 \text{ mm/min}$
- Figura 5.9 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10 \text{ mm}$ ,  $d = 6 \text{ mm}$ ,  $p_{O_2} = 5 \text{ bar}$ ,  $v_t = 756 \text{ mm/min}$
- Figura 5.10 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10 \text{ mm}$ ,  $d = 6 \text{ mm}$ ,  $p_{O_2} = 5 \text{ bar}$ ,  $v_t = 504 \text{ mm/min}$
- Figura 5.11 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25 \text{ mm}$ ,  $d = 6 \text{ mm}$ ,  $p_{O_2} = 7 \text{ bar}$ ,  $v_t = 550 \text{ mm/min}$
- Figura 5.12 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25 \text{ mm}$ ,  $d = 6 \text{ mm}$ ,  $p_{O_2} = 7 \text{ bar}$ ,  $v_t = 660 \text{ mm/min}$
- Figura 5.13 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25 \text{ mm}$ ,  $d = 6 \text{ mm}$ ,  $p_{O_2} = 7 \text{ bar}$ ,  $v_t = 440 \text{ mm/min}$
- Figura 5.14 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80 \text{ mm}$ ,  $d = 8 \text{ mm}$ ,  $p_{O_2} = 7 \text{ bar}$ ,  $v_t = 280 \text{ mm/min}$
- Figura 5.15 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80 \text{ mm}$ ,  $d = 8 \text{ mm}$ ,  $p_{O_2} = 7 \text{ bar}$ ,  $v_t = 336 \text{ mm/min}$
- Figura 5.16 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80 \text{ mm}$ ,  $d = 8 \text{ mm}$ ,  $p_{O_2} = 7 \text{ bar}$ ,  $v_t = 224 \text{ mm/min}$

## 10 Lista figurilor

---

- Figura 5.17 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 5\text{bar}$ ,  $v_t = 630\text{mm/min}$
- Figura 5.18 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10\text{mm}$ ,  $d = 3\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 5\text{bar}$ ,  $v_t = 630\text{mm/min}$
- Figura 5.19 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 7\text{bar}$ ,  $v_t = 550\text{mm/min}$
- Figura 5.20 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25\text{mm}$ ,  $d = 3\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 7\text{bar}$ ,  $v_t = 550\text{mm/min}$
- Figura 5.21 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80\text{mm}$ ,  $d = 10\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 7\text{bar}$ ,  $v_t = 280\text{mm/min}$
- Figura 5.22 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 7\text{bar}$ ,  $v_t = 280\text{mm/min}$
- Figura 5.23 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 6\text{bar}$ ,  $v_t = 630\text{mm/min}$
- Figura 5.24 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 4\text{bar}$ ,  $v_t = 630\text{mm/min}$
- Figura 5.25 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 8,4\text{bar}$ ,  $v_t = 550\text{mm/min}$
- Figura 5.26 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 5,6\text{bar}$ ,  $v_t = 550\text{mm/min}$
- Figura 5.27 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 8,4\text{bar}$ ,  $v_t = 280\text{mm/min}$
- Figura 5.28 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 5,6\text{bar}$ ,  $v_t = 280\text{mm/min}$
- Figura 5.29 Dispozitiv pentru măsurarea toleranței la perpendicularitate și a înălțimii neregularităților în zece puncte pe suprafața tăiată oxigaz
- Figura 5.30 Dependența toleranței de perpendicularitate  $u$ , pentru probele analizate
- Figura 5.31 Dependența înălțimii neregularităților în zece puncte  $Ry_5$ , pentru probele analizate
- Figura 5.32 Dependența număr de rizuri și viteza de tăiere în funcție de grosimea de tăiere
- Figura 5.33 Dependența număr de rizuri și viteza de tăiere în funcție de grosimea de tăiere
- Figura 5.34 Dependența adâncimii rizurilor funcție de viteza de tăiere
- Figura 5.35 Variația conținutului maxim în elemente de aliere pentru oțeluri carbon care se pot debita cu/fără preîncălzire.
- Figura 5.36 Micrografia metalului de bază, oțel S235 JR, X 500, Nital 2%
- Figura 5.37 Micrografia metalului de bază, oțel S355 JR, X500, Nital 2%
- Figura 5.38 Micrografia stratului de suprafață, oțel S235 JR, X 500, Nital 2%
- Figura 5.39 Micrografia stratului de suprafață, oțel S355 JR, X500, Nital 2%
- Figura 5.40 Variația microdurității în stratul de suprafață pentru oțel S235 JR
- Figura 5.41 Variația microdurității în stratul de suprafață pentru oțel S355 JR

## Lista tabelelor

- Tabelul 1.1 Producția mondială de oțel brut între ani 2003-2006
- Tabelul 1.2 Numărul de echipamente de tăiere termică în perioada 2000-2006 la nivel mondial
- Tabelul 1.3 Numărul de roboți industriali în perioada 2000-2006 la nivel mondial
- Tabelul 1.4 Producția industrială a României în perioada 2003 – 2006
- Tabelul 1.5 Valoarea construcțiilor metalice și produselor sudate din metal a României în perioada 2003-2006
- Tabelul 1.6 Roboți industriali existenți în România în anul 2004, centralizați pe firme producătoare
- Tabelul 1.7 Tendința de evoluție a activității economice în perioada 2006 – 2010
- Tabelul 1.8 Productivitatea muncii / persoană angajată
- Tabelul 1.9 Procentul de roboți utilizați la debitare și sudare în anul 2004
- Tabelul 1.10 Gradul de deschidere a economiei unor țări din UE
- Tabelul 1.11 Exportul de produse de înaltă tehnologie
- Tabelul 3.1 Evoluția livrării mondiale a sistemelor de operare
- Tabelul 3.2 Tehnici de lucru asistate de calculator
- Tabelul 3.3 Unelte CAD
- Tabelul 3.4 Unelte CAM
- Tabelul 3.5 Coordonatele punctelor pentru piesa din figura 3.5
- Tabelul 3.6 Coordonatele punctelor pentru piesa din figura 3.7
- Tabelul 3.7 Coordonatele punctelor pentru piesa din figura 3.9
- Tabelul 5.1 Compoziția chimică a mărcilor de oțel S235JR și S355JR
- Tabelul 5.2 Caracteristicile mecanice a mărcilor de oțel S235JR și S355JR
- Tabelul 5.3 Parametri tehnologici ai aparatului de tăiere tip 198-2TAF
- Tabelul 5.4 Abateri limită pentru piesa Lagăr
- Tabelul 5.5 Abateri limită pentru piesa Nervură 1
- Tabelul 5.6 Abateri limită pentru piesa Nervură 2
- Tabelul 5.7 Abateri limită pentru piesa Placă de susținere
- Tabelul 5.8 Abateri limită pentru piesa Placă de ghidare
- Tabelul 5.9 Abateri limită pentru piesa Placă de centrare
- Tabelul 5.10 Influența vitezei de tăiere  $v_t$  asupra calității suprafeței tăiate oxigaz
- Tabelul 5.11 Influența distanță duză-piesă,  $d$ , asupra calității suprafeței tăiate oxigaz
- Tabelul 5.12 Influența presiunii oxigenului de tăiere,  $p_{o_2}$ , asupra calității suprafeței tăiate oxigaz
- Tabelul 5.13 Valorile măsurate și calculate pentru  $u$  și  $Ry_5$  pentru probele analizate
- Tabelul 5.14 Parametri tehnologici utilizați la cercetările experimentale

# 1. INTRODUCERE

Analiza datelor statistice [79] privind evoluția economică a României, evidențiază faptul că în perioada 2007-2010 se menține tendința ascendentă de dezvoltare economică în majoritatea ramurilor economiei naționale.

În anul 2005 existau 400.000 de întreprinderi mici și mijlocii, IMM, care aveau peste 4 milioane de angajați. În cadrul acestor IMM-uri, firmele cu până la 9 angajați reprezentau 74 %, iar circa 2 % erau firmele cu peste 250 de angajați.

Întreprinderile mici constituie motorul creșterii economice, de performanța lor depinde competitivitatea întregii economii. Accesul IMM-urilor la dezvoltarea și optimizarea bazei tehnice de producție și pătrunderea acestora pe piața națională și europeană, reprezintă o condiție critică pentru asigurarea funcționării competitive a economiei românești.

Motivația prezentării și susținerii acestei teze de doctorat se înscrie în contextul sprijinirii IMM-urilor de a-și îmbunătăți dotarea tehnologică cu o serie de echipamente de tăiere oxigaz, în domeniul construcției de structuri sudate.

În cadrul prezentei teze de doctorat, soluția și modul de realizare a echipamentului de debitare oxigaz cu comandă numerică propus, realizat, testat și implementat în producție, vine în sprijinul IMM-urilor, de a nu opta pentru achiziționarea de echipamente mari, complexe și scumpe, ci de a se dota cu echipamente simple, precise și ieftine, moderne din punct de vedere tehnic și conceptual, în ceea ce privește modul de stocare, accesare și conducere a procesului de debitare.

Oportunitatea abordării tematicii tezei de doctorat rezultă și din importanța atribuită echipamentelor de tăiere în general, echipamente de tăiere oxigaz, cu plasmă, laser, echipamente care prelucrează circa 88% din producția mondială de oțel, pentru construcția de nave oceanice și maritime, construcții civile și industriale.

Din multitudinea de procedee de tăiere termică și de variante ale acestora, în prezenta teză de doctorat s-a abordat numai domeniul tăierii oxigaz, practic procedeul de tăiere cel mai cunoscut și utilizat pentru tăierea și prelucrarea oțelurilor carbon și slab aliate.

În capitolul 1 al tezei s-a prezentat succint stadiul actual al tăierii termice în general și al tăierii oxigaz în special, la nivel mondial și național, precum și tendințele actuale în domeniul tăierii termice.

Cele mai reprezentative tipuri de echipamente de tăiere, componența acestora, modul de generare și urmărire a conturului de tăiere, au fost tratate în prima parte a capitolului 2.

Situația robotizării procesului de tăiere termică în țară și în lume, a tipurilor de roboți industriali folosiți la tăierea oxigaz, s-a descris în partea a doua a capitolului 2.

Elementele definitorii ale conceptului de sistem tehnologic CAD/CAM, principiul și structura unui sistem CAD/CAM, activitatea de standardizare a transferului de date în construcția de mașini, s-au prezentat în cadrul capitolului 3 al tezei.

Tot în cadrul acestui capitol s-a evaluat situația actuală privind proiectarea asistată de calculator, CAD, fabricația condusă de calculator, CAM, modalitățile de

proiectare și fabricație asistate de calculator, precum și modul de evoluție a conceptului CAD/CAM.

Prezentarea a două sisteme CAD/CAM, unul folosit pentru comanda numerică la mașinile unelte, și celălalt în concepție proprie pentru realizarea conturului de tăiere la echipamentele de tăiere termică, face obiectul părții finale a capitolului 3.

Capitolul 4, se referă la realizarea un stand experimental pentru rularea și verificarea celor două programe, efectuarea de probe de funcționare și debitarea efectivă de piese prin tăierea oxigaz folosind alternativ cele două programe. În cadrul acestui capitol s-au prezentat avantajele folosirii celor două programe analizate, concluzionându-se că pentru tăierea termică programul de conturare realizat de către autorul tezei este bun.

Totodată, capitolul 4, prezintă un echipament de tăiere termică oxigaz, proiectat și realizat de către autorul tezei, cu ajutorul căruia s-au efectuat debitări de piese, folosind programul de conturare conceput de autor.

Cu această ocazie s-au făcut și experimentări privind determinarea anduranței și fiabilității echipamentului în condiții reale de producție într-o firmă cu activitate în domeniul fabricației de structuri sudate.

Analiza preciziei de lucru a echipamentului, importanța alegerii parametrilor optimi ai regimului de tăiere oxigaz, calității suprafețelor debitate și a toleranțelor obținute s-au realizat, de asemenea, în cadrul acestui capitol.

Cercetările experimentale privind calitatea suprafețelor tăiate oxigaz cu echipamentul conceput și realizat, s-au efectuat în cadrul capitolului 5, prin determinarea experimentală a extinderii ZIT-ului, prin analiza metalografică a unor probe tăiate oxigaz cu echipamentul realizat și prin determinarea durtății în ZIT-ul tăieturilor.

Ultimul capitol, capitolul 6, al tezei, conține concluziile și prezentarea contribuțiilor personale ale autorului.

Prezenta teză de doctorat reprezintă sinteza activității profesionale depuse de către autor în domeniul echipamentelor de tăiere termică, concretizată printr-un număr mare de echipamentele de sudare și/sau de tăiere realizate, prin cele 8 certificate de inovație, anexa 1...8, prin lucrările de cercetare publicate în reviste de specialitate, prin comunicările științifice susținute la diferite conferințe și simpozioane naționale și internaționale.

Prin abordarea unitară a domeniilor interdisciplinare ale concepției, proiectării și realizării de echipamente mecanizate de debitare oxigaz, precum și a evaluării performanțelor industriale ale acestor sisteme, lucrarea permite înțelegerea fenomenelor care definesc tăierea oxigaz, a modului în care se pune problema la implementarea, urmărirea anduranței și a fiabilității unui echipament de tăiere oxigaz.

Autorul aduce mulțumiri angajaților Universității „Politehnica ” din Timișoara, cadrelor didactice din Facultatea de Mecanică, din cadrul Colectivului Utilajul și Tehnologia Sudării, Decanatului Facultății de Mecanică și Rectoratului U.P.T. , care m-au format ca om și inginer.

Cu această ocazie doresc să-mi exprim mulțumirile mele domnului profesor LIVIUS MILOȘ - conducătorul științific al tezei - pentru propunerile, sugestiile și observațiile făcute privind sistematizarea datelor, informațiilor și rezultatelor în elaborarea tezei.

Colaborarea cu dl. prof. Livius Miloș la realizarea acestei teze de doctorat a fost pentru mine o cinste și un imbold, pentru ajutorul primit doresc să-mi exprim încă o dată întreaga mea considerație.

Mulțumesc membrilor Comisiei de Doctorat pentru amabilitatea de a analiza prezenta teză de doctorat, pentru observațiile făcute și pentru acceptul acestora de a recomanda susținerea publică a tezei de doctorat.

### 1.1. Stadiul actual al tăierii termice

Tăierea termică reprezintă un procedeu de largă utilitate în România, utilizarea sa se bazează pe existența unei baze materiale de profil, utilaje de tăiere, a unui personal calificat de deservire și, nu în ultimul rând, a cerințelor tot mai mari ale pieței.

În țara noastră nivelul de mecanizare al tăierii a fost destul de redus, dar în ultimul deceniu, prin achiziționarea de către firmele românești a unor echipamente performante de tăiere termică, cu urmărire optică sau cu comandă numerică, a determinat creșterea interesului de ridicare continuă a gradului de mecanizare.

Este necesar să se precizeze că tăierea termică trebuie asociată și corelată în mod inevitabil cu sudarea, tăierea fiind utilizată la debitarea componentelor și la pregătirea rosturilor pentru sudare.

Dezvoltarea celor două procedee trebuie să se facă simultan, neexistând posibilitatea ca un procedeu să ia amploare în defavoarea celuilalt, totul luându-se în considerare prin prisma productivității muncii.

Stadiul tăierii termice în lume poate fi analizat, fie ținând seama de consumul mondial de oțel, fie analizând numărul de utilaje de tăiere, ponderea fiind procedeele oxigaz și cu plasmă, inclusiv roboții de tăiere / sudare.

La începutul anilor 90, industria europeană a oțelului a fost afectată de o criză structurală, determinată de scăderea cererii de oțel pe piața internă și internațională, Comisia Europeană a propus statelor membre afectate, un plan de reducere voluntară a producției de oțel. Practica acordării ajutoarelor de stat în industria oțelului din Uniunea Europeană a cunoscut o largă răspândire în anii 70 și 80. Această acțiune s-a făcut tocmai în scopul atenuării tendinței de deteriorare a pieței, ca urmare a creșterii unităților de producție nerentabile și a forței de muncă în exces.

Restructurarea domeniului a început să fie sesizată abia după mijlocul deceniului 90, când industria siderurgică europeană a cunoscut creșteri accelerate și semnificative, ajungând în 2004 la o productivitate medie în EU de 560 tone / angajat / an [103].

În anul 2004 producția mondială de oțel brut a ajuns la 1.055.600 tone, cu o creștere de aproape 9 % față de anul 2003 conform [103], tabelul 1.1

Tabelul 1.1 Producția mondială de oțel brut între ani 2003-2006[103]

Zona geografică	2003 [mil. tone]	2004 [mil. tone]	2005 [mil. tone]	2006 [mil. tone]
UE (25)	183,9	193,5	186	175
Alte țări din Europa	25,4	28,2	27,5	27,1
CIS	107,5	111,8	124,3	127,5
America de Nord	126,2	133,0	135,1	136
China	221,1	272,5	285,4	322,7
Altele	305,2	316,6	320,1	322,7
<b>TOTAL</b>	<b>696,3</b>	<b>1055,6</b>	<b>1078,4</b>	<b>1085,3</b>

Pentru anul 2007 se estimează o producție de oțel a Uniunii Europene cu 6,2 % mai mare decât în 2006, adică de 185 milioane de tone, Uniunea Europeană devenind astfel al doilea mare producător mondial de oțel după China.

Cel mai mare consum mondial de oțel, aproape 65 %, este în industria constructoare de nave oceanice și maritime, respectiv peste 23 % în industria construcțiilor civile și industriale [103]. Cel mai mare producător mondial de nave este Coreea de Sud, urmată de Japonia, China, în Europa producătorii consacrați sunt Polonia și Croația.

Avântul deosebit de mare în domeniul construcțiilor de nave și a structurilor sudate, a impus și aplicarea unor tehnologii moderne de fabricație și folosirea de echipamente de debitare automatizate, totul gândit într-o concepție nouă, flexibilă și modulară.

Utilizarea de echipamente de tăiere termică portal, cu comandă numerică, utilizarea roboților de tăiere, utilizarea de sisteme tridimensionale CAD / CAM, a determinat crearea de legături directe "on – line" între proiectare - concepție - fabricație.

Noua strategie de utilizare a echipamentelor de tăiere asistată de calculator în procesul de producție a construcțiilor metalice, a fost accelerată de competiția dintre producători, determinată de principalii factori, și anume:

- gamă de producție diversificată sortimental;
- costuri de producție reduse;
- reducerea participării factorului uman în procesul de producție;
- realizarea unei calități superioare și constante a produselor;

Datorită unor exigențe tot mai ridicate pe care competiția economică o impune, producătorii de construcții metalice au fost determinați să se orienteze spre echipamentele mecanizate de tăiere cu conducere CNC, iar în ultima perioadă spre roboții industriali.

Noua orientare a fost determinată de faptul că un echipament de tăiere poate asigura numai debitarea semifabricatelor, urmând ca ulterior, în procesul de producție, sudarea să se realizeze pe alte mașini specializate.

Implementarea în procesul tehnologic de roboți industriali, crează posibilitatea ca pe același robot, în mod alternativ, să se poată efectua debitarea materialelor dar și sudarea semifabricatelor obținute anterior. Acest fapt a generat orientarea tot mai accentuată a producătorilor de construcții metalice spre integrarea în fluxul de producție a roboților de debitare – sudare.

Distribuția de echipamente de tăiere termică în perioada 2000-2006 la nivel mondial este prezentată în tabelul 1.2, conform [101]

Tabelul 1.2 Numărul de echipamente de tăiere termică în perioada 2000-2006 la nivel mondial[101]

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Japonia	27000	24000	23800	24000	21000	22400	20100
SUA	34500	30200	42000	41800	42500	39200	44500
UE	18300	19200	21300	24800	28900	26200	24500
Alte state	15000	17200	13200	14500	16700	18300	21300

Din analiza tabelului 1.2. se poate constata tendința de reducere progresivă a numărului de echipamente de tăiere termică în perioada 2000 - 2006, tendință firească determinată de orientarea producătorilor de construcții metalice și structuri



sudate spre achiziționarea de roboți industriali de tăiere / sudare. Acest fapt a determinat implicit creșterea numărului de roboți industriali la nivel mondial [99], tabelul 1.3

Tabelul 1.3 Numărul de roboți industriali în perioada 2000-2006 la nivel mondial[99]

	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
Japonia	47000	49000	25400	31600	33200	33200	33200
SUA	29000	31000	10000	12700	15900	13500	14900
UE	29800	30800	26100	27100	28800	30100	33000
Alte state	6900	7000	7200	10400	11400	12500	14000

Conform [99] numărul de roboți industriali la nivel mondial, la sfârșitul anului 2000, a fost între un minim de 750.000 unități și un maxim de 975.000 unități. Cifra minimă de mai sus este estimată din presupunerea că durata medie de funcționare a unui robot este de 12 ani, dar conform [99] durata medie de funcționare poate ajunge până la 15 ani, ceea ce conduce la un stoc mondial de 945.000 unități.

Conform [101] numărul de echipamente de tăiere termică, la nivel mondial, la sfârșitul anului 2000 a fost între un minim de 450.000 unități și un maxim de 625.000 unități. Cifra minimă menționată mai sus este estimată din presupunerea că durata medie de funcționare a unui echipament de tăiere termică este de 15 ani, dar conform [101] durata medie de funcționare poate ajunge până la 25 ani, ceea ce conduce la un stoc mondial de 750.000 unități.

Pe plan național pentru a avea o imagine a nivelului actual al aplicării procedurilor de tăiere termică și de sudare trebuie precizat că există în țară 39 de unități comerciale atestate pentru execuția de structuri sudate, conform DIN 18.800 partea 7 și 93 de societăți certificate conform SR EN 729, la data de 15.11.2006.

Creșterea producției industriale, în general, conform [91], tabelul 1.4, tendința ascendentă a sectorului construcțiilor metalice și produse sudate din metal în particular, tabelul 1.5, creează premisele unei perspective favorabile pentru dezvoltarea domeniului structurilor sudate.

Tabelul 1.4 Producția industrială a României în perioada 2003 – 2006 [mld. lei][91]

<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
25825	28237	29818	31964

Tabelul 1.5 Valoarea construcțiilor metalice și produselor sudate din metal a României în perioada 2003-2006[mld. lei][91]

<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
1033	1158	1282	1534

O estimare, la nivel național, a numărului de echipamente de tăiere este dificil de realizat datorită, pe de o parte, faptului că nu se cunoaște numărul echipamentelor produse în țară până în anul 1990 și aflate încă în exploatare, iar pe de altă parte faptului că nu se poate centraliza numărul echipamentelor importate după anul 1990.

Numărul de roboți industriali, în funcțiune, în România conform [48], a fost de 122 unități în anul 2004, importul făcându-se de la 13 firme specializate, tabelul 1.6 și figura 1.1

Tabelul 1.6 Roboți industriali existenți în România în anul 2004, centralizați pe firme producătoare[48]

Producător	Țara	Nr. roboți	Producător	Țara	Nr. roboți
ABB	Suedia	49	IGM	Austria	2
ALTE	Italia	1	KAWASAKI	Italia	25
ASEA	Suedia	1	KUKA	Ucraina/Germania	10
AUTOMATICA	România	3	OTC	Japonia	2
BOSCH	Germania	1	UNIMATION	USA	1
CLOOS	Germania	21	WAGNER	Germania	3
FORTSCHRITT	Germania	3	<b>TOTAL 122</b>		

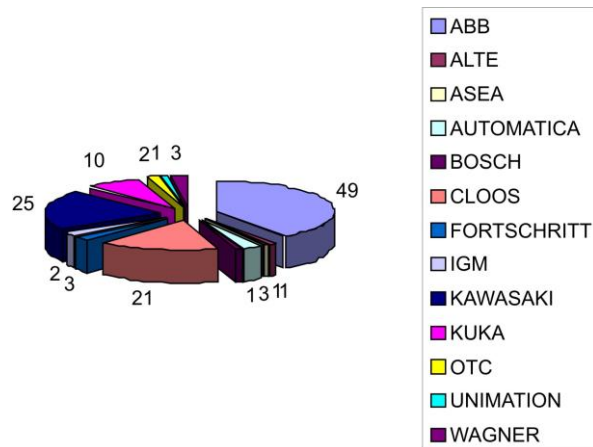


Figura 1.1 Producătorii roboților industriali existenți în România în anul 2004

Deoarece domeniul construcțiilor metalice impune folosirea unui mare volum de energie pentru alimentarea cu materiale a locului de muncă și evacuarea produselor debitate, este necesar să se acționeze pentru găsirea unor soluții tehnice eficiente de mecanizare a operațiilor de manipulare și transport a semifabricatelor.

Utilizarea echipamentelor de tăiere moderne, cu conducere automată a procesului de debitare, a personalului calificat de deservire și a unui sistem just de retribuire, poate determina baza realizării unei producții de calitate superioară și eficiență ridicată.

Perspectiva apropiată în domeniul tăierii termice va presupune o regândire a procesului de fabricație prin modelarea generală tridimensională și implicit concepția tehnică de detaliu, permițând asamblarea virtuală a componentelor, asigurarea unor detalii de îmbinare modularizarea structurilor – totul pentru creșterea productivității muncii.

Succesul dezvoltării și modernizării industriei românești în vederea atingerii nivelului de dezvoltare care să asigure competitivitatea produselor pe piața internă și externă cu cele ale industriei țărilor avansate, depinde în mare măsură de efortul general și concentrat de introducere a echipamentelor cu comandă numerică, a roboților industriali, de implementarea rapidă a sistemelor de fabricație flexibile.

## 1.2. Tendințe în domeniul tăierii termice

Extinderea europeană reprezintă una din cele mai mari provocări cu care se confruntă Uniunea Europeană încă de la înființarea sa.

Participarea României la Piața Unică Europeană, implicarea sa în negocierile comerciale multilaterale din cadrul Organizației Mondiale a Comerțului și alinierea la principiile și standardele Organizației pentru Cooperare și Dezvoltare Economică în domeniul investițional, necesită schimbări ale cadrului de reglementare existent, în vederea dezvoltării unui mediu de afaceri predictibil și stimulat.

Prin aderarea României la Uniunea Europeană, acesta va beneficia de o serie de instrumente de sprijinire a exporturilor din Uniunea Europeană cum ar fi:

- furnizarea gratuită de studii, informații și date;
- sprijin direct acordat exportatorilor;
- eliminarea barierelor tarifare ;
- formularea și susținerea unei politici comerciale comune;
- apărarea intereselor exportatorilor în Uniunea Europeană;

Transformările profunde din ultimii 17 ani, în principal datorită procesului de tranziție de la o economie planificată la o economie de piață, a generat profunde modificări economice.

Deteriorarea volumului și a structurii economice au fost în principal determinate de declinul economic sever al economiei, în general și al industriei în special, generând scăderea nivelului de trai și a gradului de ocupare a forței de muncă, care pentru prima oară în economie s-a confruntat cu apariția șomajului.

Potrivit prognozelor economice mondiale făcute în perioada 2006-2010, [103], se estimează o creștere moderată a producției industriale, tabelul 1.7, determinată de o creștere a volumului producției în industrie cu +8 %, stocul de contracte și comenzi cu +10%, o reducere a numărului de salariați cu - 8 % și o creștere a prețurile cu +11 %.

Orientarea producătorilor europeni spre piața românească, datorată în principal forței de muncă calificată și a nivelului redus de retribuire, va genera creșterea interesului acestora pentru industrie, dar și transferul în țară, de către aceștia, a unor activități și echipamente din Uniunea Europeană.

Tabelul 1.7 Tendința de evoluție a activității economice în perioada 2006 – 2010[103]

Evoluție	Industrie	Construcții
Situația economică	↗	↗
Contracte și comenzi	↗	↗
Număr de salariați	↘	↘
Prețuri	↗	↗

Transferarea unor activități și/sau echipamente de producție va determina implicit apariția unor noi cerințe legate de calitatea și cantitatea produselor fabricate, dar și de respectarea termenelor de execuție și graficelor de livrare.

Acest fenomen va determina utilizarea unor mijloace de producție moderne și flexibile, cu echipamente CNC, roboți, manipolatoare etc., capabile să contribuie la obținerea unei producții ridicate și sigure, pentru serii mici de produse, dar cu complexitate ridicată.

În ceea ce privește păstrarea competitivității, va fi necesar să se tindă spre valorile procentuale europene ale productivității muncii.

Productivitatea muncii pe persoană angajată, raportată la UE-25 cu 100% pentru câteva țări, conform [90], este prezentată în tabelul 1.8.

Tabelul 1.8 Productivitatea muncii / persoană angajată[90]

Țări	2003	2004	2005	2006
Bulgaria	31,9	31,7	32,6	33,6
Cehia	62,0	64,3	68,6	70,4
Polonia	59,6	62,0	62,7	63,8
<b>România</b>	<b>34,0</b>	<b>36,3</b>	<b>36,6</b>	<b>37,9</b>
Ungaria	66,8	68,1	70,1	71,6
Grecia	100,5	98,2	97,5	101,1
Spania	99,9	99,1	97,9	95,3
Portugalia	66,6	65,8	65,2	64,8
Italia	111,7	110,3	108,8	108,3
UE-15/UE-25	100	100	100	100

Considerând un ritm mediu de creștere a productivității muncii în România de 5% / an, se estimează că vom avea aceeași productivitate a muncii / persoană angajată ca și în UE-25, în anul 2020.

Folosirea de echipamente de tăiere cu comandă numerică moderne și performante va genera nemijlocit o altă concepție privind modul de aprovizionare cu materie primă, modul de desfășurare a fluxului tehnologic interoperațional al pieselor și subansamblelor complexe.

Calitatea ridicată a produselor, prețul de cost scăzut și respectarea graficului de livrare vor fi practic principalele elemente care vor determina continuarea relațiilor de producție dintre agenții economici pe piața internă și la export.

Pentru realizarea de construcții metalice complexe firmele aflate în competiție tehnică vor fi obligate să folosească echipamente CNC și roboți industriali de ultimă generație, respectiv implementarea de procedee moderne de debitare oxigaz, cu plasmă, cu laser, etc.

La nivelul anului 1998, cei mai mulți roboți industriali introduși în domeniul producției au fost în Ungaria 67% și Polonia 64%, față de Spania 50,1% și SUA 46%. Acest lucru demonstrează „foamea” de roboți a economiei est-europene, aflată în plin proces de retehnologizare.

O concluzie ce se poate extrage din [103] este aceea că debitarea și sudarea reprezintă aplicația „de bază” a roboților industriali, procentul de roboți „ocupați” cu aceste operații în anul 2004 a fost conform tabelului 1.9.

Se estimează [103] că și în România fenomenul de dotare cu echipamente și roboți de debitare se va produce exploziv datorită în principal oportunităților de producție aflate în țară.

Tabelul 1.9 Procentul de roboți utilizați la debitare și sudare în anul 2004[103]

Țara	%, 1998	%, 2004
Spania	50,1	51,6
Coreea de Sud	47	49
SUA	46	48,1
Polonia	64	42,7
Ungaria	67	38,3

România se va alinia tendinței țărilor cooptate în primul val de aderare la Uniunea Europeană: Polonia, Cehia, Ungaria, de a avea cea mai ridicată rată de creștere a numărului de echipamente CNC și roboți industriali implementați în domeniul producției.

Gradul de deschidere a economiei, raportul export+import/PIB, conform [90], este prezentat în tabelul 1.10.

Tabelul 1.10 Gradul de deschidere a economiei unor țări din UE[%][90]

Țări	2000	2001	2002	2003
Cehia	143	144,2	132,7	134,4
Ungaria	153,6	150,2	131,1	134,6
Polonia	63,1	59,8	63,3	72,6
Slovenia	116,6	116,5	114,2	114,6
Slovacia	146	156,5	152,7	157,6
Bulgaria	116,8	118,7	112,9	116,8
<b>România</b>	<b>70,6</b>	<b>74,5</b>	<b>76,5</b>	<b>80,4</b>

Conform [90] se estimează că în următorii ani ponderea exportului și a importului în PIB va continua să crească, iar economia României va deveni deschisă, similară țărilor de mărime medie și mijlocie din Uniunea Europeană.

În ceea ce privește ponderea comerțului cu Uniunea Europeană în totalul comerțului exterior, România a avut în ultimi 3 ani o pondere de aproape 68% la exporturi și de 58% la importuri. Problema este că în timp ce comerțul Ungariei, de exemplu, se bazează pe autovehicule, bunuri electrocasnice și tehnică de calcul, cel al țării noastre se axează pe produse cu grad redus de prelucrare: confecții, mobilier, construcții metalice, produse metalurgice.

În consens cu cele prezentate, ponderea exportului de produse de înaltă tehnologie în totalul exporturilor, conform [90], este dată în tabelul 1.11.

Este necesar să se treacă de la vechiul concept de competitivitate prin realizarea structurilor metalice debitate și sudate cu prețuri mici și forță de muncă ieftină, deci și beneficii reduse, la un nou concept, de produse prelucrate și asamblate cu înaltă tehnologie care să înglobeze o valoare ridicată a muncii depuse, dar care să genereze beneficii crescute.

Figura 1.2 prezintă structura întreprinderilor active din industrie și construcții, pe clase de mărime în anul 2005, conform [102].

Din figura 1.2 se observă că firmele având până la 9 angajați reprezintă ponderea mare, de 74%, iar firmele cu peste 250 de angajați au un procent foarte mic, de 2% , ceea ce demonstrează caracterul profund divizat al întreprinderilor.

Tabelul 1.11 Exportul de produse de înaltă tehnologie[%] [90]

Țări	2002	2003	2004
Bulgaria	2,6	2,9	2,5
Cehia	12,3	12,4	13,5
Polonia	2,4	2,7	2,7
<b>România</b>	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>	<b>3,1</b>
Ungaria	20,8	21,8	24,6
Grecia	6,7	7,4	7,1
Spania	5,7	5,9	5,7
Portugalia	6,4	7,5	7,5
Italia	8,2	7,1	7,1
UE-15/UE-25	18,8	18,4	18,2

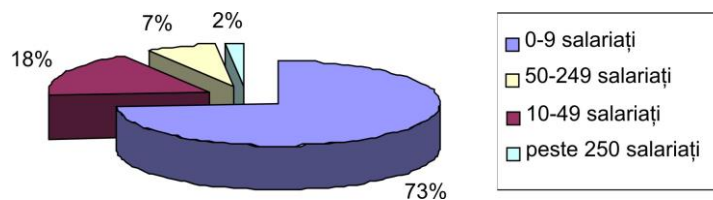


Figura 1.2 Structura întreprinderilor active din industrie și construcții pe clase de mărime în anul 2005[102]

Ponderea structurii întreprinderilor active din industrie și construcții, pe forme juridice, în anul 2005, conform [102], este prezentată în figura 1.3.

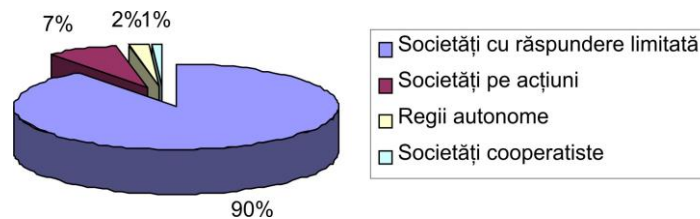


Figura 1.3 Ponderea structurii întreprinderilor active din industrie și construcții, pe forme juridice în anul 2005[102]

Întreprinderile cu până la 50 salariați și cu forma de organizare de tip SRL sau SA, sunt motorul creșterii economice și de performanța lor depinde dezvoltarea și competitivitatea întregii economii. Îmbunătățirea accesului acestora pe piață, accesul la fondurile financiare necesare dezvoltării, dotarea acestora cu utilaje performante, sunt numai câteva din condițiile de bază pentru ca acestea să poată face față presiunilor concurenționale ale pieței comune europene.

Piața muncii, prin factorul uman, va avea un rol hotărâtor în asigurarea creșterii economice și a productivității, va trebui să creeze condiții pentru creșterea calității locurilor de muncă, pentru asigurarea un proces de producție performant, care să furnizeze produse competitive, care să facă față noilor cerințe impuse de piața Uniunii Europene.

## 2. ECHIPAMENTE DE TĂIERE TERMICĂ

### 2.1. Componenta și clasificarea echipamentelor de tăiere termică

Echipamentul de tăiere termică denumit și mașină de tăiere termică este o instalație destinată susținerii și ghidării aparatelor de tăiat în vederea prelucrării mecanizate a materialelor prin procedee de tăiere termică [96].

O clasificare a echipamentelor de tăiere termică, conform STAS 12910-90, este realizată după următoarele criterii:

- după procedeul de tăiere termică utilizat:
  - mașini de tăiere oxigaz;
  - mașini de tăiere cu plasmă;
  - mașini de tăiere oxigaz și plasmă;
  - mașini de tăiere cu laser.
- după forma constructivă:
  - mașini de tăiere termică cu braț articulată;
  - mașini de tăiere termică cu traversă mobilă, care pot fi:
    - cu consolă;
    - cu consolă dublă;
    - cu consolă extinsă;
    - portal;
    - dublu portal;
    - portal cu consolă.
- după forma traiectoriei aparatului de tăiat:
  - mașini de tăiere termică în linie dreaptă;
  - mașini de tăiere termică circulare;
  - mașini de tăiere termică după contur.
- după sistemul de axe de coordonate:
  - mașini de tăiere termică în coordonate carteziane;
  - mașini de tăiere termică în coordonate polare.
- după sistemul de urmărire a suportului de informații:
  - mașini de tăiere termică cu urmărire mecanică;
  - mașini de tăiere termică cu urmărire magnetică;
  - mașini de tăiere termică cu urmărire optică.
  - mașini de tăiere termică cu comandă numerică;
- după scara de urmărire:
  - mașini de tăiere termică la scara 1:1;
  - mașini de tăiere termică la scară redusă.
- după mobilitate:
  - mașini de tăiere termică transportabile;
  - mașini de tăiere termică staționare.

### 2.1.1. Tractoare pentru tăiere termică oxigaz

Tractoarele pentru tăierea oxigaz sunt cele mai simple echipamente mecanizate de tăiere oxigaz. Variantele constructive sunt numeroase, în funcție de domeniul și locul unde urmează a fi utilizat, de dispozitivele auxiliare cu care sunt echipate.

În principiu, tractoarele pentru tăierea oxigaz sunt compuse dintr-un cărucior prevăzut cu roți pentru deplasare antrenate printr-un moto-reductor.

Căruciorul este prevăzut cu un mâner pentru conducerea după conturul de tăiere pe piesa ce urmează a fi debitată. Conducerea echipamentului se poate face manual sau mecanizat după un ghidaj sau o șină de rulare pentru debitări liniare sau curbe.

Pe cărucior mai pot fi montate sistemele de susținere ale aparatului sau aparatelor de tăiere, sistemele de reglare orizontală, verticală sau unghiulară a aparatelor de tăiere, blocul electronic de comandă a vitezei de tăiere.

În figurile 2.1 și 2.2 sunt prezentate două tipuri de tractoare de tăiere produse de o firma specializată, prevăzute cu sistemele prezentate anterior.

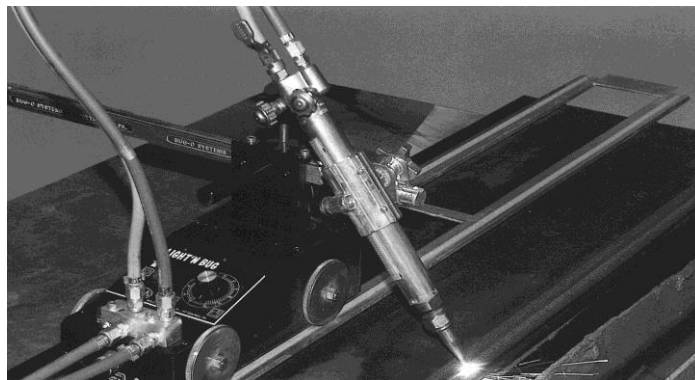


Figura 2.1 Tractor de tăiere LBG-1000 [81]

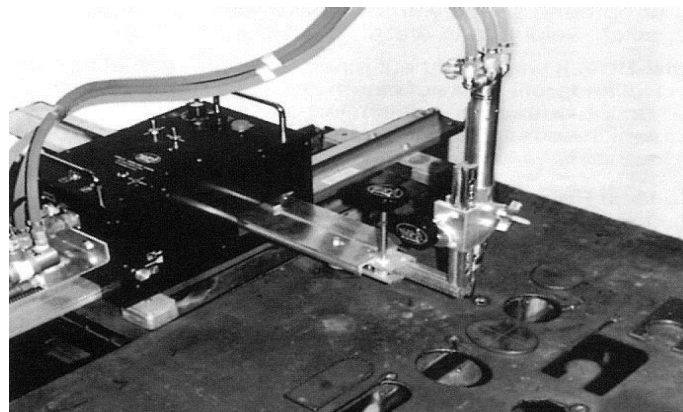


Figura 2.2 Tractor de tăiere LBG-1002 [81]



Pentru a mări gradul de flexibilitate a tractoarelor de tăiere, deseori se adoptă ca variantă constructivă soluția în care calea de rulare poate fi fixată direct pe tabla de debitat prin intermediul unor magneți permanenți, figura 2.3.

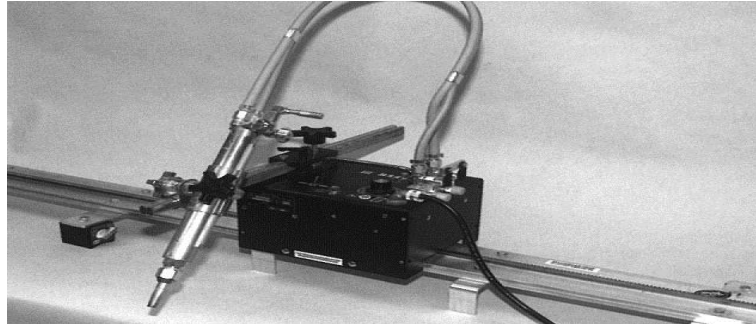


Figura 2.3 Fixarea cu magneți permanenți a căii de rulare a unui tractor de tăiere oxigaz [81]

În practică calea de rulare poate fi rectilinie, figura 2.4, curbilinie când se utilizează un șablon pentru debitare, figura 2.5, sau poate fi chiar piesa care urmează a fi debitată, figura 2.6.

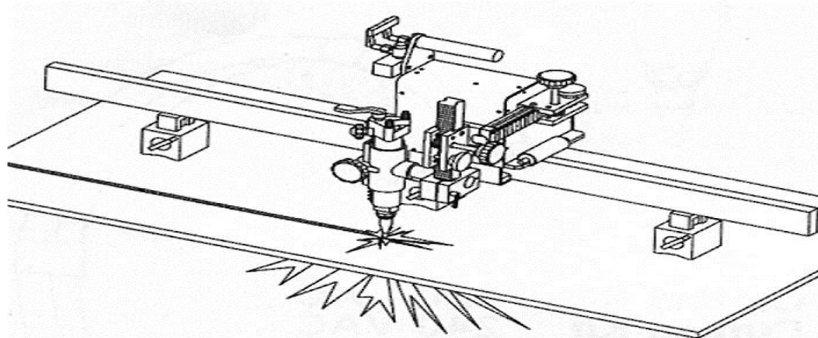


Figura 2.4 Cale de rulare rectilinie [81]

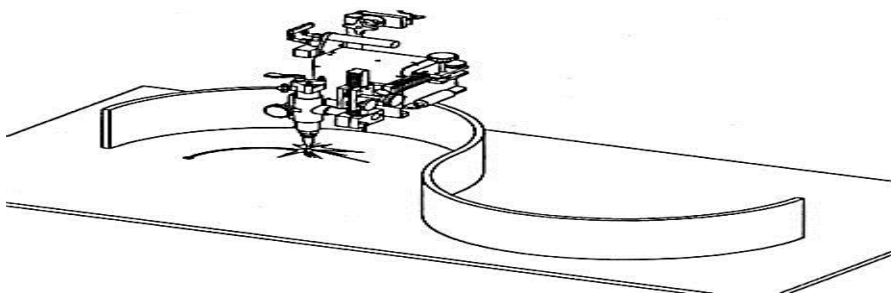


Figura 2.5 Cale de rulare curbilinie [81]

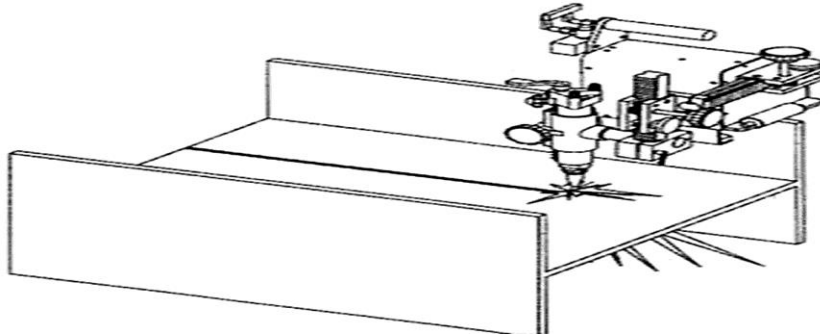


Figura 2.6 Piesa de debitat ca și cale de rulare [81]

O variantă constructivă des utilizată în producție este cazul în care calea de rulare este circulară permițând debitarea de piese sub formă de discuri cu diametre variabile, în interiorul sau exteriorul căii de rulare figura 2.7.

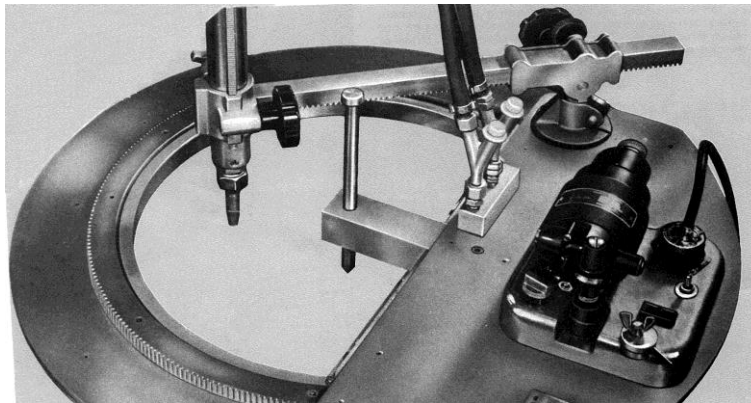


Figura 2.7 Tractor de tăiere cu cale de rulare circulară [81]

Elementele de susținere și poziționare ale aparatului de tăiere pot avea diferite forme constructive, adaptate fiecărei aplicații în parte, figurile 2.8, 2.9 și 2.10.

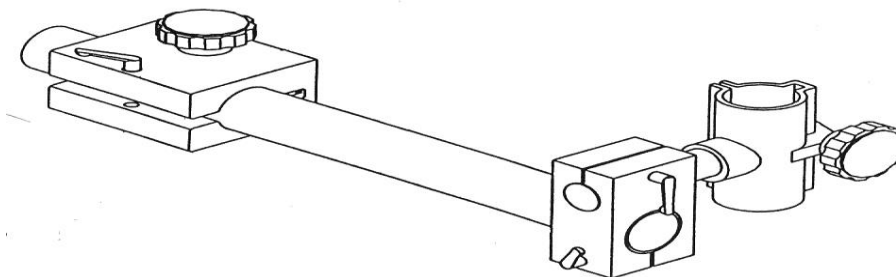


Figura 2.8 Element de susținere tip L pentru aparatul de tăiere [81]

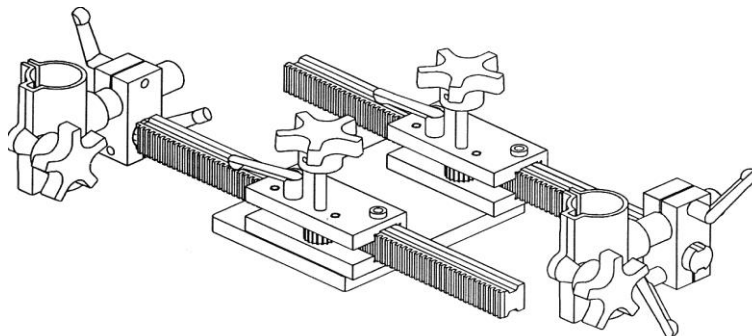


Figura 2.9 Element de susținere tip paralel pentru aparatul de tăiere [81]

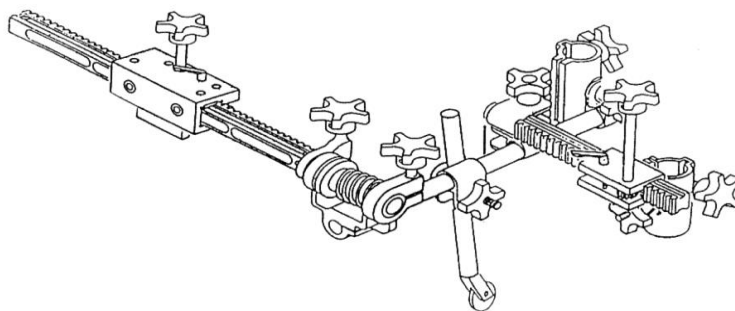


Figura 2.10 Element de susținere tip Z pentru aparatul de tăiere [81]

Tractorul de tăiere oxigaz tip ROC-104, figura 2.11, are următoarele caracteristici tehnice principale: tensiunea de alimentare 220V c.a.; viteza de 75-850 mm/min; masa 13 kg; dimensiuni 200 x 375 x 165 mm.

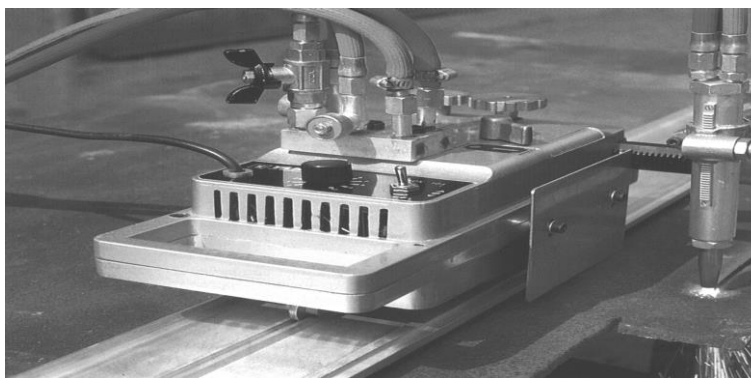


Figura 2.11 Tractor de tăiere oxigaz ROC-104 [95]

Utilizarea pe scară a tractoarelor de tăiere oxigaz este determinată de o serie de avantaje cum ar fi:

- prețul de cost relativ mic;

- simplitatea constructivă;
- posibilitatea de a se executa rosturi în X, V, K sau Y;
- fiabilitate și manevrabilitatea ușoară;
- întreținere ușoară.

### 2.1.2. Echipamente de tăiere termică cu urmărire mecanică

În cazul echipamentelor de tăiere termică cu urmărire mecanică informațiile aferente conturului de tăiere sunt stocate în șabloane realizate din tablă de oțel cu grosimea de 5 – 10 mm, șabloane care reproduc forma și dimensiunile pieselor ce trebuie tăiate. Șablonul este urmărit pe suprafața sa frontală cu viteză constantă de tăiere de o rolă palpatoare, de formă cilindrică, cu suprafața frontală zimțată, pentru a evita alunecările, rolă aflată în mișcare de rotație în jurul axei sale.

În acest caz rola este apăsată pe suprafața frontală a șablonului fie de către operator, fie de către un resort. Coaxial cu rola este atașat aparatul de tăiere.

Datorită diferenței dintre diametrul rolei,  $\phi 8,5 \div \phi 14$  mm și diametrul jetului de oxigen de tăiere  $\phi 2 \div \phi 7$  mm, pentru execuția pieselor de precizie se aplică corecții dimensiunilor șabloanelor.

Această metodă se utilizează la producția de unicate sau de serie mică, având avantajul simplității și al costului redus. Dezavantajele metodei sunt calitatea redusă a suprafeței tăieturii și productivitatea scăzută.

În figura 2.12 se prezintă un echipament de tăiere oxigaz cu urmărire mecanică.

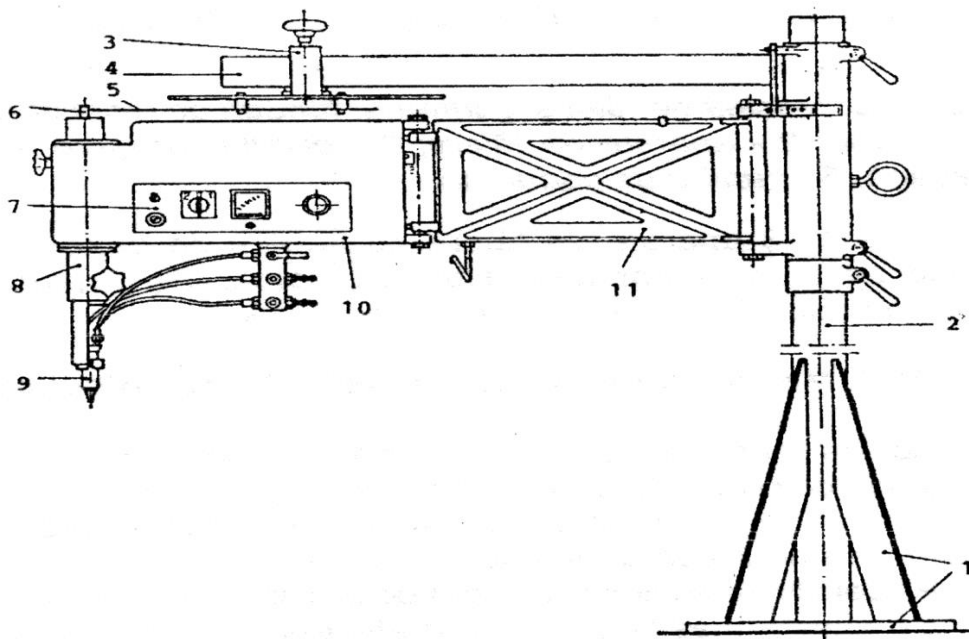


Figura 2.12 Echipament de tăiere oxigaz cu urmărire mecanică [55]

- 1-coloană; 2-postament; 3, 4-brațe articulate; 5-consolă; 6-portaparat de tăiere;  
7-aparat de tăiere; 8-rolă magnetică; 9-șablon; 10-sistem de fixare a șablonului;  
11-tabloul de comandă; 12-masă.

O variantă constructivă a sistemului, realizează conturul de tăiere prin compunerea mecanică a 2-3 deplasări liniare, legate cinematic între ele, figura 2.13.

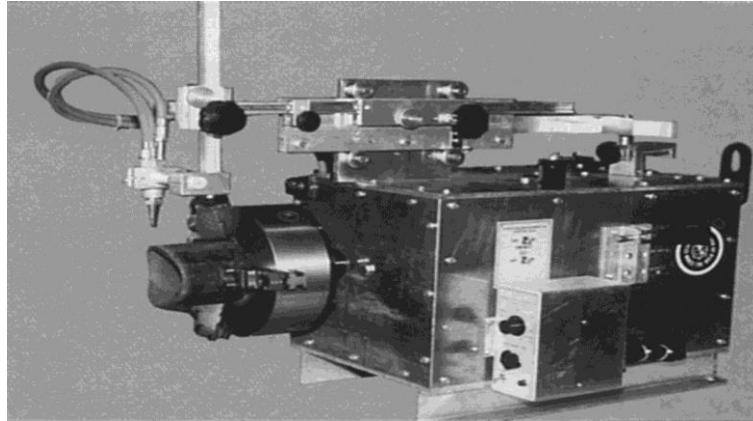


Figura 2.13 Echipament de tăiere oxigaz cu urmărire mecanică

### 2.1.3. Echipamente de tăiere termică cu urmărire magnetică

Echipamentul de tăiere termică cu urmărire magnetică are ca suport de informații un șablon feromagnetic, al cărui contur este urmărit cu o rolă .

Metoda de urmărire magnetică este asemănătoare sistemului de urmărire mecanică cu rolă, având o particularitate, și anume că forța de apăsare șablon – rolă este o forță electromagnetică și în acest caz nu mai este necesară intervenția operatorului pentru realizarea contactului șablon – rolă în timpul procesului de tăiere, figura 2.14.

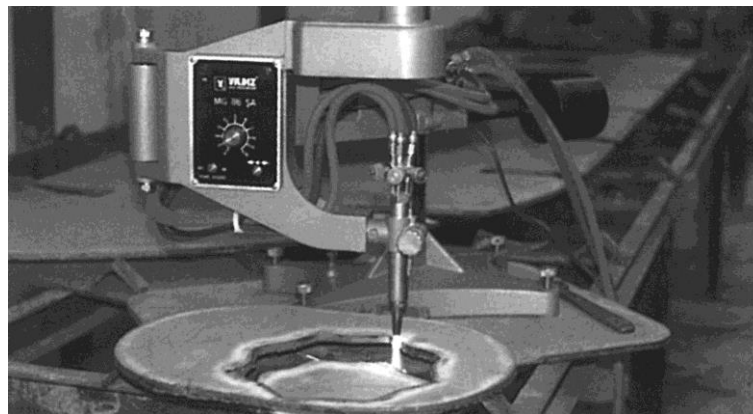


Figura 2.14 Echipamente de tăiere termică cu urmărire magnetică

Metoda se aplică la producția de serie mică, asigurând un nivel redus al cheltuielilor de achiziționare și exploatare a instalației, dar are și marele avantaj de eliminare a intervenției operatorului în procesul de tăiere.



### 2.1.4. Echipamente de tăiere termică cu urmărire optică

Echipamentele de tăiere termică cu urmărire optică sunt în esență echipamente de tăiere termică după contur, având ca suport de informații un desen, al cărui contur este urmărit de un sistem opto – electronic, format dintr-un cap optic de citire, un sistem electronic de prelucrare semnale și motoarele de acționare.

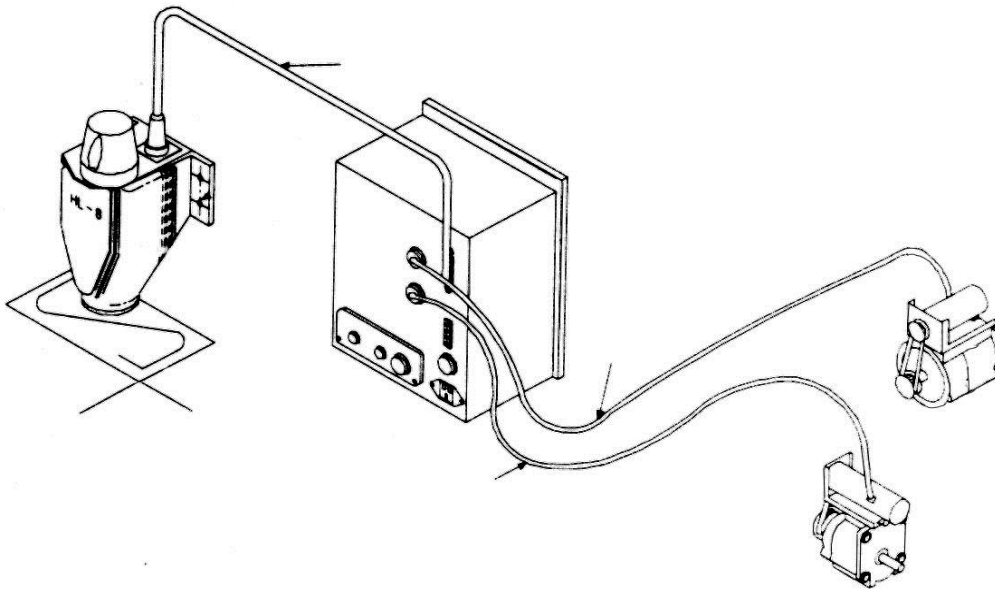


Figura 2.15 Schema de principiu a sistemului de urmărire opto – electronic [82]

Acest sistem a fost adoptat de mulți constructori de mașini de tăiere între anii 1965 – 1985, dar a fost abandonat pe măsura progreselor tehnice realizate la citirea și prelucrarea cu viteză mare de răspuns a acționărilor electrice.

O evoluție tehnică deosebită în domeniu a fost realizarea unui nou tip de cap optic [2], fără piese inerțiale în mișcarea de rotație, figura 2.16.

Acest tip de cap optic prezintă următoarele avantaje:

- viteză mare de urmărire și tăiere, teoretic până la 100 m / min;
- reducerea teșirii colțurilor la schimbarea direcției la 0,4 mm pe bisectoare;
- prin folosirea LED-urilor de iluminare se asigură o durată de viață nelimitată;
- LED-urile emit lumină în infraroșu și în acest caz mașina poate funcționa în întuneric total;
- fiabilitate ridicată;
- simplitate constructivă deoarece nu are în componență: motor electric pentru rotirea capului, rezolver tahogenerator, variator de turație.

Capului optic nerotitor are însă un dezavantaj dat de imposibilitatea compensării automate a fantei tăieturii. Pentru a se realiza această compensare este necesar să se execute desene de tăiere mai mari, respectiv mai mici, cu 1/2 din fanta realizată de duza de tăiere utilizată, corespunzător grosimii materialului supus debitării.

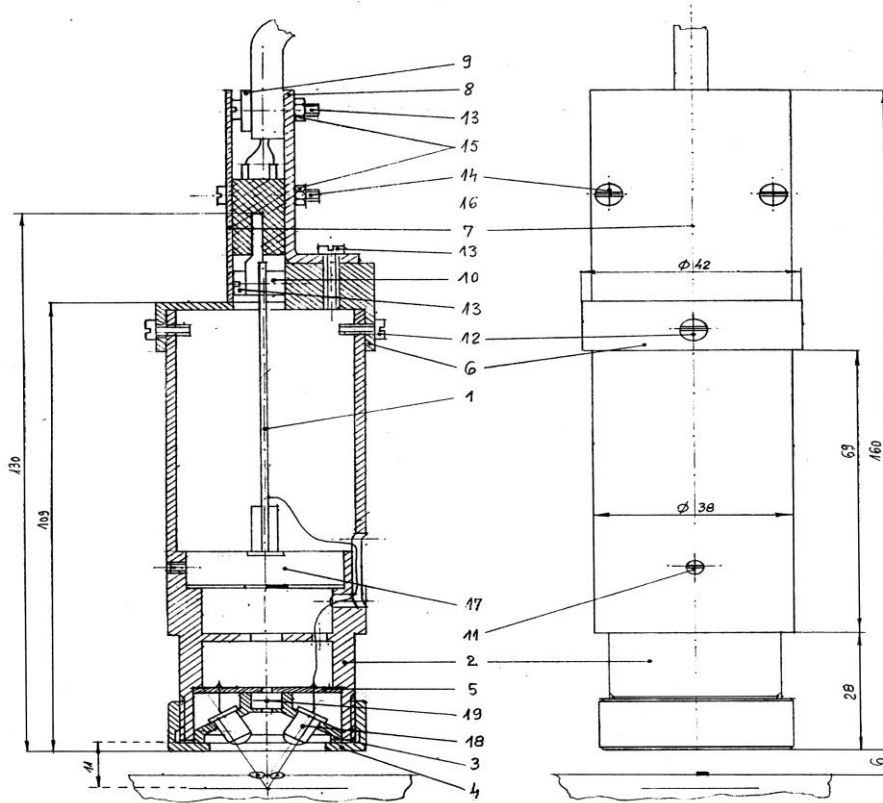


Figura 2.16 Cap optic fără piese inerțiale în mișcarea de rotație

- 1-placă imprimată; 2-corp intermediar; 3-corp obiectiv; 4-piuliță olandeză;  
 5-rondelă imprimată; 6-capac circular; 7-capac priză; 8-colțar priză; 9-piuliță presoare;  
 10-bucșă distanțare; 11-știft filetat; 12-șurub M3x8; 13-șurub M3x12; 14-șurub M3x20;  
 15-piuliță M3; 16-conector; 17-fotocelulă; 18-diodă LED; 19-lentilă

În figura 2.17 se prezintă un echipament de tăiere oxigaz cu urmărire optică având aparatele de tăiere dispuse de-o parte și alta a capului optic de urmărire.

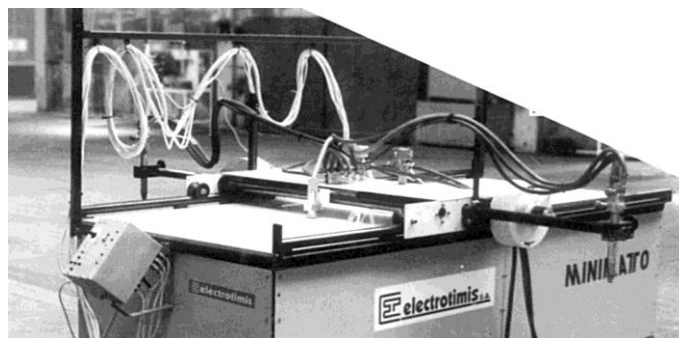


Figura 2.17 Echipament de tăiere termică cu urmărire optică

O altă variantă constructivă de echipament de tăiere termică cu urmărire optică de tip consolă este prezentat în figura 2.18.

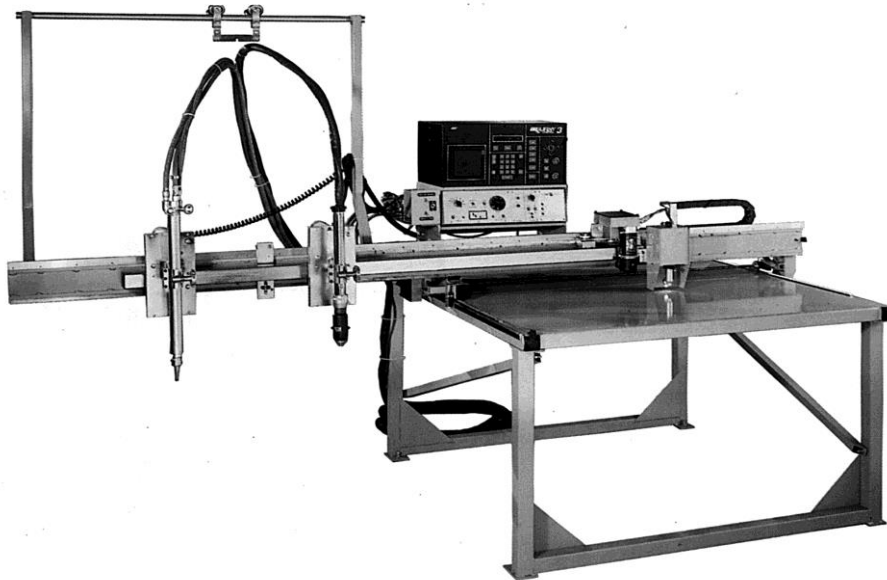


Figura 2.18 Echipament de tăiere termică tip în consolă cu urmărire optică

### 2.1.5. Echipamente de tăiere termică cu comandă numerică

Echipamentul de tăiere termică cu comandă numerică este o instalație de tăiere termică după contur, având ca suport de informații, bandă magnetică, disc magnetic etc., cu valorile coordonatelor conturului de tăiat prescrise prin tastatură numerică sau cu un dispozitiv automat de citire a desenelor.

Orice mașină are 2 motoreductoare de acționare pentru fiecare direcție X sau Y, iar sistemul de antrenare, prin coordonate, este astfel reglat încât la o schimbare a turației unui motor, după o funcție sinusoidală, celălalt motor își schimbă turația după o funcție cosinusoidală:  $v_t^2 \sin^2 \alpha + v_t^2 \cos^2 \alpha = v_t^2$  respectiv, viteza de tăiere prestabilă trebuie să rămână constantă.

Pe lângă aceste informații, unitatea CNC a mașinii mai poate conține și alte funcții auxiliare, denumite nesting, de tipul: locul de începere a tăierii; deplasarea rapidă de la o piesă la alta; sfârșitul tăierii; marcarea pieselor; aranjarea pieselor pentru o debitare economică.

Programul de desenare permite, fie alegerea din banca de date a formelor geometrice clasice și combinarea acestora, fie realizarea prin programare a pieselor necesare. Acest programul este un program grafic, interactiv, de dispunere a componentelor pe formatul de tablă. Scopul programului nesting, figura 2.19, este de folosire eficientă a formatului de tablă, dar și de introducere a unor măsuri tehnologice privind procesul de tăiere: inițierea tăierii, ordinea de tăiere pentru realizarea de deformații termice mici la tăiere etc.



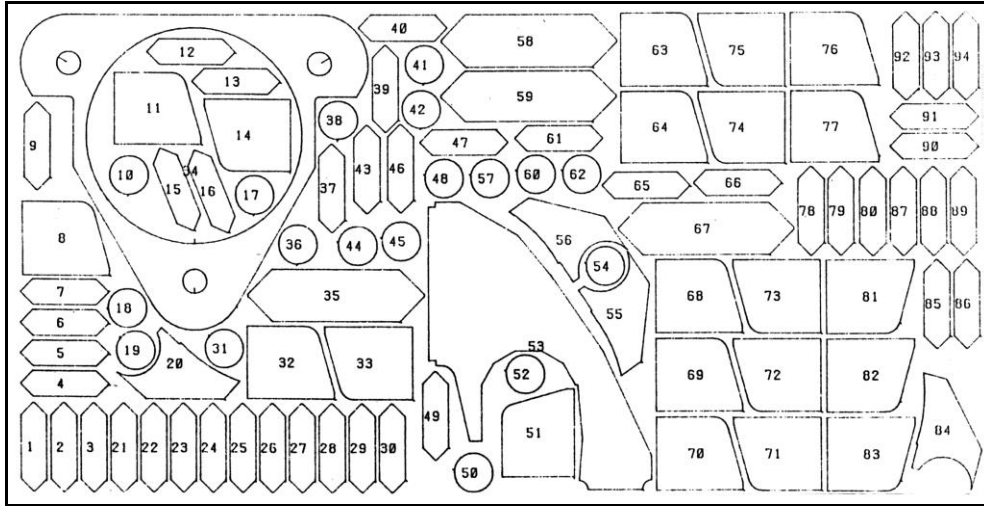


Figura 2.19 Exemplu de program de croi.

În figura 2.20 este prezentat un sistem CNC tip BURNY 2,5 cu memorie de 120 Kbyte, cu o bibliotecă de desene, cu program opțional de aliniere semifabricat, program desenare în oglindă și program de rotire desen.

O nouă generație de sisteme CNC ce compun echipamente de tăiere oxigaz actuale, sunt cele care în suplimentar față de dotarea standard au opțiuni ca: unitate floppy disc, adăugarea celei de-a treia axe necesară ridicării și coborârii aparatelor de tăiere, funcția de decelerare și accelerare a sistemului la schimbarea de direcție sau la colțuri de piese, etc.



Figura 2.20 Sistem CNC tip BURNY 2.5 [82]

Figura 2.21 și figura 2.22 prezintă două tipuri de echipamente moderne tip portal de tăiere termică oxigaz.

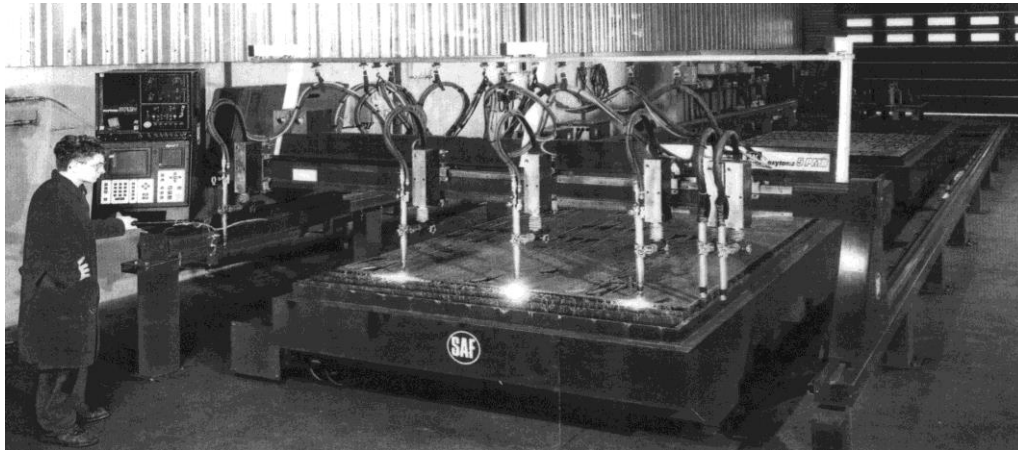


Figura 2.21 Echipament CNC de tăiere termică oxigaz tip portal

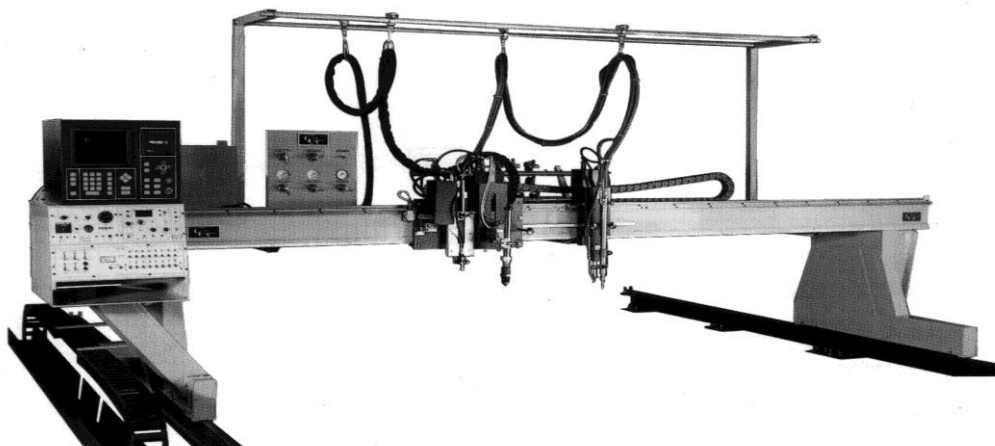


Figura 2.22 Echipament CNC de tăiere termică oxigaz tip portal

### 2.1.6. Echipamente robotizate pentru tăierea termică

Până în deceniul 90 numărul aplicațiilor robotizate ale proceselor de tăiere era mult mai redus decât cel întâlnit la sudare, motivul fiind precizia deosebită cerută roboților industriali la acest procedeu. Din această cauză se impunea realizarea unor programe de debitare perfect adaptate operației de debitare, astfel încât să se obțină piese de calitate superioară la preț scăzut.

În figura 2.23 este prezentată structura mecanică de susținere, structura purtătoare de conducere precum și dispunerea spațială a axelor de mișcare a unui robot convențional.

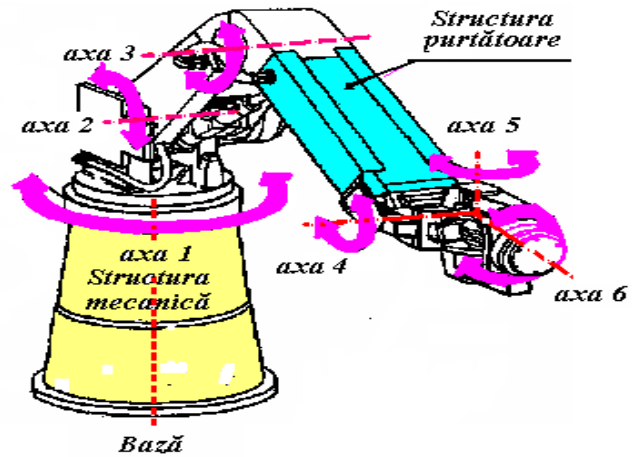


Figura 2.23 Structura și dispunerea spațială a axelor unui robot convențional[100]

O variantă de execuție constructivă industrială clasică a unui robot convențional este exemplificată în figura 2.24.

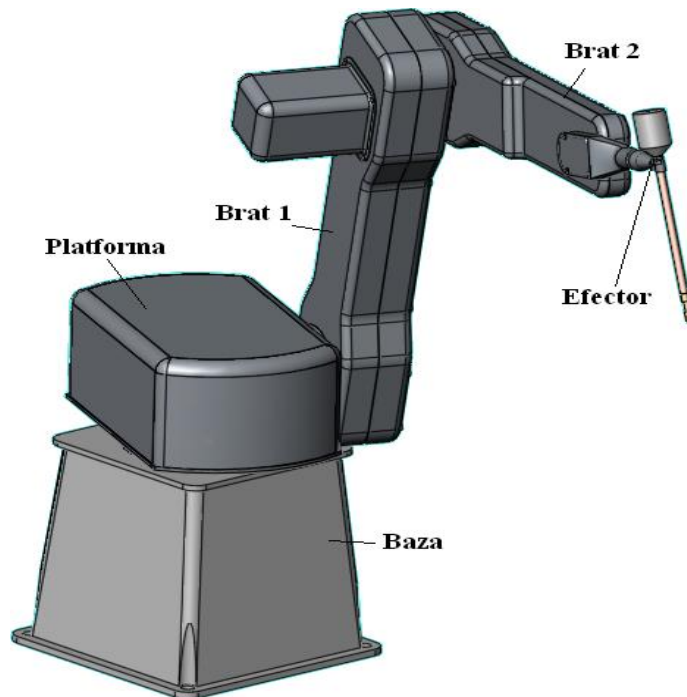


Figura 2.24 Variantă constructivă a unui robot industrial [100]

Configurația constructivă a modului de execuție a arhitecturii părții superioare a unui robot este evidențiată în figura 2.25.



Figura 2.25 Varianta constructivă a arhitecturii superioare a unui robot[100]

Dacă la sudare micile abateri de poziție și deplasare ale roboților industriali sunt „acoperite” de către baia de metal topit, la tăiere orice discontinuitate a poziției și deplasării, orice variație a vitezei și a accelerației brațului robotului industrial, se traduce prin neuniformități ale suprafeței tăiate.

În ultimul deceniu, perfecționarea organelor de mașini care compun roboții industriali, ghidaje liniare, șuruburi cu bile, reductoare armonice, precum și acționările acestora, au făcut posibilă realizarea de roboții industriali cu performanțe dinamice și de precizie foarte bune, iar realizarea de precizii curente de lucru de  $\pm 0,1$  mm, a determinat utilizarea cu succes a roboților industriali la robotizarea proceselor de tăiere, în condiții de precizie și rapiditate comparabile sau chiar superioare posibilităților omului.

Din punct de vedere a capacității portante a robotului, trebuie precizat faptul că acesta trebuie să susțină și să conducă pachetul de cabluri și furtunuri, aparatul de tăiere și suportul acestuia, figura 2.26.

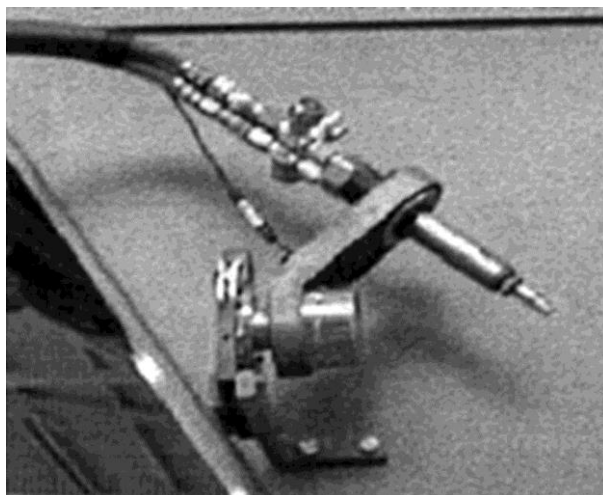


Figura 2.26 Aparat de tăiere oxigaz pentru sisteme robotizate [48]



Soluția constructivă industrială a unui robot echipat pentru tăierea oxigaz, a ansamblului de cabluri și furtunuri, aparat de tăiere și suportul acestuia la brațul de lucru al robotului, este prezentată în figura 2.27.

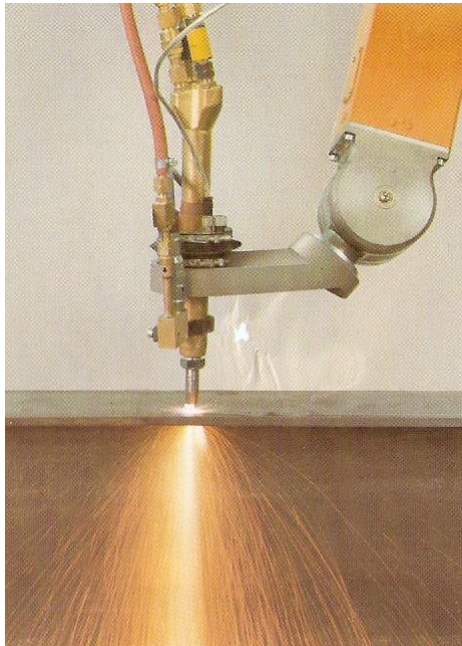


Figura 2.27 Brațul de lucru al unui robot echipat pentru tăierea oxigaz [48]

Cu roboții se pot executa și tăieturi înclinate, figura 2.28, utilizând sistemul de mișcare planetar atașat la brațul robotului.



Figura 2.28 Debitare înclinată executată cu un robot într-o placă de oțel tip S355JR cu grosimea de 150 mm [100]

Sistemul de comandă al roboților industriali asigură deplasarea pe traiectoria de tăiere, dar și pornirea și oprirea operației de tăiere prin comanda din program a electroventilelor, pentru deschiderea sau închiderea oxigenului de încălzire sau tăiere, precum și a gazului combustibil.

În timpul desfășurării procesului de debitare oxigaz utilizând un sistem robotizat, se constată că apar unele influențe nedorite ale unor variabile de proces, ce pot și chiar duc la debitări necorespunzătoare.

Pentru a evita acțiunea unor variabile de proces, este necesar ca pentru aplicații în domeniul tăierii să se impună câteva cerințe robotului, cum ar fi:

- spațiu larg de lucru;
- asigurarea unei poziționării și orientării foarte precise;
- capacitate de accelerare mare;
- capacitate de frânare intensă;
- rigiditate mare.

O condiție deosebit de importantă a robotului industrial pentru debitarea termică oxigaz o reprezintă sistemul de comandă, care trebuie să asigure următoarele caracteristici principale și anume:

- modul fizic de realizare a mișcării;
- realizarea unei traiectorii continue, cu pași de programare infimizezimali;
- precizia de poziționare: să fie aceeași la fiecare început și sfârșit de lucru.

Automatizarea proceselor de producție precum și integrarea roboților industriali în cadrul proceselor de fabricație au dus firesc la creșterea productivității muncii și a calității produselor, roboții industriali au schimbat procesele de producție așa cum calculatoarele au schimbat munca de birou.

Aspectele economice ale robotizării în cazul debitării oxigaz rezultă din faptul că același mijloc de muncă poate asigura în condiții de precizie, repetabilitate și productivitate diferite faze ale procesului de producție ca: debitare, sudare, vopsire, sablare.

În producția industrială, cu atât mai mult în tehnica debitării oxigaz, roboții implementați pot îmbunătăți productivitatea, calitatea și competitivitatea produselor.

Domeniul larg de aplicabilitate al roboților industriali în general și al roboților folosiți la debitarea oxigaz în particular, a dus la realizarea multor variante și soluții constructive, care diferă prin sistemul de coordonate utilizat, numărul gradelor de libertate, tipul acționării, capacitatea memoriei, caracterul mișcării și modul de programare.

Din cele prezentate rezultă multiplele posibilități de utilizare a roboților industriali în toate domeniile tehnice în general și în domeniul debitării oxigaz în special, prin respectarea celor trei condiții ale epocii moderne: productivitatea înaltă, calitatea și prețul.

Acest lucru demonstrează că în prezent și în viitor, introducerea roboților la debitare nu este limitată de factorul economic, tehnic sau tehnologic, ci de factorul psihologic.

### 3. CONDUCEREA MECANIZATĂ A PROCESELOR DE TĂIERE

#### 3.1. Sistemul tehnologic CAD-CAM

Producerea de bunuri materiale determină o continuă modernizare a mijloacelor începând încă din activitatea de proiectare și planificare a producției și terminând cu urmărirea și controlul proceselor.

În țările avansate din punct de vedere economic, în unitățile de producție, se folosesc sisteme asistate de calculator a tuturor activităților ce concură la realizarea unui produs.

Practic, calculatorul oferă o flexibilitate nelimitată în privința achiziției și memorării datelor, de combinare și de analiză a variației mărimilor, de filtrare și selectare a variabilelor, asigurând în acest fel controlul optim și în timp real al proceselor de producție în realizarea produselor.

În România trecerea de la o economie de producție, în jurul anilor 1990, la o economie de piață, după anul 2000, a produs o serie de dificultăți întreprinderilor, obligate să facă față noului impact tehnologic și economic.

Adaptarea întreprinderilor la noul concept, a însemnat adoptarea unui nou sistem informațional aflat în legătură directă cu cerințele societății, pieței și clienților. Creșterea continuă a complexității produselor, a diversificării și calității lor, necesitatea reducerii prețului produselor și nu în ultimul rând creșterea continuă a disponibilității produselor, termenele scurte, fracționarea cererii în timp, etc., au impus abordarea dinamică a unui nou concept.

În paralel cu dezvoltarea sistemelor de calcul s-a dezvoltat și domeniul denumit *aplicații asistate de calculator, conceptul CAD/CAM*, adică activități a căror desfășurare poate fi algoritmică și încredințată spre execuție și supraveghere unui sistem complex de calcul.

Domeniile vizate de aceste activități sunt foarte diverse, de la concepția și producerea bunurilor materiale, la conducerea și supravegherea proceselor.

Conform studiului efectuat în [92], evoluția livrării sistemelor de operare este prezentată în tabelul 3.1. Cifrele reprezintă milioane de unități:

Tabelul 3.1 Evoluția livrării mondiale a sistemelor de operare[92]

Sistem de operare	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Windows NT	20,3	34	61,79	82,9	92,3	119,6	128	131,5	137	143
Windows 95-96-97	0	0,1	29,36	62,4	83,86	110	113	115	117	121
DOS (fără Windows)	16,6	10,1	4,25	2,13	0,2	0,03	0,01	0,01	0	0
Mac OS	5,46	5,52	6,79	7,79	12	8,4	10,93	11,1	12,2	14,3
OS/2	2,28	3,54	3,97	2,57	1,2	0,9	1,2	1,0	0,9	0,8
Unix	2,39	2,47	2,84	2,91	3,1	3,2	2,96	2,8	2,7	2,5
Alte SO	2,22	2,27	2,48	2,30	2,15	2	1,75	1,7	1,6	1,55
Total	49,4	57,9	82,12	100	110,9	134	144,9	148	151	155

Un studiu recent [99] arată că până în anul 2010 numărul cererilor de ingineri pentru deservirea sistemelor de operare va fi de 3 ori mai mare ca cel din anul 2002.

Noul sistem de operare vizează un domeniu de vârf bazat pe utilizarea forței informației în rezolvarea problemelor tehnice.

Mai exact este vorba de informatizarea activităților industriale, în primul rând de concepție și fabricație, înțelegându-se prin aceasta implicarea computerului într-un amplu proces de prelucrare a informațiilor aferente, proces devenit componentă de bază, în care cele două componente, fluxurile de materiale și energie, sunt transformate cu o maximă eficiență.

În literatura de specialitate sunt semnalate multe aplicații ale computerului și ale sistemelor de operare. Aceste aplicații, grupate pe domenii, au căpătat denumiri specifice, exprimate de cele mai multe ori prin abrevieri precum CAD, CAM, CAPP, CAQ, CAE, CIM.

Denumirile, respectiv abrevierile din domeniu, nu sunt standardizate, existând diferențe, unele chiar contradictorii, între diferiți utilizatori și autori. În tabelul 3.2 sunt prezentate câteva tehnici de lucru asistate de calculator [67]

Tabelul 3.2 Tehnici de lucru asistate de calculator[67]

TEHNICI DE LUCRU	CAD	CAM	CAPP	CAQ	CAE	CIM
FAZA						
Cercetare - dezvoltare						
Proiectare constructivă						
Proiectare tehnologică						
Fabricație						
Montaj						
Control calitate						

Sistemele CAD sunt utilizate în etapele de proiectare constructivă a unui produs și sunt în principal informații geometrice.

Aceste sisteme permit realizarea de calcule, modelarea de solide, desenarea, cu ajutorul unor sisteme informatice.

Sistemele CAM au ca obiect planificarea și conducerea operațiilor de fabricație, comanda numerică a mașinilor unelte, a sistemelor de transport și de depozitare a roboților.

Sistemele CAPP, servesc la producerea datelor tehnologice necesare prelucrării materiilor prime și a semifabricatelor, furnizarea de date pentru lansarea fabricației, planuri de operații, fișe tehnologice, programe pentru comenzile numerice ale mașinilor unelte.

Sistemele CAQ, sunt destinate controlului și asigurării calității, începând cu materiile prime până la controlul final al produsului finit. Acestea realizează planificarea și efectuarea testărilor, conform principiilor statisticii și cercetării operaționale.

Sistemele CAE, cuprind partea de calcule necesare proiectării constructive, iar denumirea CIM se referă la o strategie pentru integrarea informațională a unei unități productive.

Reluând cele prezentate, se definește un sistem CAD/CAM ca fiind cea tehnică care utilizează informatica în rezolvarea problemelor de concepție și



fabricație în manieră integrată. Caracteristic pentru un sistem CAD/CAM este utilizarea mijloacelor software pentru rezolvarea problemelor de proiectare constructivă, tehnologică și de fabricație, așa numita tehnologie de grup.

Pentru funcționarea unui sistem CAD/CAM, esențială este transmiterea informațiilor, și anume desene sau planuri, cu ajutorul suporturilor informatice ca: ecrane, monitoare, medii magnetice etc.

Trebuie menționat faptul că procesele de concepție și fabricație realizate cu ajutorul sistemelor CAD/CAM sunt de fapt procese informaționale, sau mai corect *informatizate*.

În acest context, în strânsă legătură cu tehnica CAD/CAM trebuie menționate noile tehnologii de fabricare rapidă a prototipurilor, rapid prototyping, prototipuri care pot fi analizate, putându-se interveni în fazele proiectării constructive și tehnologice, cu scopul ca produsele să fie bune chiar de la început.

Acest fapt conduce la obținerea unor avantaje deosebite privind calitatea și estetica produselor industriale cât și o serie importantă a aspectelor economice.

Structura unui sistem CAD/CAM este dată de :

- componenta umană, "C.U.", utilizatorii fiind inginerii, tehnicienii, desenatorii;
- componenta materială, "C.M", calculatoarele, mijloacele de dialogare, mașini CN etc.;
- componenta software, "C.S.", programul de bază, softul, programe de desenare, programe CN etc.

Acest ansamblu de componente trebuie să ducă la rezolvarea proceselor de producție și fabricație, ținând cont de anumite restricții impuse de client, de condițiile existente în societatea comercială în cauză. Implementarea procesului CAD cuprinde mai multe faze.

Pornind de la datele din proiect se definește modelul geometric, se întocmesc desenele de execuție și documentația scrisă. Unele, metodele și tehnicile folosite în sistemul CAD, conform [67], sunt prezentate în tabelul 3.3.

Tabelul 3.3 Unele CAD[67]

FAZA	UNEALTA
Proiect preliminar	Tehnici de modelare geometrică: ajutoare grafice,
	Manipulări și vizualizări de entități grafice
Modelare și simulare	Efecte speciale
Analiza proiectului	Programe de analiză, programe specializate
Optimizarea proiectului	Aplicații specifice clienților, optimizarea structurală
Definitivarea proiectului	Cotare, toleranțe, nomenclator de materiale
Comunicare și documentare	Desenare de ansamblu, detalieri, imagini foto realiste

Implementarea procesului CAM are la bază modelul geometric din CAD, iar funcțiile de interfațare, extrag datele necesare din baze pentru recunoașterea găurilor, filetelor, canelurilor etc.

După realizarea prin soft CAD a produsului, acesta poate fi verificat de exemplu prin suprapunerea modelului cu fotografia scanată a produsului.

În tabelul 3.4 sunt prezentate uneltele folosite în CAM.[67].

Tabelul 3.4 Unele CAM[67]

FAZA	UNEALTA
Proiectare tehnologică	Tehnici CAPP, analiza costurilor, specificare materiale, scule
Programare piesă	Programare NC, CNC,DNC
Control de calitate	Software pentru controlul calității
Asamblare	Simulare și programare roboți

Pentru implementarea CAM sunt necesare unelte pentru fabricație și calculatoare, hardware, software.

Există două cerințe ale implementării procesului CAM:

- existența legăturii bidirecționale CAD/CAM;
- realizarea unei rețele hardware și software a componentelor CAM pentru automatizarea procesului de fabricație.

Sistemele asistate de calculator au cunoscut în ultimii ani o dinamică explozivă.

Dezvoltarea rapidă a noilor tehnologii a generat mutații profunde și complexe în toate domeniile vieții sociale, economice, tehnologice, impunându-se crearea unui limbaj de referință comun, tehnic și juridic pentru toți utilizatorii, în acest fel standardizarea a devenit un element esențial al strategiei industriale.

Standardizarea reprezintă deci elementul de bază de comunicare între operatorii mondiali, o condiție esențială a progresului tehnologic internațional.

Standardul ISO 10303, denumit și STEP, este pivotul esențial privind normalizarea datelor de definire, reprezentare și schimbul de date, integrarea proceselor de dezvoltare, proiectare, fabricație și mentenanță a produselor.

Prin această normă se urmărește a se evita ca echipamentele să fie concepute și dezvoltate anarhic, stabilindu-se din start standarde cadru, urmând ca ulterior, în mod progresiv, să se încerce obligativitatea respectării punctelor de standardizare.

Evoluția crescândă a sistemelor de automatizare ridică, în principal, problema interconectării lor. Soluția adoptată este standardizarea impusă de norma ISO 10303, astfel încât construcția sistemelor să îndeplinească condițiile de suplețe, modularitate, flexibilitate, iar diversele variante de hardware și software să fie cele agreate de norma mai sus menționată.

### 3.2. Proiectarea asistată de calculator CAD

În concepția tradițională proiectantul era considerat o persoană care concepe, într-un ansamblu, diferite soluții tehnice pentru realizarea unui produs, soluții reunite într-un desen tehnic.

Anii 1970 – 1980, marcați de dezvoltarea informaticii în general și a informaticii grafice în special, au permis transcrierea cunoștințelor tehnice și tehnologice în sisteme de operare specializate apărând astfel diferite software-uri pentru desen tehnic, utilizând componente sau subansamble parametrizate, acestea marcând debutul conceptului CAD.

Conceptul CAD, acronimele de la **C**omputer **A**ided **D**esign – proiectare asistată de calculator –semnifică deci o disciplină care furnizează know-how-ul în hardware și software pentru implementarea și utilizarea sistemelor bazate pe calculator în domeniul proiectării. Altfel spus, sistemul CAD se constituie în ansamblul de mijloace informatice utilizate în birourile de studii și metode

compartimentele de proiectare / cercetare / dezvoltare privind activitatea de proiectare începând cu elaborarea caietului de sarcini până la stabilirea documentației necesară fabricației.

Definiția de mai sus scoate în evidență două caracteristici foarte importante ale sistemelor CAD:

- un sistem CAD reprezintă o tehnică în care omul și calculatorul formează o echipă, care îmbină calitățile omului ca spirit de sinteză, inventivitate, precizie, posibilități de stocare și prelucrare a unui volum foarte mare de informații, prelucrarea grafică ultrarapidă, interfațare ușoară cu alte echipamente ale calculatorului;
- tehnica CAD generează și prelucrează informații în scopul descrierii și modelării obiectivului, modelul fiind definit ca o reprezentare informatică.

Se poate spune că un sistem CAD se referă la o activitate de proiectare dar, în evoluția sistemelor CAD factorul tehnologic a jucat și joacă un rol principal. CAD este tehnica care permite utilizarea sistemelor computerizate în vederea realizării, modificării, analizei și optimizării proiectelor.

Sistemele CAD oferă facilități pentru crearea interactivă de modele ale ansamblelor și subansamblelor caracteristice desenului tehnic precum și calcule specifice fazei de proiectare, calculul reacțiunilor, verificarea arborilor, calculul angrenajelor etc.

Programele CAD se pot împărți în două categorii în funcție de numărul de dimensiuni ale desenului final:

- programe pentru sisteme 2D – bidimensionale – cu aplicații la desene de execuție cu modificări frecvente specifice programelor NC, numeric control, pentru MUCN, mașini unelte cu comandă numerică;
- programe pentru sisteme 3D – tridimensionale – aplicate la modelarea orientată pe muchii de volume (modelul solid);

Orice sistem CAD îndeplinește următoarele funcții de bază:

- elaborarea modelului de produs pe baza concepției productive;
- desenarea asistată de calculator;
- integrarea tuturor datelor referitoare la produs în fluxul informațional;
- programare interactivă de desenare parametrică;
- arhivarea desenelor.

Caracteristica de bază a activității de proiectare CAD constă în faptul că la încheierea acesteia, produsul nu există ca atare, el are o prezență virtuală sub forma unui model.

Necesitatea creșterii productivității muncii în sfera de producție a condus la revizuirea metodelor conceptelor și tehnicilor de proiectare, impunându-se în mod accentuat dezvoltarea acestei activități, în strânsă legătură cu ciclul de viață al unui produs, în cadrul ingineriei simultane sau concurenționale.

Într-o abordare generală, un sistem CAD conține, conform [67], elementele de bază hardware și software de bază, extensie de software de bază compilatoare și elemente de legătură, figura 3.1.

Se poate considera ca sistemul CAD furnizează „know-how”-ul în hardware și software pentru proiectarea și implementarea unui produs în strânsă legătură cu celelalte compartimente de producție care concură la realizarea unui produs.

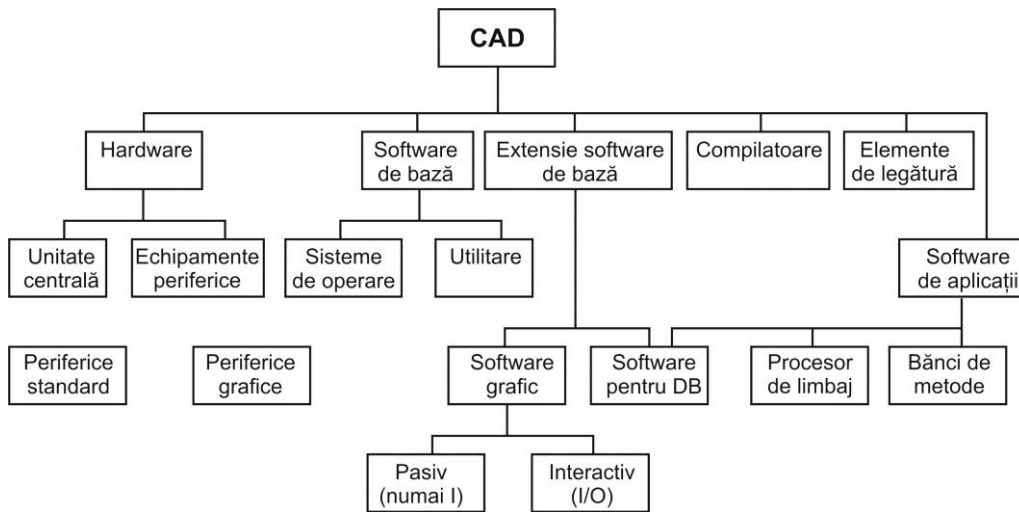


Figura 3.1 Schema bloc operațională a elementelor de bază CAD a unui proces tehnologic[67]

În accepțiunea sa inițială CAD se referă la proiectarea propriu-zisă a noilor modele sau produse pe bază unor software specifice, acoperind următoarele activități fundamentale:

- realizarea schițelor, planurilor proiectelor;
- efectuarea calculelor inginerești;
- efectuarea specificațiilor de materiale, materii prime etc;
- evaluarea costurilor;
- testarea și verificarea pe calculator a variantelor propuse;
- selectarea variantei optime.

Una din dificultățile proiectării CAD este legată de factorul uman, deoarece nu este niciodată simplu să se reunească într-un ansamblu de colaborare, indivizi cu personalități diferite.

Problema de bază care trebuie rezolvată este de a se găsi o abordare comună care să permită fiecărui participant să-și poată exercita meseria într-un concept comun.

Există o foarte largă gamă de produse software pentru proiectarea asistată de calculator, fiecare dintre acestea are ca scop final calitatea și costurile ce se înglobează în produsul final.

Alegerea și apoi implementarea unui software CAD reprezintă o decizie importantă, care trebuie să asigure rezolvarea cerințelor interne ale întreprinderi.

Figura 3.2 prezintă structura software asociată sistemului de proiectare CAD [67].

Din figura 3.2 se poate constata că structura software este alcătuită din 3 segmente:

- procesorul identificării de caz;
- procesorul tehnologic;
- procesorul de editare.

Procesorul de identificare asigură următoarele funcțiuni:

- prelucrarea datelor privind geometria piesei;
- sistematizarea datelor prelucrate;

- pregătirea și interpretarea datelor;
- gestionarea subprogramelor;
- asigurarea dialogului utilizator – computer.

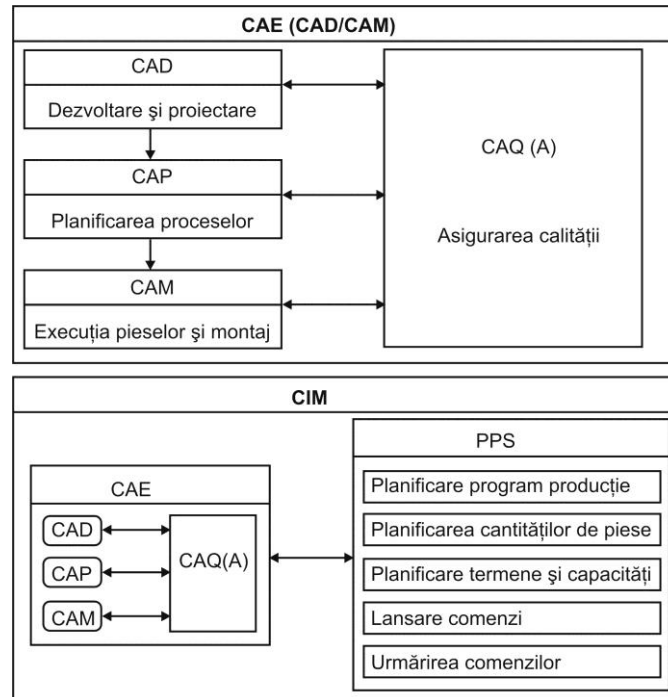


Figura 3.2 Schema bloc operațională a structurii software a sistemului de proiectare CAD a unui proces tehnologic

Procesorul tehnologic asigură:

- implementarea adaosurilor de prelucrare;
- locul de începere a debitării;
- sensul de parcurgere;
- viteza de lucru (de debitare și deplasare).

Funcțiile procesorului de editare sunt:

- selectarea și ordonarea informațiilor ce trebuie afișate;
- gestionarea subprogramelor;
- dialog computer – CN;
- dialog computer – utilizator.

Un sistem CAD-CAM integrat, figura 3.3, are următoarele arhive conform [67]:

- baza de date CAD;
- baza de date CAM;
- baza de date a geometriei pieselor;
- baza de date a cunoștințelor;
- baza de date a resurselor.

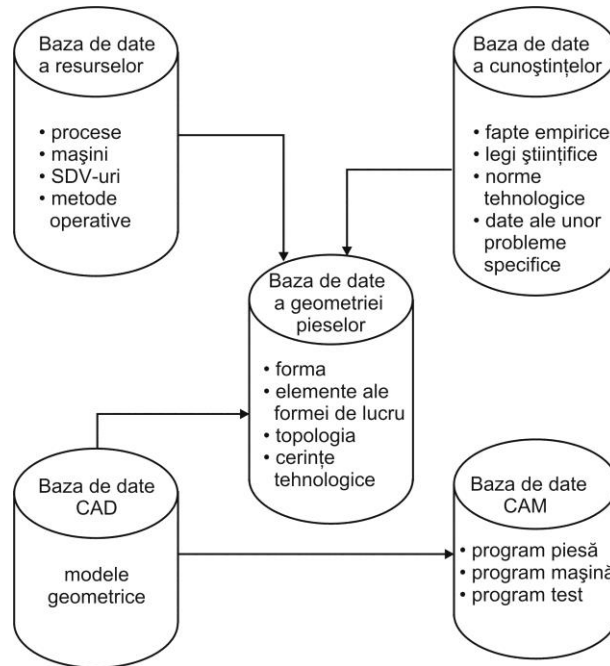


Figura 3.3 Elementele necesare într-un sistem CAD-CAM integrat

Toate arhivele din figura 3.3 trebuie să fie disponibile astfel încât să existe posibilitatea verificării indirecte, a elaborării raționale și a actualizării într-un mod uniform.

În figura 3.4 este redat fluxul de documente ce are loc între sistemele CAD CAM-CAPP, care concură la proiectarea și realizarea unui nou produs.

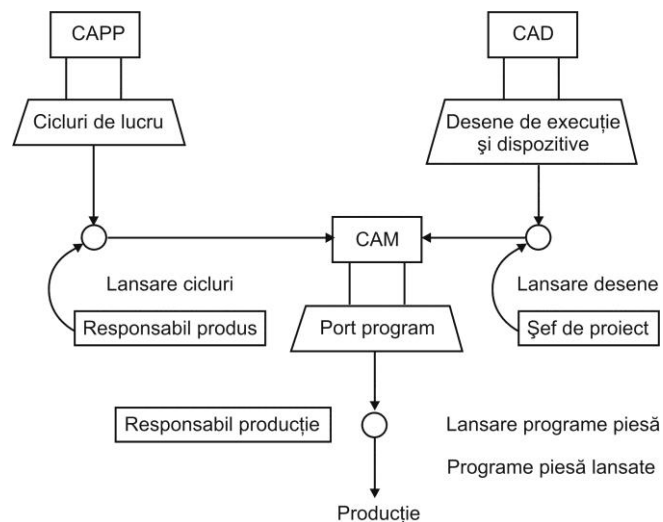


Figura 3.4 Fluxul de documente CAD-CAM-CAPP.

Proiectarea poate fi descrisă ca operațiile de transformare a unei mulțimi de specificații și necesități funcționale într-o descriere completă a produsului sau sistemului fizic care îndeplinește aceste specificații.

Deciziile luate în partea CAD au o mare influență asupra operațiilor din CAM, iar desenele sunt produse utilizându-se formatul DXF.

Alte formate în afară de dxf pot fi recunoscute dacă a fost furnizată o postprocesare corespunzătoare a fișierului neutru alternativ. Deoarece toate formatele fișier neutru au baze asemănătoare, formatul particular în care sunt reprezentate datele unui desen 2D nu implică noi principii. Un fișier dxf în format ASCII, are toate caracteristicile alfanumerice cu majuscule.

Programul software conceput, are modul de lucru specific CAD, definit prin introducerea directă a valorii punctelor care determină forma piesei, specific modului "end point-begin point" – adică sfârșitul unei funcții constituie începutul noii funcții – transformarea informației geometrice într-o informație numerică se face în mod automat, direct prin softul calculatorului de proces folosit, utilizând diversele posibilități ale calculatorului de apelare și introducere a valorilor necesare ca: linii de comandă, butoane, meniuri.

Vizualizarea suprafeței de lucru, s-a extins la aria fizică ca afișare a monitorului, pentru aceasta însăși fereastra liniei de comandă a fost inclusă în status bar. Aplicația lucrează numai cu linii sau curbe, nu cu suprafețe, cum ar fi: linie, arc, cerc, elipsă, triunghi, pătrat, dreptunghi, etc.

Programul conceput este definit ca o platformă de programare, care se poate finisa și/sau optimiza în viitor, dar care oferă un mod eficient de abordare a domeniului proiectării și prelucrării virtuale CAD/CAM.

### 3.3. Fabricația asistată de calculator CAM

Fabricația asistată de calculator CAM sau acronimele de la **C**omputer **A**ided **M**anufacturing realizează conducerea și supravegherea mijloacelor de producție pentru realizarea produselor în procesul de fabricație.

Sistemul CAM asigură comanda directă a mașinilor de prelucrare, a instalațiilor de proces, echipamentelor de manipulare, transport, stocare.

Aplicația majoră a sistemului CAM o reprezintă fabricarea reperelor, cu ajutorul informației extrase direct din desenul de execuție creată cu CAD, iar cu programele de interfațare CAM se convertește în cod mașină informația de prelucrarea pe mașini unelte cu comandă program.

Programele CAM prezintă posibilitatea de modelare și simulare a procesului de fabricație obținându-se astfel economii substanțiale de timp și bani în principal datorită renunțării la realizarea prototipului fizic.

Utilizând programe specifice CAD, se creează desenul de execuție al reperului, de obicei se reprezintă toată geometria reperului într-un nivel de desenare tip layer, iar dimensiunile, condițiile tehnice, informațiile tehnologice pe alte nivele de desenare, geometria reperului existentă în fișierul geometric CAD, se transferă stației CAM.

Dacă CAD și CAM sunt integrate în același sistem de programare, fișierul CAD, în formatul său original, poate fi transferat către aplicația CAM fără nici o transformare.

Formatul dxf permite ca geometria reperului creată cu programul CAD să fie transmisă programului CAM pentru a realiza programele NC și CNC, în scopul întocmirii programului mașină.

În cadrul programului CAM, un translator dxf transformă fișierul dxf într-un fișier al cărui format este compatibil cu sistemul CAM.

În principiu, termenul CAM impune în mod obligatoriu existența și continua interacțiune a cel puțin două elemente: calculatorul, produsul software CAM aferent, respectiv mașina unealtă cu comandă numerică, ambele la fel de importante în condițiile unei concurențe acerbe, unde timpul de lansare pe piață a unui produs joacă un rol decisiv.

Programele avansate precum cele realizate de liderii în domeniu: Parametric Technology Corporation cu PROENGINEER, Matra Data vision cu EUCLID – QUANTUM, Surfware cu SURFCAM, Dessault System cu CATIA etc., prin elemente modulare la frezare, la strunjire, la prelucrare prin electroeroziune cu fir etc., sunt capabile să-și optimizeze traseele de prelucrare, astfel încât timpul de prelucrare să fie minim, pot să-și modifice avansul global de prelucrare astfel încât viteza periferică de așchiere să rămână constantă.

Lupta pentru supremație a marilor companii prin oferirea de produse de calitate, la prețuri mici și termene de lansare reduse nu se putea face fără implicarea conceptului CAD/CAM.

Statisticile arată că primii doi producători care lansează un produs nou acaparează 80% din piață.

Un element deosebit de important care a redus ciclul de obținere a unui produs nou a fost realizarea prototipului digital CAD/CAM.

În anul 1993, Boeing a anunțat că modelul 747 a fost prima încercare mondială de proiectare și asamblare digitală, obținând prototipul digital cu efecte economice și tehnologice deosebite:

- eliminarea prototipului fizic;
- reducerea costurilor de proiectare și execuție;
- creșterea calității produsului;
- reducerea timpului de lansare pe piață.

Industria de autovehicule s-a aliniat imediat conceptului de prototip digital și din 1996 firmele BMW, VW, Volvo, Fiat au trecut la realizarea 100% digitală a produselor.

Din cele prezentate se poate analiza rolul și evoluția în timp a conceptului CAM și implicit CAD, având ca factor declanșator revoluția în domeniul informațional.

Prin softul realizat, cele două componente CAD și CAM se combină, pe aceeași unitate, calculator, se face desenul piesei conform documentației primite, și, pe aceeași unitate se comandă fabricația piesei, în succesiunea tehnologică stabilită. Programul conceput are următoarele avantaje:

- este ușor de învățat și de utilizat;
- asigură o programare ușoară și rapidă;
- are un meniu complex;
- are un raport performanță / preț bun.

### **3.4 Sisteme CAD/CAM în realizarea conturului de tăiere**

Ca parte a cercetărilor, respectiv conceperea unor sisteme CAD/CAM pentru realizarea conturului de tăiere la mașinile de tăiere oxigaz cu ajutorul calculatorului, s-au analizat două modele hard și anume:

- programul PCMU respectiv acronimele de la Program Conturare Mașini Unelte specializat de conturare preluat din [68], ce a fost modificat și testat de autor





50 Conducerea mecanizată a proceselor de tăiere – 3

- s-a poziționat, convenabil, un sistem de axe XOY în raport cu care s-au determinat coordonatele punctelor caracteristice P1, P2 etc.;
- s-a ales, convenabil, punctul de start PO în exteriorul semifabricatului, dreapta POM numindu-se dreapta de intrare, iar P1P2 – primul drum;
- s-a trecut la redactarea programului, conturul parcurgându-se în ordinea crescătoare a punctelor notate pe desen.

În tabelul 3.5 sunt prezentate coordonatele relative ale punctelor definite .

Tabelul 3.5. Coordonatele punctelor pentru piesa din figura 3.5.

Nr.	X	Y	I	J	X	Y	I	J
P1	6	0						
P2	28,094	0			22,094	0		
C1			28,094	10			0	10
P3	36,754	15			0,66	15		
P4	5	70			-31,754	55		
P5	-5	70			-10	0		
P6	-36,754	15			-31,754	-55		
C2			-28,094	10				-5
P7	-28,094	0				-15		
P8	-6	0			22,094	0		
P9	-2,168	14,299			3,832	14,299		
C3			0	22			2,168	
P10	2,168	14,299			4,336	0		

În continuare, figura 3.6, s-a trecut la redactarea programului, conturul parcurgându-se în ordinea crescătoare a punctelor notate pe desen din figura 3.5.

N1	G90 5300 F20 M3 M8
N2	G0 X6 Y-10
N3	G0 D1 Z-20
N4	G1 G42 D2 X6 Y0
N5	X28,094
N6	G3 X35,754 Y15 128,094
N7	G1 X5 Y70
N8	G-5
N9	X-36,754 Y15
N10	G3 X-29,094
N11	G1 X-6
N12	G2 X2,168 Y14,299
N13	G2 X2,168 Y14,299 I0 J22
N14	G1 X6 Y0
N15	G1 G40 X6 Y-10
N16	G0 D1 Z20
N17	M2

Figura 3.6 Redactarea programului de conturare pentru piesa din figura 3.5

Pentru piesa din figura 3.7, se prezintă un alt exemplu de editare a programului de conturare.

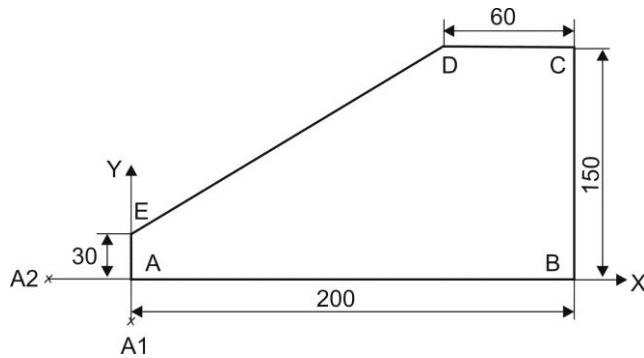


Figura 3.7 Piesa tip nervura

În tabelul 3.6. sunt prezentate coordonatele punctelor pentru piesa din figura 3.7.

Tabelul 3.6. Coordonatele punctelor pentru piesa din figura 3.7.

	X	Y
A	0	0
B	200	0
C	200	150
D	140	150
E	0	30
A1	0	-10
A2	-10	0

Programul de conturare pentru piesa din figura 3.7 este prezentat în figura 3.8.

```

N1 G0 X0 Y-10
N2 G1 G42 X0 Y0
N3 G1 X200 Y0
N4 G1 X200 Y150
N5 G1 X140 Y150
N6 G1 X0 Y30
N7 G1 X0 Y0
N8 G1 G40 X-10 Y0
N9 M2

```

Figura 3.8 Program de conturare pentru piesa din figura 3.7.

Un alt exemplu de programare, este pentru piesa din figura 3.9.

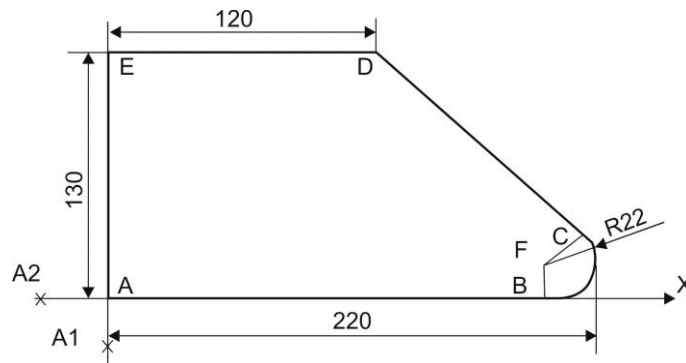


Figura 3.9 Piesa tip triunghi

Coordonatele punctelor pentru piesa din figura 3.9 sunt prezentate în tabelul 3.7.

Tabelul 3.7 Coordonatele punctelor pentru piesa din figura 3.9.

Nr.	X	Y	I	J
A	0	0		
B	198	0		
D	120	130		
E	0	130		
A1	0	-10		
A2	-10	0		
F			198	22

Programul de conturare pentru piesa din figura 3.9 este următorul:

```

N1    G0 X10 Y-10
N2    G1 G42 X0 Y0
N3    G1 X198 Y0
GKP, 120, 130, 198, 22, 22/LKS/Q1, Q2, Q3
PGK, Q1, Q2, Q3/198, 22, 22/HGR/Q4, Q5
N4    G3 X=Q4 Y=Q5
N5    G1 X120 Y130
N6    G1 X0 Y130
N7    G1 X0 Y0
N8    G1 G40 X-10 Y0
N9    M2

```

Figura 3.10 Program de conturare pentru piesa din figura 3.9.

În cadrul programului PCMT specializat de conturare și elaborat de către autorul tezei de doctorat, programarea este mai ușoară și mai operativă deoarece:

- programarea se face în sistemul „end function – begin function” adică sfârșitul unei funcții constituie începutul noii funcții;

- sensul de parcurgere, orar sau trigonometric de parcurgere a desenului pentru programare depinde de sensul ales de tehnolog;
- programul asigură și funcția de „contur echidistant”;
- programul asigură și variația vitezei de conturare, implicit a vitezei de tăiere, înainte și în timpul procesului de conturare;
- asigură funcția de „agățare” a conturului indiferent de direcția din care se începe procesul de conturare.

În figura 3.11 este dat programul pentru trasarea funcției „linie”.

```
Validare
.....
Linie
.....
Mutare
.....
Trasare
.....
Deplasament X
.....
Deplasament Y
```

Figura 3.11 Program pentru trasarea funcției “linie”

Figura 3.12 prezintă programul afișat pe monitor la accesarea funcției “linie”.



Figura 3.12 Program afișat pe monitor pentru funcția “linie”

În figura 3.13 este prezentat programul pentru trasarea funcției “cerc”.

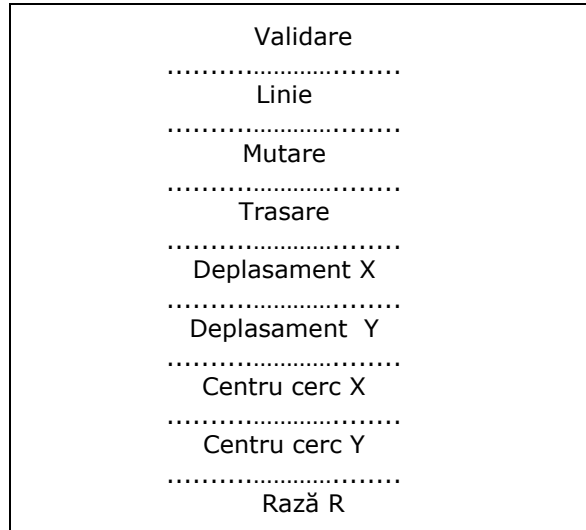


Figura 3.13 Program pentru trasarea funcției "cerc"

Vizualizarea pe monitor a programului pentru funcția "cerc" este prezentată în figura 3.14.



Figura 3.14 Vizualizarea pe monitor a programului pentru funcția "cerc"

Ca aplicație, în figura 3.15, figura 3.16 și figura 3.17 sunt date coordonatele de desenare a punctelor pentru piesele din figura 3.5, 3.7 și 3.9.

```
P1 0 6
P11 22 0
P12 9 15 0 10 10
P2 -33 55
P3 -10 0
P31 -33 -15
P4 22 0
P41 3 14
P42 4 0 3 7 15
P1 3 -14
```

Figura 3.15 Coordonatele de desenare a piesei din figura 3.5

```
A 0 0
B 200 0
C 0 150
D -60 0
E -140 -120
```

Figura 3.16 Coordonatele de desenare ale piesei din figura 3.7

```
A 0 0
B 198 0
C 15 38 0 22 22
D -93 92
E -120 0
A 0 -130
```

Figura. 3.17 Coordonatele de desenare ale piesei din figura 3.9

Primul lucru de care s-a ținut seama la elaborarea acestui program a fost acela ca fișierul de intrare să se alinieze la standardele internaționale de realizare a codurilor pentru comanda numerică, astfel, setul de subprograme elaborate trebuie să decodifice funcțiile caracteristice de efectuare a interpolărilor liniare și circulare, oprirea sculei, deci a aparatului de tăiere, la comanda STOP, identificarea sfârșitului de program etc.

Programarea procesului de conturare s-a conceput în ideea de a folosi următoarele posibilități:

- programare manuală, folosită de personalul cu calificare redusă, aplicabilă numai la contururi simple ca: cerc, elipsă, pătrat etc.;
- programarea asistată de calculator folosind acest program;

- pentru piese foarte complexe, proiectarea se face după un program specializat, ex. AUTOCAD .

Datorită importanței deosebite pe care o au algoritmi de interpolare utilizați, în realizarea preciziei poziționărilor traiectoriilor și a vitezei de răspuns s-au testat următorii algoritmi:

- algoritmi tip AND respectiv acronimele analizator diferențial numeric;
- algoritmi bazați pe calculul unui discriminant, în funcție de semnul căruia se precizează poziția punctului curent al traiectoriei approximate față de curba reală;
- algoritmul diferenței coordonatelor bazat pe emiterea de impulsuri pe cele două axe cu o frecvență comandată după o anumită lege;
- algoritmi cu calculul direct al funcției prin metodele octanților.

Comparându-se în final performanțele obținute s-a optat pentru algoritmul bazat pe principiul analizatorului diferențial numeric, ușor de transpus în limbajele de nivel înalt utilizate actualmente.

Elementele de execuție, cele două motoare pas cu pas sunt identice, astfel încât deplasările pe cele două axe de coordonate corespunzătoare unui impuls, deci a unui pas unghiular al motorului să fie egale  $D_x = D_y = D$ .

Spațiile realizate pe cele două arce notate cu  $x$  și  $y$ , s-au exprima în funcție de elementele definite anterior:

$$\begin{aligned}x &= p.D \\ y &= q.D\end{aligned}\tag{3.3}$$

unde:

$p$  și  $q$  constituie numărul pașilor elementari



## 4. CERCETĂRI PRIVIND REALIZAREA UNUI ECHIPAMENT DE TĂIERE OXIGAZ CU COMANDĂ NUMERICĂ

### 4.1. Realizarea unui stand experimental și efectuarea de cercetări pentru analiza sistemului CAD/CAM adoptat

Pentru rularea și verificarea programului în cazul conturării plane tip 2D, s-a conceput și s-a realizat un stand experimental.

Schema bloc a standului experimental este prezentată în figura 4.1.

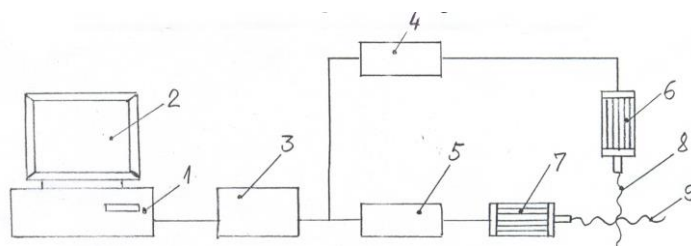


Figura 4.1 Schema bloc a standului experimental

1. calculator;
2. monitor;
3. sursă de alimentare drivere (220Vca/100 cc);
4. driver axa x;
5. driver axa y;
6. motor pas cu pas axa x;
7. motor pas cu pas axa y;
8. șurub mișcare axa x;
9. șurub mișcare axa y.

Standul experimental utilizat în efectuarea cercetărilor experimentale este prezentat în figurile 4.2, 4.3 și 4.4.

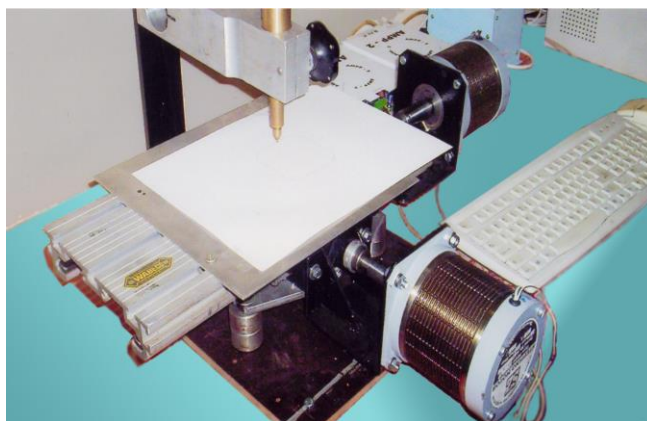


Figura 4.2 Vedere laterală a standului experimental



Figura 4.3 Vedere din față a standului experimental



Figura 4.4 Vedere generală a standului experimental

Pentru desenarea și vizualizarea remanentă pe hârtie a mișcării efectuate, deasupra saniei XY s-a executat și montat un dispozitiv de marcare, pix cu pastă.

În acest fel se poate vizualiza pe hârtie, conturul obținut prin programare, în aria de deplasare a celor două sănii.

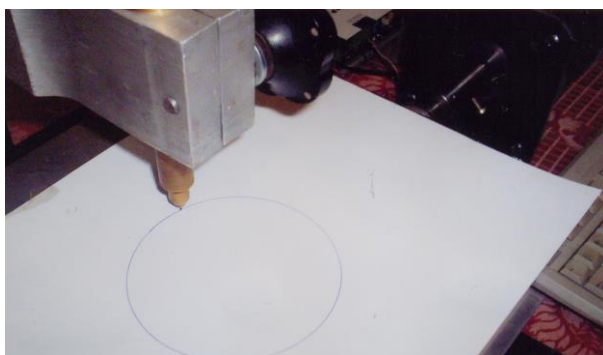


Figura 4.5 Conturarea unui cerc

În figura 4.5 este prezentat desenul de conturare a unui cerc, iar în figura 4.6. este prezentat desenul de conturare a unui pătrat având colțurile rotunjite, ambele realizate prin desenare cu ajutorul standului experimental.

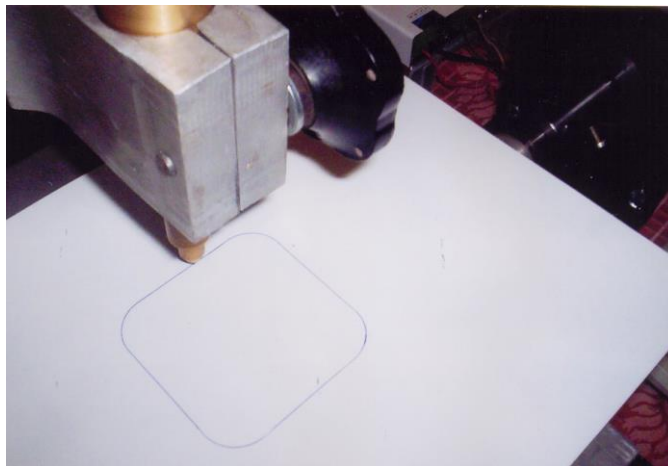


Figura 4.6 Conturarea unui pătrat având colțurile rotunjite

Cercetări experimentale privind modul de comportare pe standul experimental a celor două programe de conturare PCMU și PCMT prin rularea alternativă a acestora, și pentru evidențierea preciziei de desenare a standului experimental, au fost conduse spre 3 tipuri de forme geometrice simple, figurile 4.7, 4.8 și 4.9.

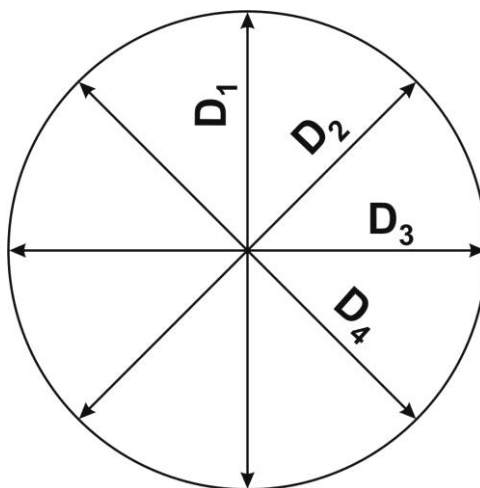


Figura 4.7 Formă geometrică tip cerc

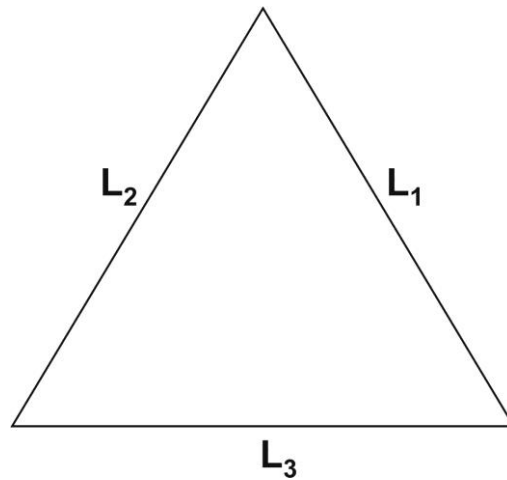


Figura 4.8. Formă geometrică tip triunghi echilateral

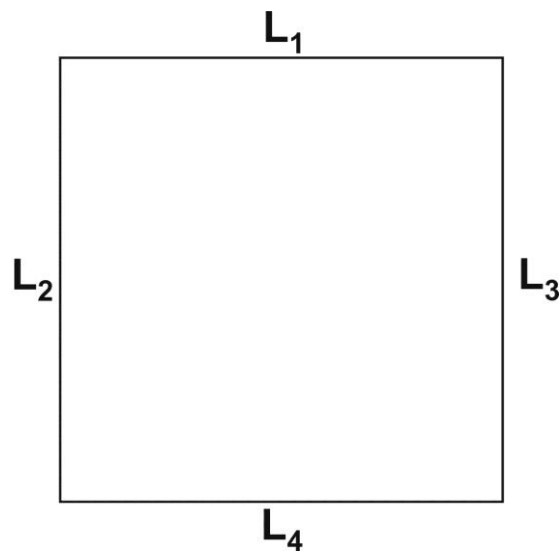


Figura 4.9. Formă geometrică tip pătrat

Pentru forma geometrică tip cerc, figura 4.7, s-a conceput programul de conturare în varianta PCMU, s-a trasat pe hârtie cu ajutorul dispozitivului de marcare conturul aferent și s-au măsurat cele 4 diametre marcate în figura 4.7. Aceiași metodologie s-a aplicat și pentru programul de conturare în varianta PCMT, iar cu valorile obținute s-a reprezentat graficul din figura 4.10.

S-a aplicat același raționament pentru forma geometrică tip triunghi, figura 4.8 și pentru forma geometrică tip pătrat, figura 4.9 rezultând graficele din figurile 4.11 și 4.12.

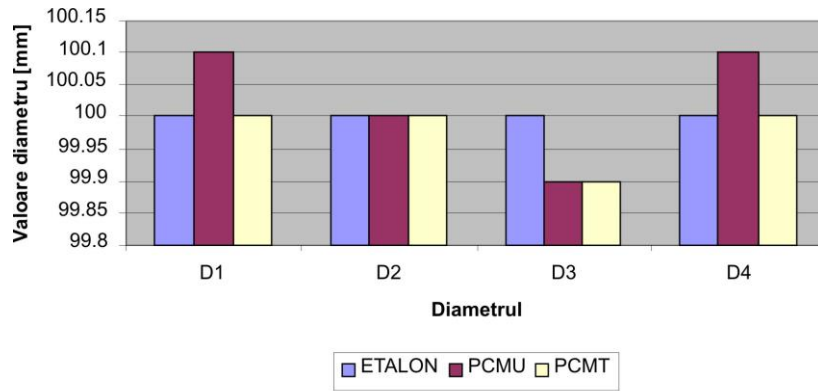


Figura 4.10 Dimensiunile formei geometrice tip cerc prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe standul experimental

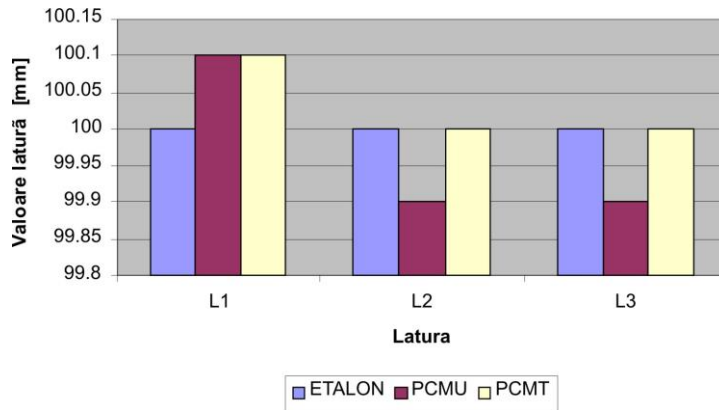


Figura 4.11 Dimensiunile formei geometrice tip triunghi prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe standul experimental

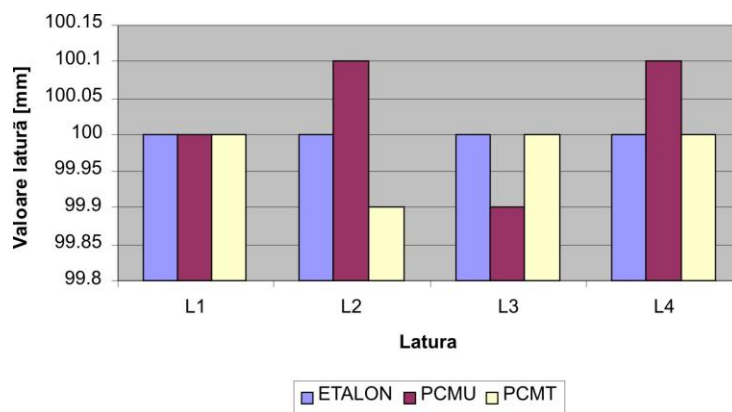


Figura 4.12 Dimensiunile formei geometrice tip pătrat prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe standul experimental

Analizând desenele obținute prin cele două metode, s-a constatat că formele geometrice sunt identice pentru același tip de piesă, dar față de dimensiunile etalon apar mici abateri dimensionale datorate unor jocuri mecanice inerente sau datorită unor erori de interpolare matematică.

Se observă că în cazul utilizării programului PCMU abaterile sunt mai mari față de cazul rulării programului PCMT, acest fapt fiind determinat de o mai bună metodă de interpolare matematică folosită la elaborarea programului PCMT.

Precizia de conturare în cazul utilizării programului PCMU sau PCMT este mai ridicată față de precizia cerută procedurii la tăiere oxigaz.

Prin utilizarea programului PCMT s-au constatat următoarele avantaje:

- timp de realizare a programării este de 3 ori mai scurt în comparație cu timpul de realizare a programului PCMU;
- pentru realizarea programului PCMT nu au fost necesare cunoștințe de programare;
- programul PCMT dispune de facilități specifice tehnologiei de tăiere oxigaz ca: funcția de contur echidistant, posibilitatea de a modifica viteza înainte și în timpul conturării, funcția de „agățare” linie, comandă electrovalve pentru gazele de tăiere etc.

#### **4.2. Realizarea unui echipament mecanizat de tăiere oxigaz cu comandă numerică**

După realizarea programului de conturare PCMT și verificarea sa pe standul experimental, s-a pus problema modului cum acesta se comportă în exploatare, din punct de vedere informatic, tehnic și tehnologic, în condiții reale de funcționare efectivă pe un echipament de tăiere oxigaz.

Echipamentul de tăiere oxigaz pe care s-au făcut probele, a fost proiectat și realizat de către autorul tezei într-o concepție tehnică originală, într-o serie de 5 bucăți, în cadrul atelierului UMP din Facultatea de Mecanică din Timișoara, inițial în varianta constructivă cu urmărire optică de desene scara 1:1.

Figura 4.13 prezintă echipamentul de tăiere oxigaz cu urmărire optică de desene scara 1:1.

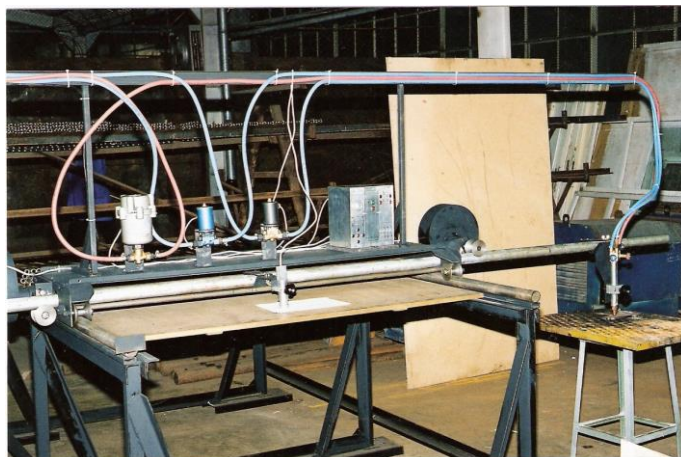


Figura 4.13 Echipament de tăiere oxigaz cu urmărire optică de desene scara 1:1.

În varianta standard, echipamentul permite tăierea oxigaz, dar la cerere se poate echipa și pentru tăierea cu plasmă sau cu laser. Echipamentul electric de comandă, figura 4.14, asigură deplasarea în plan orizontal, x și y a aparatelor de tăiat prin urmărirea optică de desene la scara 1:1, comanda centralizată a gazelor prin intermediul celor 3 electrovalve, dar și ridicarea sau coborârea aparatelor de tăiere.



Figura 4.14 Echipamentul electric de comandă

Deplasarea plană se realizează prin cele două motoare electrice de curent continuu cuplate la două reductoare mecanice în două trepte, prevăzute cu câte un sistem de anulare a jocului dintre flancurile angrenajelor, figurile 4.15 și 4.16.

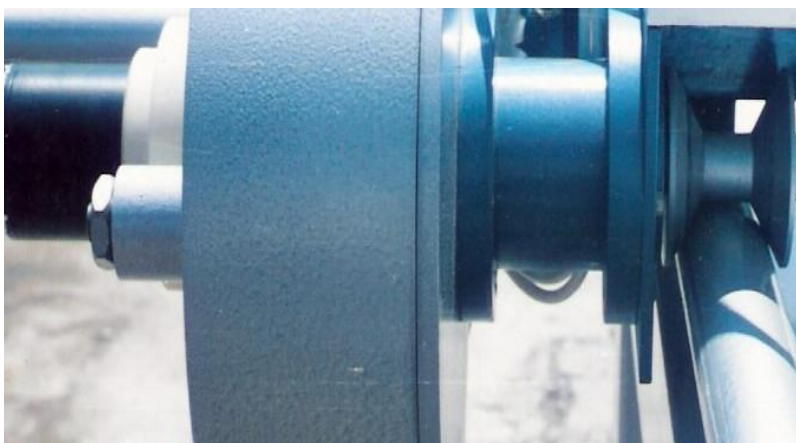


Figura 4.15 Ansamblul moto-reductor pentru deplasarea echipamentului după direcția x



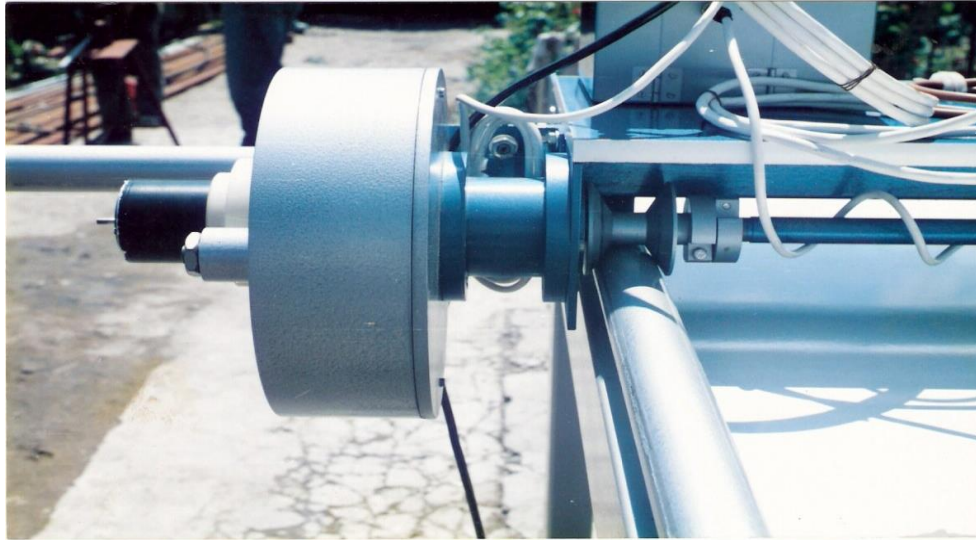


Figura 4.16 Ansamblul moto-reductor pentru deplasarea echipamentului după direcția y

Capul optic, figura 4.17, dotat cu mini-cameră cu leduri în infraroșu, asigură urmărirea de desene executate pe fond alb cu tuș negru, având lățimea liniei de minim 2 mm .

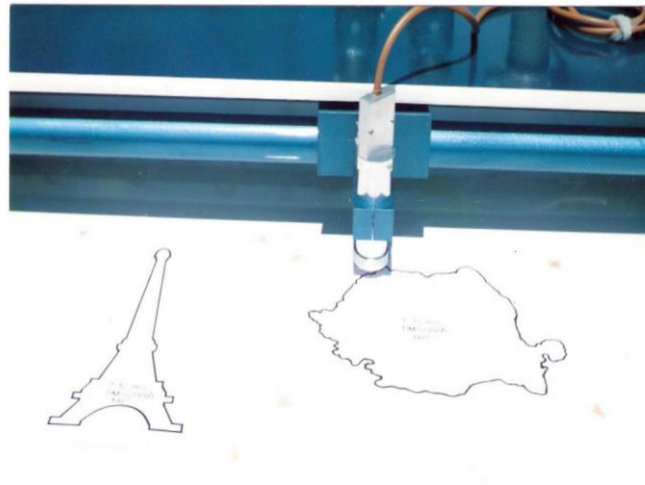


Figura 4.17 Capul optic pentru urmărirea desenelor.

Pentru a se testa modul de funcționare în condiții efective de producție a sistemului CAD/CAM realizat de autorul tezei, după ce acest sistem a fost anterior analizat și verificat funcțional pe un stand experimental, s-a implementat acest sistem pe echipamentul de tăiere oxigaz cu urmărire optică prezentat anterior, prin efectuarea de modificări constructive ale echipamentului.



Modificările constructive au impus renunțarea la motoarele de acționare de curent continuu, la reductoarele mecanice, la capul optic de urmărire și la sistemul electric de comandă și acționare. Pe structura echipamentului s-au montat motoarele de acționare pas cu pas cuplate cu pinioanele de angrenare, sursa și driverul de acționare, cremalierele pentru deplasarea pe direcția x și y și sistemul informatic aferent. Figurile 4.18, 4.19 și 4.20 prezintă echipamentul dotat pentru tăiere mecanizată oxigaz

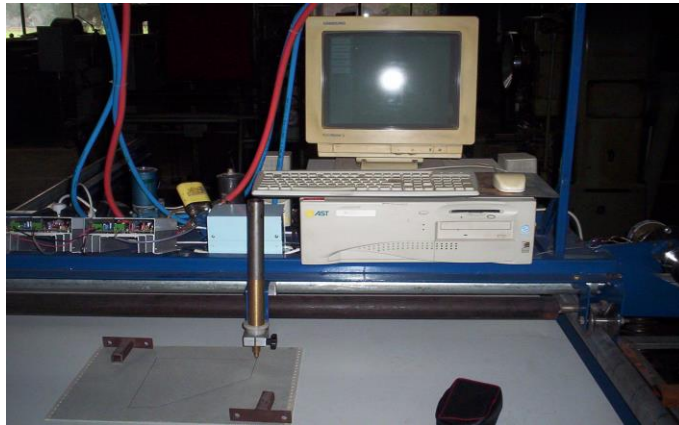


Figura 4.18 Vedere frontală echipament pentru tăiere mecanizată oxigaz.

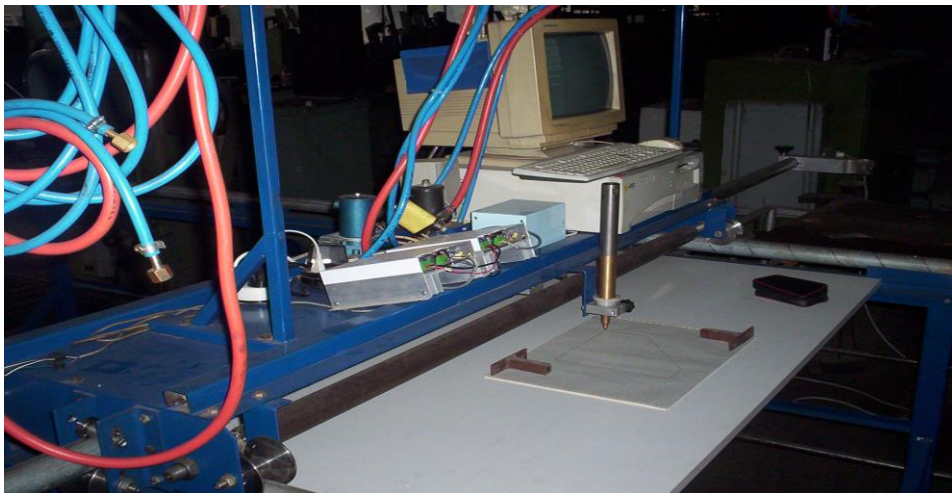


Figura 4.19 Vedere laterală echipament pentru tăiere mecanizată oxigaz.

Soluția de montaj prezentată în continuare nu constituie varianta constructivă industrială de livrare a echipamentului de tăiere oxigaz, ci un model de testare și verificare a sistemului CAD/CAM, iar componentele sistemului s-au poziționat pe mașină numai pentru efectuarea de probe de funcționare și precizie.

În figura 4.21 este prezentată soluția mecanică de acționare a motorului pas cu pas pentru deplasarea pe direcția x, iar în figura 4.22 soluția mecanică de acționare a motorului pas cu pas pentru deplasarea pe direcția y.

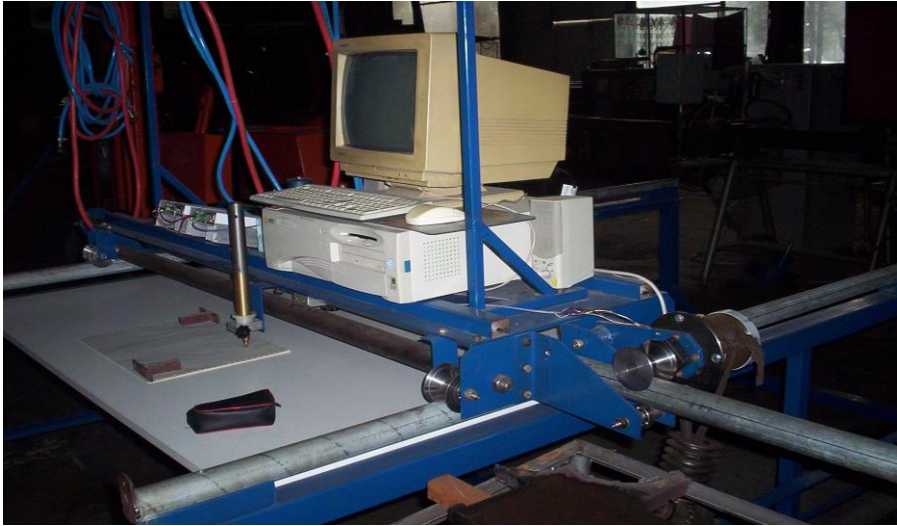


Figura 4.20 Vedere laterală echipament pentru tăiere mecanizată oxigaz.



Figura 4.21 Ansamblul de acționare pentru deplasarea echipamentului după direcția x

Prin folosirea unui sistem de desenare în locul aparatului de tăiere oxigaz, s-au putut analiza forma și precizia pieselor obținute prin aplicarea comenzii numerice pe echipament constituit.



Figura 4.22 Ansamblul de acționare pentru deplasarea echipamentului după direcția y

S-a programat și s-a conturat o piesă în formă de cerc, figura 4.23 și o piesă tip nervură, figura 4.24.

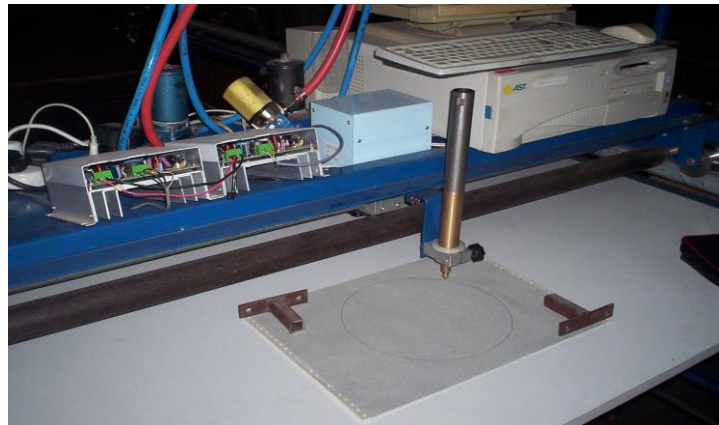


Figura 4.23 Conturarea unei piese în formă de cerc.

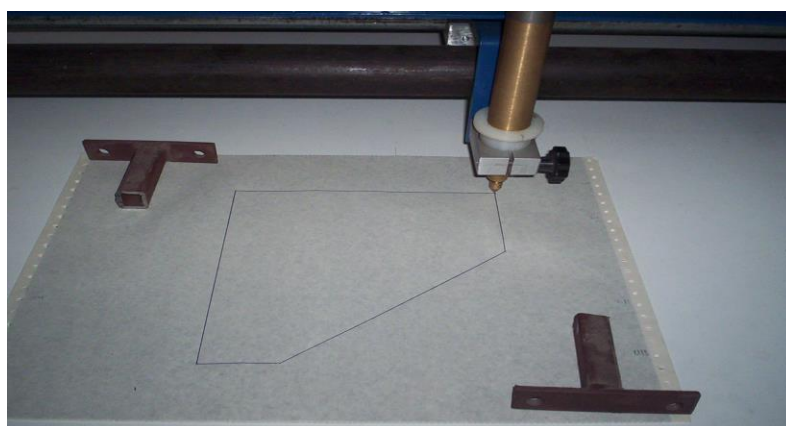


Figura 4.24 Conturarea unei piese în formă de nervură.

Pentru formele geometrice din figurile 4.7, 4.8 și 4.9 s-a trasat pe hârtie conturul acestora, în varianta de program PCMU și PCMT, apoi s-au măsurat dimensiunile caracteristice ale formelor în cele două cazuri.

În figurile 4.25, 4.26 și 4.27 sunt prezentate valorile măsurate după conturare pentru cele 3 forme geometrice tip cerc, triunghi și pătrat, în varianta de program PCMU și PCMT

La analiza desenelor obținute prin cele două metode, s-a constatat că forma geometrică și dimensiunile sunt identice pentru același tip de piesă considerat, dar prin utilizarea programului PCMT s-au obținut aceleași avantaje ca la conturarea efectuată la testarea standului experimental.

S-a testat și s-a verificat modul de realizare a funcției de contur echidistant, de asemenea funcției de „agățare” contur; s-au făcut probe de modificare a vitezei de conturare în timpul procesului de lucru și a vitezei de deplasare rapidă pentru poziționarea aparatelor de tăiere în zona de lucru.

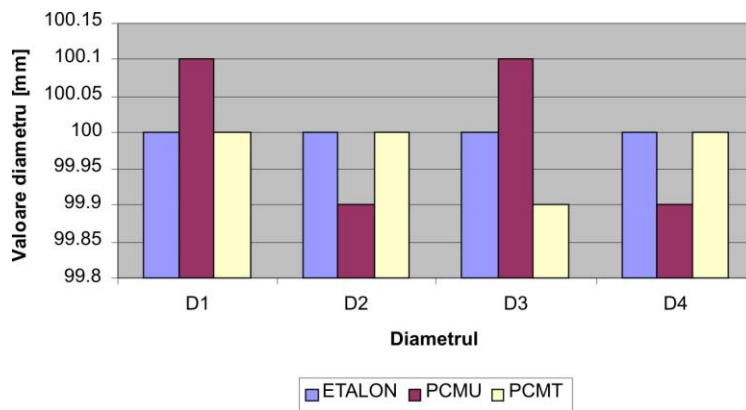


Figura 4.25 Dimensiunile formei geometrice tip cerc prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe un echipament de tăiere oxigaz

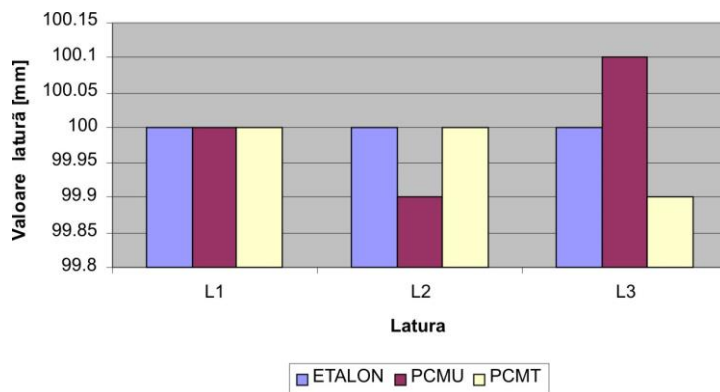


Figura 4.26 Dimensiunile formei geometrice tip triunghi prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe un echipament de tăiere oxigaz



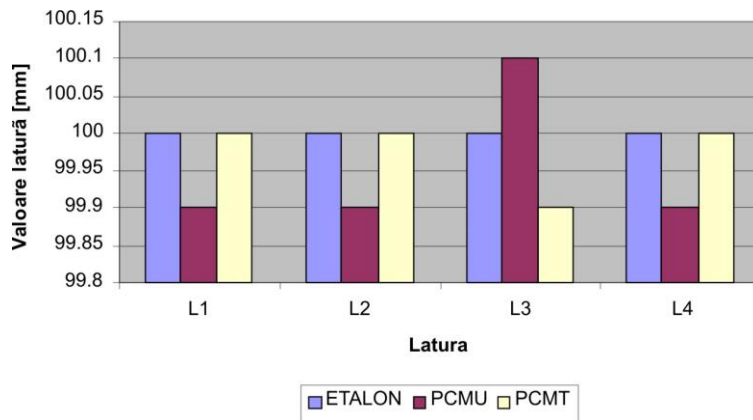


Figura 4.27. Dimensiunile formei geometrice tip pătrat prin rularea programului PCMU și PCMT prin conturare pe un echipament de tăiere oxigaz

În continuarea programului de cercetări experimentale s-a trecut la o nouă etapă; cea de utilizare efectivă a sistemului CAD/CAM pe echipamentul de debitare oxigaz și demararea acțiunii de debitarea piese în condiții de producție efectivă

În figura 4.28 este prezentat procesul de debitare, cu echipamentul de tăiere oxigaz și sistemul CAD/CAM realizat de autorul tezei, a unor repere tip lagăr, având dimensiunile de gabarit de 500 mm x 490 mm x 120 mm.



Figura 4.28 Debitarea unei piese cu echipamentul de tăiere oxigaz și sistemul CAD/CAM

Se pune problema modului de comportare în funcționare a sistemului CAD/CAM pe un echipament de debitare tip portal, cunoscând că aceste tipuri de echipamente sunt cele mai folosite în producție, fiind caracterizate prin dimensiuni constructive mari și cu o inerție mecanică mare.

Această analiză a modului de comportare a sistemului CAD/CAM pe un echipament tip portal, s-a putut efectua în urma solicitării unui agent economic de a i se repara și a i se implementa un sistem de conducere numerică pe un echipament de debitare uzat aflat în dotarea firmei sale.

Pe instalația tip portal existentă având dimensiunile maxime de debitare 2500mm x 9000 mm, s-a montat sistemul CAD/CAM realizat de autorul tezei, s-au făcut teste de funcționare și apoi probe de tăiere.

Deoarece sistemul CAD/CAM s-a comportat bine, iar echipamentul a realizat tăieturi precise, firma folosind noul echipament realizat a trecut la producția de tăieturi de serie, prin tăierea oxigaz a diferitelor piese, figura 4.29.



Figura 4.29 Implementare sistemului CAD/CAM pe un echipament de tăiere oxigaz tip portal

În continuare s-au făcut probe de funcționare cu echipamentul de tăiere oxigaz realizat, dar și debitări de piese din materiale cu grosimi de la 5 mm până la 200 mm. S-a verificat precizia, calitatea tăieturii, deformațiile și defectele suprafețelor tăiate oxigaz prin utilizarea procedului de debitare, a echipamentului de tăiere și a sistemului CAD/CAM adoptat.

## **5. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND CALITATEA SUPRAFEȚELOR TĂIATE OXIGAZ CU ECHIPAMENTUL REALIZAT**

### **5.1. Încercări ale echipamentului de tăiere oxigaz realizat**

Echipamentul de tăiere oxigaz realizat și dotat cu sistemul CAD/CAM, aflat la sediul unei firme din Timișoara producătoare de structuri sudate, a fost supus verificărilor conform prescripțiilor prevăzute în normativul EN 28206, privind verificarea la recepție a mașinilor de tăiere, la locul de utilizare.

Conform normativului EN 28206, încercările pentru recepție au urmărit exclusiv verificarea preciziei de reproducere și a caracteristicilor de funcționare ale echipamentului, fără să se țină seama de influența procesului de debitare.

Conform prescripțiilor normativului EN 28260, echipamentele de tăiere sunt asimilate cu mașinile – unelte, fiind supuse aceluiași prescripții de reglare la locul de instalare ca și mașinile – unelte cu sensibilitate asemănătoare.

Executarea tuturor verificărilor privind precizia geometrică, de lucru și de reproducere a echipamentului de tăiere a fost executată de către compartimentul C.T.C. al firmei la care s-a livrat echipamentul, necesitând un volum mare de timp și manoperă, iar o parte din măsurători au trebuit refăcute. În final, s-a emis un buletin de verificare C.T.C., care certifică conformitatea echipamentului cu prescripțiile impuse de normativul EN 28206.

După efectuarea verificărilor, cu echipamentul de tăiere oxigaz s-au realizat debitări pentru obținerea unor piese necesare în procesul de producție al firmei. Prin utilizarea pieselor astfel obținute, s-au putut face o serie de cercetări experimentale, prezentate în continuare, pentru determinarea aptitudinilor tehnice și funcționale ale echipamentului de tăiere oxigaz.

#### **5.1.1. Materiale utilizate în cadrul cercetărilor experimentale**

Cercetările experimentale efectuate în cadrul tezei, referitoare la calitatea suprafețelor tăiate oxigaz, s-au făcut utilizând table de oțel S235JR și S355JR conform EN 10025, standard care stabilește condițiile tehnice de livrare pentru produsele lungi și plate, laminate la cald.

Cele două mărci de oțel specificate, S235JR și S355JR, sunt destinate utilizării în fabricația de elemente pentru construcții sudate, exploatate la temperatura mediului ambiant. Compoziția chimică pentru cele două mărci de oțel este prezentată în tabelul 5.1.

Caracteristicile mecanice ale celor două mărci de oțel trebuie să fie în conformitate cu prescripțiile normativului EN 10025, tabelul 5.2.

Tablele de oțel S235 JR și S355JR supuse debitării oxigaz, au fost furnizate de producător în stare de livrare normalizată, lucru confirmat de către producător în certificatul de livrare.

Tabel 5.1 Compoziția chimică a mărcilor de oțel S235JR și S355JR

Marcă oțel	Metoda de deoxidare	C % max. s [mm]			Mn [%] max	Si [%] max	P [%] max	S [%] max	N [%] max
		≤16	>16 ≤ 40	> 40					
S235 JR	la alegere	0,01	0,25	-	1,5	-	0,055	0,055	0,011
S355 JR	FN	0,27	0,27	0,27	1,7	0,6	0,055	0,055	0,011

FN : oțel în altă stare decât necalmat

Tabel 5.2 Caracteristicile mecanice a mărcilor de oțel S235JR și S355JR

Marcă oțel de uz general	Metoda deoxidare	$R_{o2}[N/mm^2]$ pentru s [mm]								$R_m [N/mm^2]$ pentru s [mm]			
		≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	>100 ≤150	>150 ≤200	>200 ≤250	<3	≥3 ≤100	>100 ≤150	>150 ≤250
S235 JR	la alegere	235	225	-	-	-	-	-	-	360...510	340...470	-	-
S355 JR	FN	355	345	335	325	315	295	285	275	510...680	490...630	470...630	450...630

FN : oțel în altă stare decât necalmat

Deoarece după tăierea oxigaz majoritatea pieselor au fost supuse sudării, alegerea de către tehnolog a clasei de calitate JR s-a făcut în scopul asigurării unei bune comportări la sudare pentru toate procedeele de sudare.

### 5.1.2. Parametrii regimului de tăiere folosiți la debitare

Aparatul de tăiere cu care a fost dotat echipamentul de tăiere oxigaz și cu care s-au efectuat experimentele de tăiere, în cadrul tezei, a fost produs de firma HARRIS –SUA, tipul 198-2TAF, figura 5.1.

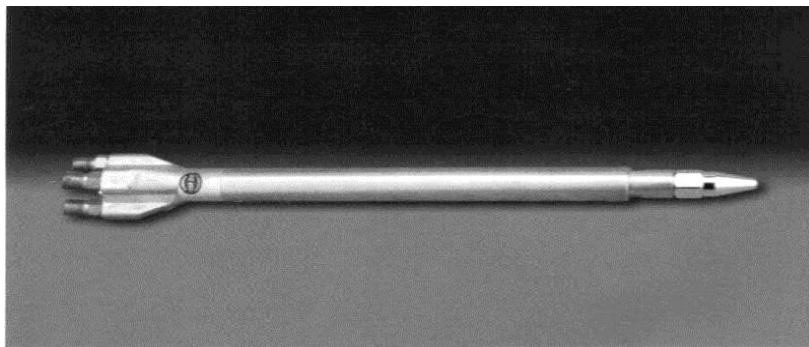


Figura 5.1 Aparat de tăiere tip 198-2TAF

Acest aparat dispune de duze convergent-divergente tip Alfa – Laval, conține 20 duze cu care se poate acoperi o gamă de tăiere cu grosimi de la 1-300 mm.

Parametri tehnologici ai aparatului de tăiere tip 198-2TAF sunt prezentați în tabelul 5.3.



Analizând parametri tehnologici ai aparatului tip 198 – 2TAF, tabelul 5.3, se observă că acesta prezintă dezavantajul că este dotat cu un număr mare de duze de tăiere, dar are marele avantaj că reduce consumul de gaze prin diminuarea presiunilor de lucru la oxigen, la încălzire și tăiere, cu aproximativ 20 %, iar în cazul gazului combustibil presiunea de lucru se reduce de aproximativ 10 ori față de alte aparate de tăiere oxigaz similare.

Tabelul 5.3 Parametri tehnologici ai aparatului de tăiere tip 198-2TAF

Nr. duza	Grosimea de tăiere [mm]	Viteza de tăiere [mm/min]	Presiune [bar] oxigen		Presiune gaz [bar]
			Încălzire	Tăiere	
1	1-4	750	0,4	3	0,015
2	4-6	700	0,5	3	0,015
3	6-9	650	0,7	5	0,015
4	9-12,5	630	1	5	0,015
5	12,5-20	600	1	6	0,015
6	20-35	550	2	7	0,015
7	35-50	480	1	7	0,015
8	50-60	400	1	7	0,015
9	60-75	310	1	7	0,015
10	75-100	280	1	7	0,015
11	100-125	240	1	7	0,015
12	125-150	200	1	7	0,015
13	150-175	190	1	7	0,015
14	175-200	190	1	7	0,015
15	200-225	150	1	6	0,015
16	225-250	130	1	6	0,015
17	250-265	130	1	4	0,015
18	265-275	130	1	4	0,015
19	275-290	120	1	4	0,015
20	290-300	110	1	4	0,015

Din tabelul 5.3 se observă că indiferent de grosimea de debitat, presiunea gazului combustibil rămâne constantă la valoarea de 0,015 bar. Consumul de oxigen de tăiere crește în cazul grosimilor de debitare cuprinse între 1 – 200 mm, apoi acest consum de oxigen scade în cazul debitării unor grosimi cuprinse între 200 – 300mm.

### 5.1.3. Experimentări de tăiere cu echipamentul oxigaz realizat

Cu echipamentul de tăiere oxigaz realizat și folosind sistemul de conturare CAD/CAM conceput de către autorul tezei, s-au făcut o serie de experimentări de tăiere, debitându-se piese pentru desfășurarea procesului de producție al firmei la care s-a livrat echipamentul.

S-a debitat un număr mare de piese, dar pentru simplificare, pentru analiza modului de comportare în producție a echipamentului de tăiere oxigaz, se prezintă

6 tipuri de piese debitate. În anexa 9...14 sunt prezentate desenele de execuție și fișele de măsurători pentru 6 tipuri de piese debitate.

La aceste piese, obținute prin debitare, se vor face referiri în continuare, privind precizia de debitare a echipamentului, calitatea și toleranțele realizate, influența parametrilor regimului de tăiere.

Figura 5.2 prezintă piesa denumită „lagăr”, debitată într-un număr de 80 de bucăți, din oțel tip S235 JR, cu dimensiunile de gabarit de 500 x 490 x 120 mm.



Figura 5.2 Lagăr

Piesa din figura 5.3, denumită „nervură 1”, s-a debitat în număr de 75 bucăți, materialul fiind oțel tip S235 JR, având dimensiunile de gabarit de 803 x 773 x 15 mm.



Figura 5. 3 Nervură 1

Următoarele piese, denumite „nervură 2”, figura 5.4 și „placă de susținere”, figura 5.5, s-au debitat oxigaz din oțel tip S355 JR, cu grosimea de 25 mm și respectiv 40 mm, repere tăiate într-un număr de 85 bucăți și respectiv 145 de bucăți. Dimensiunile de gabarit a piesei „nervură 2” au fost de 405 x 380 x 25mm, iar ale piesei „placă de susținere” de 892 x 747 x 40 mm.



Figura 5.4 Nervură 2



Figura 5.5 Placă de susținere

Ultimele tipuri de piese debitate oxigaz la care s-a urmărit modul de comportare în producție a echipamentului, au denumirea de „placă de ghidare”, figura 5.6, respectiv „placă de centrare”, figura 5.7.

Aceste piese s-au debitat din tablă de oțel tip S355 JR, dimensiunile de gabarit de 622 x 505 x 10 mm și respectiv de 755 x 505 15 mm, debitate într-un număr egal de repere: 45 bucăți.



Figura 5.6 Placă de ghidare



Figura 5.7 Placă de centrare

Trebuie precizat faptul că debitările efectuate cu echipamentul de tăiere oxigaz, folosind sistemul CAD/CAM de conturare, s-au realizat direct pe fluxul de producție al firmei unde s-a montat și testat echipamentul, respectând cerințele tehnologice ale firmei privind tactul de fabricație, ordinea și numărul de piese necesare pentru sudare și prelucrare mecanică ulterioară.

Comportarea echipamentului de tăiere oxigaz în producție, încadrarea acestuia în ritmul de lucru al firmei, școlarizarea personalului de deservire pentru producția în 3 schimburi și nu în ultimul rând respectarea normelor de protecție a muncii și a normelor P.S.I., au fost acțiuni urmărite de către autorul tezei.

Echipamentul s-a comportat bine în producție, nu s-au semnalat defecțiuni în funcționarea acestuia, iar de 1 an echipamentul lucrează în 3 schimburi la sediul firmei la care a fost implementat.

#### **5.1.4. Precizia de debitare a echipamentului**

O problemă deosebit de importantă, avută în vedere pe parcursul experimentărilor tehnologice, a fost cea legată de precizia de debitare a echipamentului de tăiere oxigaz.

Nu este suficient ca echipamentul de debitare oxigaz să asigure tăierea de piese, la cantitatea și ritmul de producție solicitat, acesta trebuie să asigure și realizarea de piese debitate respectând prescripțiile de precizie impuse de normativele în vigoare.

În accepțiunea normativului EN ISO 9013, dimensiunile indicate pe desen sunt dimensiuni nominale, iar dimensiunile reale se măsoară pe piese cu suprafețele curate și netede.

Pentru fiecare piesă debitată din cadrul lotului și anume: lagăr, nervură 1, nervură 2, placă de susținere, placă de ghidare, și placă de centrare, s-au întocmit fișe de măsurători de către compartimentul C.T.C. al firmei la care implementat echipamentul, apoi s-au comparat valorile măsurate ale pieselor debitate cu abaterile impuse de normativul EN ISO 9013, stabilindu-se calificativul corespunzător sau necorespunzător. Clasa de toleranță după care s-a făcut verificarea C.T.C. a fost cea înscrisă pe desenul tehnic de execuție al piesei.

Pentru câte o piesă din cele 6 tipuri de piese supuse verificărilor, în baza fișelor de măsurători. s-au întocmit tabelele 5.4...5.9, în care sunt prezentate

dimensiunile pieselor debitate și abaterea conform normativului, precum și rezultatul final obținut.

Tabelul 5.4 Abateri limită pentru piesa **Lagăr**

Grosime piesă [mm]	Dimensiune desen [mm]	Dimensiune piesă [mm]	Abatere calculată [mm]	Abatere conform EN ISO 9013 [mm]	Rezultat
120	500	500,2	0,2	± 2,5	corespunzător
	330	329,8	- 0,2	± 2,5	corespunzător
	210	209,7	- 0,3	± 2,0	corespunzător
	160	160	0	± 2,0	corespunzător

Tabelul 5.5 Abateri limită pentru piesa **Nervură 1**

Grosime piesă [mm]	Dimensiune desen [mm]	Dimensiune piesă [mm]	Abatere calculată [mm]	Abatere conform EN ISO 9013 [mm]	Rezultat
15	803	803,5	+ 0,5	± 1,0	corespunzător
	773	772	- 1	± 1,0	corespunzător
	150	150	0	± 0,5	corespunzător
	624	625	+1	± 1,0	corespunzător

Tabelul 5.6 Abateri limită pentru piesa **Nervură 2**

Grosime piesă [mm]	Dimensiune desen [mm]	Dimensiune piesă [mm]	Abatere calculată [mm]	Abatere conform EN ISO 9013 [mm]	Rezultat
25	405	404,8	- 0,2	± 1,0	corespunzător
	380	380,5	+0,5	± 1,0	corespunzător
	131	131,2	0,2	± 0,5	corespunzător
	320	319,5	-0,5	± 1,0	corespunzător

Tabelul 5.7 Abateri limită pentru piesa **Placă de susținere**

Grosime piesă [mm]	Dimensiune desen [mm]	Dimensiune piesă [mm]	Abatere calculată [mm]	Abatere conform EN ISO 9013 [mm]	Rezultat
40	861,2	861	- 0,2	± 1,0	corespunzător
	747	748	+1	± 1,0	corespunzător
	442	441	+1	± 1,0	corespunzător
	150	150	0	± 0,5	corespunzător
	431	432	+1	± 1,0	corespunzător

Tabelul 5.8 Abateri limită pentru piesa **Placă de ghidare**

Grosime piesă [mm]	Dimensiune desen [mm]	Dimensiune piesă [mm]	Abatere calculată [mm]	Abatere conform EN ISO 9013 [mm]	Rezultat
20	622	622,5	+0,5	± 1,0	corespunzător
	505	505,2	+0,2	± 1,0	corespunzător
	91	90	- 1	± 0,5	corespunzător
	305	304	-1	± 0,5	corespunzător
	261	260	-1	± 0,5	corespunzător

Tabelul 5.9 Abateri limită pentru piesa **Placă de centrare**

Grosime piesă [mm]	Dimensiune desen [mm]	Dimensiune piesă [mm]	Abatere calculată [mm]	Abatere conform EN ISO 9013 [mm]	Rezultat
10	505	505	0	± 1,5	corespunzător
	755	754	-1	± 1,5	corespunzător
	256	256	0	± 1,0	corespunzător
	280	280,5	+0,5	± 1,0	corespunzător
	250	251	+1	± 1,0	corespunzător

Din analiza rezultatelor prezentate în tabelele 5.5... 5.9 se constată că toate piesele debitate au abaterile limită măsurate mai mici sau egale cu abaterile limită recomandate de standardul ISO 9013. În concluzie se poate afirma că toate piesele debitate cu echipamentul de tăiere oxigaz folosind sistemul de conturare CAD/CAM conceput de autorul tezei au fost corespunzătoare.

Acest lucru confirmă faptul că pe echipamentul de tăiere s-au realizat piese cu grosimi și forme diferite în condiții de calitate ce respectă cerințele normativului EN ISO 9013, referitor la toleranțele dimensionale ale suprafețelor tăiate termic.

### 5.1.5. Influența parametrilor regimului de tăiere asupra calității tăieturii

Într-o fază ulterioară cercetărilor experimentale s-a studiat influența parametrilor regimului de tăiere asupra calității tăieturii.

Principalii parametri ce influențează calitatea tăieturii sunt:

- viteza de tăiere;
- distanța duză – piesă de tăiat;
- presiunea oxigenului de tăiere;
- presiunea oxigenului pentru flacăra de preîncălzire;
- puritatea oxigenului de tăiere;
- presiunea gazului combustibil;
- felul gazului combustibil utilizat;
- diametrul duzei;
- poziția aparatului de tăiere față de suprafața piesei de debitat;
- tipul de flăcără utilizat.



Deoarece analiza tuturor celor 10 parametri prezentați necesită un volum mare de încercări, s-au considerat numai 3 parametri principali, care influențează în mod esențial regimul de tăiere. Acești 3 parametri principali sunt:

- viteza de tăiere –  $v_t$ ;
- distanța duză – piesa de tăiat –  $d$ ;
- presiunea oxigenului de tăiere –  $p_{O_2}$  ;

Se prezentată, în continuare, probele de debitare efectuate pe oțelul S235 JR, practic cel mai utilizat oțel în domeniul construcțiilor sudate, probe cu grosimi de 10 mm, 25 mm și 80 mm.

#### 5.1.5.1 Influența vitezei de tăiere asupra calității tăieturii

O primă grupă de cercetări s-a făcut pentru a se evidenția influența vitezei de tăiere asupra calității pieselor debitate oxigaz. S-au studiat cele 3 cazuri posibile: cazul în care viteza de tăiere are valoarea recomandată, cazul în care viteza de tăiere are valoarea mai mare cu 20% față de valoarea recomandată și cazul în care viteza de tăiere are valoarea mai mică cu 20% față de valoarea recomandată, în condițiile în care ceilalți doi parametri sunt constanți.

În tabelul 5.10 sunt prezentate rezultatele obținute în cele 3 cazuri supuse observării.

Parametrii de tăiere recomandați pentru proba din figura 5.8 au determinat obținerea unei suprafețe tăiate netede și curate, având muchiile superioare și inferioare bine conturate.



Figura 5.8 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10 \text{ m}$  ,  
 $d = 6 \text{ mm}$ ,  $p_{O_2} = 5 \text{ bar}$ ,  $v_t = 630 \text{ mm/min}$

Creșterea vitezei de tăiere cu 20%, în condiția ca ceilalți parametri de tăiere să rămână constanți, a condus la obținerea unei muchii superioare cu aspect neregulat, a unei scobituri sub muchia superioară, rizuri la partea inferioară, profil concav și ondulat, figura 5.9.

Reducerea vitezei de tăiere cu 20%, în condiția ca ceilalți parametri de tăiere să rămână constanți, a determinat o rotunjire a muchiei superioare, rizuri la partea inferioară, creastă a muchiei, figura 5.10.

În cazul probei cu grosimea de 25 mm, utilizând parametrii recomandați la debitare, s-a obținut o suprafață tăiată curată, cu muchia inferioară și superioară dreaptă, figura 5.11.

Tabelul 5.10 Influența vitezei de tăiere  $v_t$  asupra calității suprafeței tăiate oxigaz

Parametrul ce se modifică	Grosime probă [mm]	Parametrii recomandați pentru tăiere	Imagine probă obținută	Descriere suprafață piesă	Parametrii recomandați pentru tăiere cu $v_t$ crescută cu 20%	Imagine probă obținută	Descriere suprafață piesă	Parametrii recomandați pentru tăiere cu $v_t$ redusă cu 20%	Imagine probă obținută	Descriere suprafață piesă
$v_t$	10	$d = 6\text{mm}$ $p_{O_2} = 5\text{ bar}$ $v = 630\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.8	- suprafață netedă și curată - muchia superioară și inferioară bine conturate	$d = 6\text{ mm}$ $p_{O_2} = 5\text{ bar}$ $v_t = 756\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.9	- muchia superioară neregulată - rizuri	$d = 6\text{mm}$ $p_{O_2} = 5\text{ bar}$ $v_t = 504\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.10	- muchia superioară rotunjită
		$d = 6\text{mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 550\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.11	superioară și inferioară	$d = 6\text{ mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 660\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.12	curbe la partea inferioară - scobitura	$d = 6\text{mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 440\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.13	- rizuri mari în partea inferioară
	80	$d = 8\text{mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 280\text{ mm}/\text{min}$	Figura 5.14		$d = 8\text{mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 336\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.15	sub muchia inferioară - profil concav - profil ondulat	$d = 8\text{mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 224\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.16	- creastă a muchiei





Figura 5.9 Imagine suprafață probă tăiat:  $s= 10\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 5 \text{ bar}$ ,  $v_t = 756\text{mm/min}$



Figura 5.10 Imagine suprafață probă tăiat:  $s= 10\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 5 \text{ bar}$ ,  $v_t = 504\text{mm/min}$



Figura 5.11 Imagine suprafață probă tăiat:  $s=25\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 7 \text{ bar}$ ,  $v_t = 550\text{mm/min}$

Creșterea vitezei de tăiere cu 20% a condus la formarea unei muchii superioare neregulate, rizuri la partea inferioară, profil ondulat, figura 5.12.

O muchie superioară rotunjită, rizuri mari și accentuate în partea inferioară a suprafeței tăiate, este imaginea probei cu grosimea de 25 mm, debitată cu o viteză de tăiere redusă, figura 5.13.



Figura 5.12 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25\text{mm}$  ,  $d = 6\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ ,  $v_t = 660\text{mm/min}$



Figura 5.13 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ ,  $v_t = 440\text{mm/min}$

La o grosime de 80 mm, utilizând valorile recomandate pentru parametri de tăiere, suprafața tăieturii are un aspect corespunzător, figura 5.14.

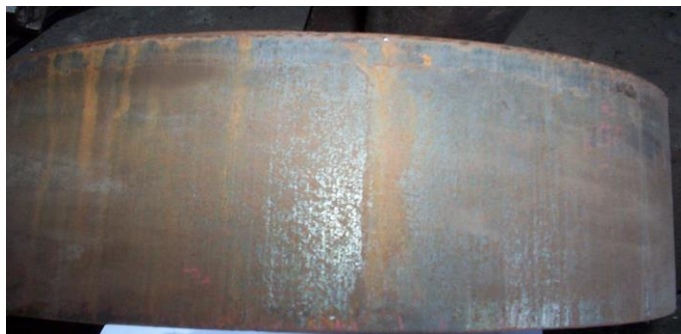


Figura 5.14 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 7\text{ bar}$  ,  $v_t = 280\text{mm/min}$

Creșterea vitezei de tăiere, a condus la apariția unei muchii superioare neregulate, rizuri și profil ondulat în partea inferioară, figura 5.15.



Figura 5.15 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80\text{mm}$ ,  
 $d = 8\text{mm}$ ,  $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ ,  $v_t = 336\text{mm/min}$

Reducerea vitezei de tăiere, a determinat o suprafață necorespunzătoare, apariția unei muchii superioare rotunjite, rizuri mari în partea inferioară, figura 5.16.



Figura 5.16 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ ,  $v_t = 224\text{mm/min}$

#### 5.1.5.2. Influența distanței duză-piesă de tăiat asupra calității tăieturii

Influența distanței duză – piesa  $d$  asupra calității suprafeței pieselor tăiate oxigaz, pentru grosimi de 10 mm, 25 mm și 80 mm, este prezentată în tabelul 5.11.

Muchie superioară rotunjită, rizuri accentuate în partea inferioară, scobituri sub muchia superioară, apar pe suprafața tăiată cu distanța duză-piesă mare, figura 5.17.



Figura 5.17 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 5\text{bar}$ ,  $v_t = 630\text{mm/min}$

Tabelul 5.11 Influența distanță duză-piesă,  $d$ , asupra calității suprafeței tăiate oxigaz

Parametrul ce se modifică	Grosime probă [mm]	Parametrii recomandați pentru tăiere	Imagine probă obținută	Descriere suprafață piesă obținută	Parametrii de tăiere cu 20% crescut	Imagine probă obținută	Descriere suprafață piesă obținută	Parametrii de tăiere cu $d$ reduc cu 20%	Imagine probă obținută	Descriere suprafață piesă
$d$	10	$d = 6\text{mm}$ $p_{O_2} = 5\text{ bar}$ $v_t = 630\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.8	- suprafață netedă și curată - muchia superioară	$d = 8\text{ mm}$ $p_{O_2} = 5\text{ bar}$ $v_t = 630\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.17	- muchia superioară rotunjită - rizuri	$d = 3\text{mm}$ $p_{O_2} = 5\text{ bar}$ $v_t = 630\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.18	- muchia superioară rotunjită - suprafața tăieturii bună - stropi pe muchie
	25	$d = 6\text{mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 550\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.11	și inferioară bine conturate	$d = 8\text{ mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 550\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.19	puternice la muchia inferioară - scobitura	$d = 3\text{ mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 550\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.20	
	80	$d = 8\text{mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 280\text{ mm}/\text{min}$	Figura 5.14		$d = 10\text{mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 280\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.21	sub muchia superioară - rost superior mărit	$d = 6\text{ mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 280\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.22	

Reducerea distanței duză-piesă la proba din figura 5.18, a cauzat apariția unei muchii superioare rotunjite și stropi în partea inferioară .



Figura 5.18 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10\text{mm}$ ,  $d = 3\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 5\text{ bar}$ ,  $v_t = 630\text{mm/min}$

Creșterea distanței duză-piesă, conduce la formarea unei muchii superioare rotunjită și un rost superior mărit, figura 5.19.



Figura 5.19 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ ,  $v_t = 550\text{mm/min}$

O distanță duză-piesă prea mică la grosimi de 25 mm, a avut ca rezultat apariția unei muchii superioare rotunjite și stropi pe muchia inferioară, figura 5.20.



Figura 5.20 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25\text{mm}$ ,  $d = 3\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ ,  $v_t = 550\text{mm/min}$



În cazul probei din figura 5.21, având o grosime de 80 mm, s-a mărit distanța duză-piesă, acest fapt a determinat apariția de rizuri pe muchia inferioară și rotunjirea muchiei superioare.



Figura 5.21 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80\text{mm}$ ,  $d = 10\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ ,  $v_t = 280\text{mm/min}$

Micșorarea distanței duză-piesă, la grosimea de 80 mm a determinat obținerea unei muchii superioare rotunjite și a unei cantități mari de stropi pe muchii, figura 5.22.



Figura 5.22 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ ,  $v_t = 280\text{mm/min}$

### 5.1.5.3. Influența presiunii oxigenului de tăiere asupra calității tăieturii

Ultimul parametru cercetat, care poate influența calitatea suprafețelor debitate oxigaz, este presiunea oxigenului de tăiere. În programul experimental s-a studiat, de asemenea, 3 cazuri posibile: presiunea oxigenului de tăiere are valoarea recomandată, presiunea oxigenului de tăiere are valoare mai mare cu 20% față de valoarea recomandată și cazul în care presiunea oxigenului de tăiere are valoare mai mică cu 20% față de valoarea recomandată.

În tabelul 5.12 sunt prezentate situațiile analizate, în condiția ca ceilalți parametri de tăiere să rămână constanți, pentru grosimi de material de 10 mm, 25 mm și 80 mm.

Creșterea presiunii oxigenului de tăiere are o mare influență asupra calității suprafeței debitate oxigaz. Proba din figura 5.23, obținută în astfel de condiții, prezintă o muchie inferioară rotunjită și o scobitură sub muchia superioară.

Tabelul 5.12 Influența presiunii oxigenului de tăiere,  $p_{O_2}$ , asupra calității suprafeței tăiate oxigaz

Parametrul ce se modifică	Grosime probă [mm]	Parametrii recomandați	Imagine probă obținută	Descriere suprafață piesă	Parametrii de tăiere cu $p_{O_2}$ crescut cu 20%	Imagine probă obținută	Descriere suprafață piesă	Parametrii de tăiere cu $p_{O_2}$ redus cu 20%	Imagine probă obținută	Descriere suprafață piesă
$P_{O_2}$	10	$d = 6\text{mm}$ $p_{O_2} = 5\text{ bar}$ $v_t = 630\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.8	- suprafață netedă și curată - muchia	$d = 8\text{ mm}$ $p_{O_2} = 6\text{ bar}$ $v_t = 630\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.23	- muchia inferioară rotunjită - rost	$d = 6\text{ mm}$ $p_{O_2} = 4\text{ bar}$ $v_t = 630\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.30	- muchia superioară rotunjită - rost
	25	$d = 6\text{mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 550\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.11	și suprafață superioară inferioară bine	$d = 6\text{ mm}$ $p_{O_2} = 8,4\text{ bar}$ $v_t = 550\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.31	inferior mărit - scobitura sub	$d = 6\text{ mm}$ $p_{O_2} = 5,6\text{ bar}$ $v_t = 550\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.32	adânc - profil concav - profil
	80	$d = 8\text{mm}$ $p_{O_2} = 7\text{ bar}$ $v_t = 280\text{ mm}/\text{min}$	Figura 5.14	conturate	$d = 8\text{ mm}$ $p_{O_2} = 8,4\text{ bar}$ $v_t = 280\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.33	muchia superioară	$d = 8\text{ mm}$ $p_{O_2} = 5,6\text{ bar}$ $v_t = 280\text{mm}/\text{min}$	Figura 5.34	ondulat



Figura 5.23 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 6\text{ bar}$ ,  $v_t = 630\text{mm/min}$

Scăderea presiunii oxigenului de tăiere produce în suprafața tăiată oxigaz, o muchie superioară rotunjită, precum și un rost adânc și un profil concav, figura 5.24.



Figura 5.24 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 10\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 4\text{ bar}$ ,  $v_t = 630\text{mm/min}$

În figura 5.25 proba cu grosimea de 25 mm, ca urmare a creșterii presiunii oxigenului de tăiere, în suprafața tăiată oxigaz prezintă o muchie inferioară rotunjită și un rost inferior mărit.



Figura 5.25 Imagine suprafață probă tăiat:  $s = 25\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 8,4\text{ bar}$ ,  $v_t = 550\text{mm/min}$



Presiunea redusă a oxigenului de tăiere, conduce la apariția unui rost adânc și a unei muchii superioare rotunjite, figura 5.26.



Figura 5.26 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 25\text{mm}$ ,  $d = 6\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 5,6\text{ bar}$ ,  $v_t = 550\text{mm/min}$

În cazul probei cu grosimea de 80 mm, figura 5.27, ca urmare a creșterii presiunii oxigenului de tăiere, apare o scobitură sub muchia superioară și un rost inferior mărit.



Figura 5.27 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 8,4\text{ bar}$ ,  $v_t = 280\text{mm/min}$

La grosimea de 80 mm, o presiune redusă a oxigenului de tăiere, a condus în tăietură la apariția unei muchii superioare rotunjite și a unui profil concav și ondulat, figura 5.28.



Figura 5.28 Imagine suprafață probă tăiată:  $s = 80\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ ,  
 $p_{O_2} = 5,6\text{ bar}$ ,  $v_t = 280\text{mm/min}$

Din analiza rezultatelor obținute în urma cercetărilor experimentale s-au putut evidenția parametrii de tăiere ce afectează în mod direct procesul de debitare oxigaz, prin prisma defectelor ce apar în suprafața tăiată.

În urma cercetărilor experimentale realizate pe probe de tăiere cu diferite grosimi și la variația parametrilor de tăiere se poate concluziona că principalii parametri care influențează calitatea tăieturii sunt:

- viteza de tăiere –  $v_t$ ;
- distanța duză – piesa de tăiat –  $d$ ;
- presiunea oxigenului de tăiere –  $p_{O_2}$  ;

Cealalți parametrii de tăiere au însă o influență mai redusă asupra calității pieselor obținute la debitarea oxigaz.

Un parametru important care poate de asemenea influența calitatea dar mai ales precizia pieselor debitate oxigaz este determinat de rigiditatea echipamentului de tăiere. Echipamentele de tăiere oxigaz cu comandă numerică se construiesc în general numai în varianta de tip portal. La schimbarea direcției de deplasare pe axa Y sau pe axa X, pot să apară deformații geometrice ale portalului ca urmare a inerției sistemului, acest lucru afectând precizia de debitare.

Pentru a se reduce acest fenomen inerent se folosesc două metode :

- sisteme de ghidare cu precizie ridicată în 2 sau chiar 3 plane de referință;
- sisteme de transmitere a mișcării la ambele sisteme de ghidare ale portalului .

O altă „contribuție” importantă al apariția defectelor de tăiere la debitarea oxigaz, este dată de experiența și îndemnarea operatorului echipamentului de tăiere.

Pentru a elimina sau cel puțin a reduce apariția defectelor la piesele debitate oxigaz, operatorul trebuie să cunoască cauzele apariției acestor defecte, dar mai ales să cunoască modul în care se poate interveni tehnologic pentru a se diminua fenomenul.

### **5.1.6. Calitatea muchiei pieselor realizate la debitarea oxigaz**

Interpretarea rezultatelor experimentale privind calitatea muchiei pieselor tăiate cu echipamentul de debitare oxigaz și programul CAD/CAM conceput de autorul tezei, s-a făcut în conformitate cu normativul EN ISO 9013.

Conform acestui normativ pentru stabilirea calității muchiilor tăiate oxigaz se utilizează următorii parametrii:

- toleranța la perpendicularitate,  $u$  sau toleranța unghiulară,  $u$  ;
- înălțimea neregularităților în zece puncte,  $R_{y5}$ ;

Pentru a ușura verificarea calității muchiei pieselor realizate la debitarea oxigaz, s-a conceput un dispozitiv pentru măsurarea toleranței la perpendicularitate și a înălțimii neregularităților în zece puncte, dispozitiv prezentat în figura 5.29.



Figura 5.29 Dispozitiv pentru măsurarea toleranței la perpendicularitate și a înălțimii neregularităților în zece puncte pe suprafața tăiată oxigaz

Pentru efectuarea verificărilor experimentale de măsurare a toleranței la perpendicularitate și a înălțimii neregularităților în zece puncte pe suprafața tăiată oxigaz, s-au comparat valorile  $u$  și  $Ry_5$  măsurate cu ajutorul dispozitivului din figura 5.11 cu mărimile calculate conform standardului EN ISO 9013 pentru piesele prezentate în cadrul capitolului 5.1.3 și 5.1.4.

Valorile măsurate și valorile calculate pentru  $u$  și  $Ry_5$  în cazul pieselor supuse verificării sunt prezentate în tabelul 5.13.

Tabelul 5.13 Valorile măsurate și calculate pentru  $u$  și  $Ry_5$  pentru probele analizate

Nr. crt	Denumire probă	Grosime probă [mm]	Mărimi măsurate		Mărimi calculate		Rezultat
			$u$ [mm]	$Ry_5$ [ $\mu\text{m}$ ]	$u$ [mm]	$Ry_5$ [ $\mu\text{m}$ ]	
1	Lagăr	120	0,21	110	0,24	112	corespunde
2	Nervura 1	15	0,19	44	0,20	49	corespunde
3	Nervura 2	25	0,23	51	0,24	52	corespunde
4	Placă de susținere	40	0,19	57	0,20	59	corespunde
5	Placă de ghidare	20	0,15	43	0,17	46	corespunde
6	Placă de centrare	10	0,10	45	0,12	49	corespunde

Din tabelul 5.13 rezultă că probele sunt corespunzătoare din punct de vedere al calității muchiei tăiate oxigaz, mărimile măsurate cu dispozitivul conceput sunt mai mici ca mărimile calculate conform normativului.

Dependența toleranței la perpendicularitate  $u$  pentru cele 6 piese supuse verificărilor este prezentată în figura 5.12. Modul de variație a înălțimii neregularităților în zece puncte  $Ry_5$  în funcție de cele 10 piese supuse verificărilor este ilustrat în figura 5.13.

Trebuie precizat faptul că în documentația tehnică de execuție referitoare la cele 6 piese supuse verificărilor privind calitatea muchiei tăiate oxigaz, proiectantul a prevăzut încadrarea acestora în clasa de calitate I. Acest lucru s-a realizat prin plasarea toleranței la perpendicularitate  $u$  și a înălțimii neregularităților în zece puncte pe suprafața tăiată oxigaz  $R_{y5}$  în câmpurile 1 și 2 ale normativului EN ISO 9013.

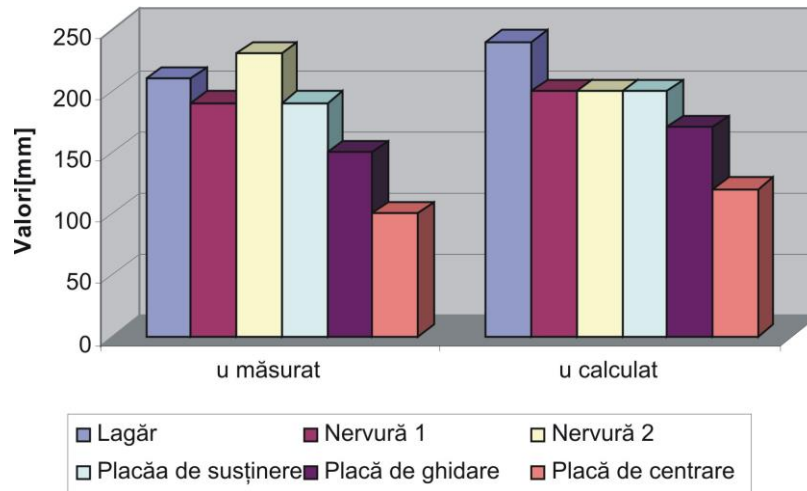


Figura 5.30 Dependența toleranței de perpendicularitate  $u$ , pentru probele analizate.

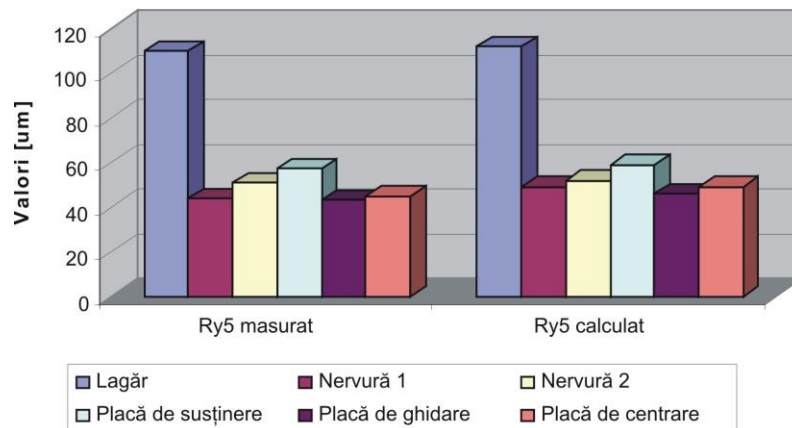


Figura 5.31 Dependența înălțimii neregularităților în zece puncte  $R_{y5}$ , pentru probele analizate

În urma cercetărilor experimentale efectuate cu echipamentul de debitare oxigaz și cu programul CAD/CAM utilizat, folosind aparatul de tăiere tip 198-2TAF se poate trage concluzia că debitările efectuate au confirmat calitatea foarte bună a suprafețelor tăiate oxigaz, fapt demonstrat de încadrarea pieselor obținute în prescripțiile impuse de normativul EN ISO 9013.

### 5.1.7. Defectele suprafețelor tăiate oxigaz

Clasificarea și terminologia defectelor suprafețelor tăiate oxigaz este prezentată în STAS 10354-81, acest normativ pe lângă clasificarea defectelor și a definițiilor termenilor utilizați, cuprinde și modul de reprezentare schematică a defectelor și simbolizarea acestora.

Defectele care pot să apară la tăierea oxigaz sunt următoarele:

- defecte ale geometriei suprafeței tăiate;
- abateri de la formele și dimensiunile prescrise ale pieselor tăiate;
- modificări ale structurii materialului tăiat.

Cauzele și condițiile apariției defectelor sunt multiple, fiind dependente de tipul de material debitat, de procedeul de tăiere folosit, de caracteristicile tehnice ale aparatului de tăiere, de stabilirea corectă a regimului de tăiere și nu în ultimul rând de caracteristicile tehnice și funcționale ale echipamentului de debitat.

Prin utilizarea echipamentului de tăiere oxigaz, s-au efectuat o serie de cercetări experimentale, realizate de către autorul tezei de doctorat, cercetări ce au vizat modul în care parametrii tehnologici pot genera apariția de defecte la debitarea oxigaz.

Parametrii tehnologici care au fost utilizați pe instalația experimentală și domeniile de variație ale acestora sunt prezentați în tabelul 5.4.

Tabelul 5.14 Parametri tehnologici utilizați la cercetările experimentale

Parametrul tehnologic	U.M.	Domeniul de variație
Grosimea de tăiere	mm	10; 20; 40; 80; 100
Debit oxigen de tăiere	l/oră	1000; 3000; 5000; 7500; 10.000
Debit gaz combustibil	l/oră	200; 250; 300; 350; 500
Aparatul de tăiere tip 198-2TAF		--
Unghiul dintre aparatul de tăiere și materialul de debitat	grade	+ 50° în direcția de tăiere - 50° în sens opus cu direcția de tăiere

Rezultatele cercetărilor experimentale efectuate au condus la următoarele concluzii:

- singurii parametri care influențează densitatea rizurilor pe suprafața debitată sunt viteza de tăiere și unghiul dintre aparatul de tăiere și materialul de debitat;
- creșterea vitezei de tăiere determină scăderea densității rizurilor. Acest fenomen poate fi exprimat conform [46] și prin relațiile următoare:

$$n = n_0 (v_t \times 10^{-2} \cos \theta)^m, (5.1.)$$

în care:

$n$  = numărul de rizuri pe o distanță de 10 mm;

$n_0$  = constantă dependentă de viteza de tăiere:

$n_0 = 24$  pentru  $v < 400$  mm/min;

$n_0 = 47...70$  pentru  $v > 400$  mm/min.;

$v_t$  = viteza de tăiere în mm/min;

$\theta$  = unghiul dintre aparatul de tăiere și piesă;

$m = -0,35$  – constantă

Dependența numărului de rizuri și viteza de tăiere în funcție de grosimea de tăiere este prezentată grafic în figurile 5.32 și 5.33, pentru un unghi dintre aparatul de tăiere și piesă  $\theta = 0^\circ$  și respectiv  $\theta = -20^\circ \dots -50^\circ$ .

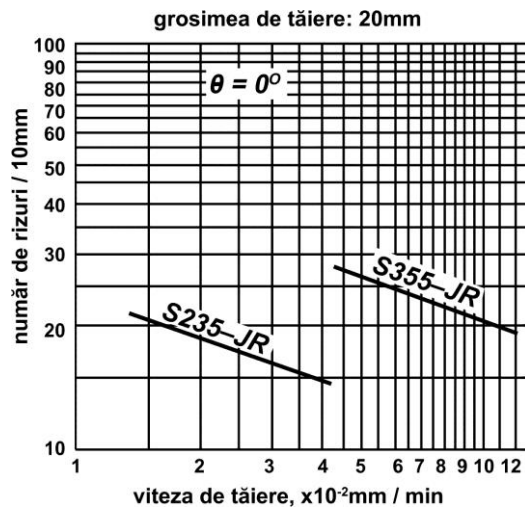


Figura 5.32 Dependența număr de rizuri și viteza de tăiere în funcție de grosimea de tăiere

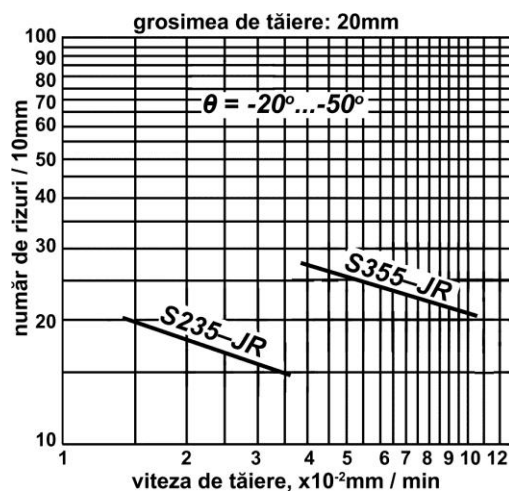


Figura 5.33 Dependența număr de rizuri și viteza de tăiere în funcție de grosimea de tăiere

Rugozitatea suprafeței crește cu creșterea vitezei de tăiere, figura 5.34. Pentru viteze de tăiere frecvent utilizate în practică rugozitatea nu are valori mai mari de  $30 \mu\text{m}$ , dacă ceilalți parametri sunt aleși corespunzător. Rugozitatea poate crește peste  $30 \mu\text{m}$  dacă echipamentul de tăiere nu are o bună rigiditate mecanică sau dacă incrementul ales al motoarelor de acționare este prea mare.

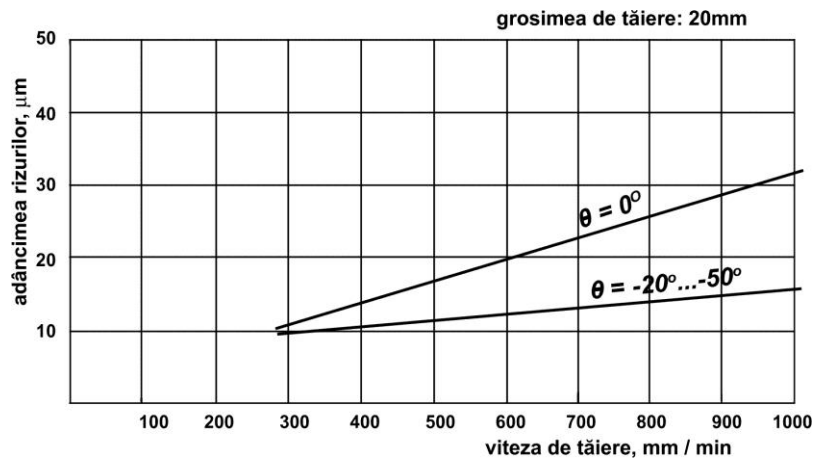


Figura 5.34 Dependența adâncimii rizurilor funcție de viteza de tăiere

- jetul de zgură topită, care se formează în timpul procesului de tăiere, fiind un fluid cu vâscozitate și tensiune superficială ridicată, se depune pe suprafața tăieturii;
- lărgirea rostului la partea superioară crește odată cu creșterea vitezei de tăiere, producând îngustarea rostului la partea inferioară;
- lărgirea rostului în partea superioară scade la grosimi mari ale materialului de debitat, ca urmare a unei mai bune transmisii a căldurii în adâncimea materialului.

## 5.2. Determinarea experimentală a extinderii ZIT- ului la tăierea oxigaz

Tăierea oxigaz este cel mai utilizat procedeu de tăiere termică a oțelurilor carbon și slab aliate. Posibilitatea tăierii oxigaz depinde de conținutul elementelor de aliere, datele cunoscute [ 93], [95], [101], s-au obținut pe baza experiențelor efectuate.

În figura 5.35 este prezentată variația conținutului maxim în elemente de aliere pentru oțeluri carbon care se pot debita cu / fără preîncălzire.

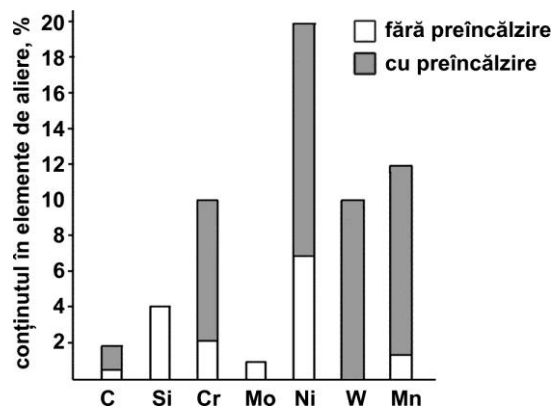


Figura 5.35 Variația conținutului maxim în elemente de aliere pentru oțeluri carbon care se pot debita cu/fără preîncălzire.



Oțelurile carbon cu un conținut de redus de carbon,  $C \leq 0,3\%$ , satisfac condițiile impuse procesului de tăiere oxigaz, iar procesul de tăiere decurge fără dificultate.

În timpul tăierii oxigaz, în materialul supus debitării apar o serie de modificări structurale, datorată temperaturilor înalte la care se produce tăierea. Aceste modificări afectează caracteristicile metalului în special în zona influențată termic.

În cadrul programului experimental s-a urmărit evidențierea factorilor morfologici ai stratului de suprafață care apar în procesul de debitare oxigaz.

Aprecierea suprafețelor debitate la tăierea oxigaz s-a efectuat pe probe debitate, investigațiile efectuându-se în zona stratului suprafeței tăieturii prin :

- analiză microstructurală;
- analiză sclerometrică;

### 5.2.1. Analiza structurală a stratului de suprafață

Analiza microstructurală a stratului de suprafață obținut pe cele două tipuri de oțel, având fiecare o grosime de 25 mm, evidențiază modificări ale materialului în timpul prelucrării, ca urmare a ciclului termic indus de procesul de tăiere.

Analiza microstructurală presupune identificarea zonelor caracteristice, identificarea constituenților structurali și decelarea defectelor. Structura materialului de bază este de tip ferită și perlită în cantitate redusă pentru marca de oțel S235 JR, figura 5.36., respectiv de tip ferită și perlită în cantitate relativ mărită , la marca de oțel S355 JR, figura 5.37.

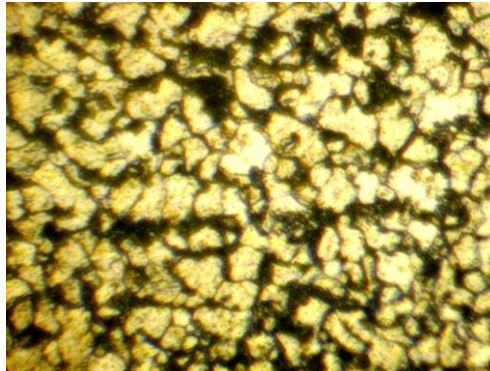


Figura 5.36 Micrografia metalului de bază, oțel S235 JR, X 500, Nital 2%

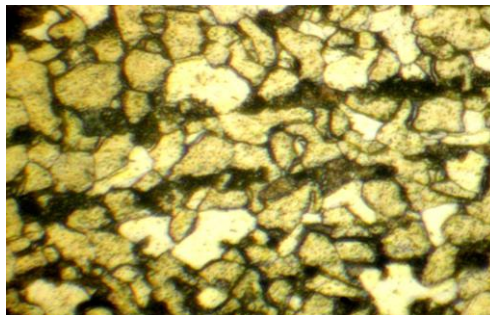


Figura 5.37 Micrografia metalului de bază, oțel S355 JR, X500, Nital 2%



În urma procesului de debitare, sub influența ciclului termic materialul suferă transformări structurale, iar în zona determinată de frontul de tăiere, marginea din dreapta a figurii 5.38, apar elemente ale structurii Widmanstätten în cantități reduse în cazul oțelului S235 JR, respectiv în cantitate mai mare în cazul oțelului S355 JR, figura 5.39.

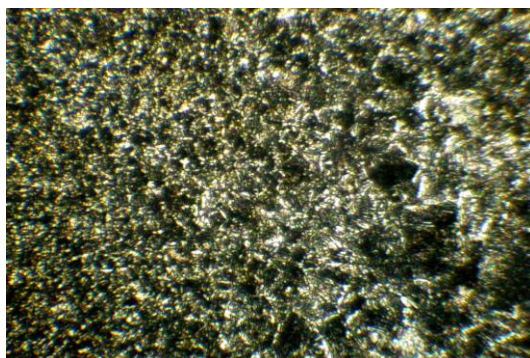


Figura 5. 38 Micrografia stratului de suprafață, oțel S235 JR, X 500, Nital 2%

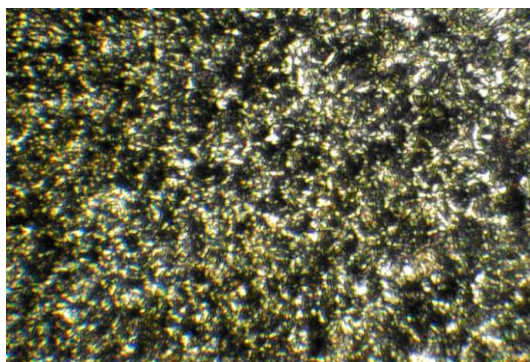


Figura 5. 39 Micrografia stratului de suprafață, oțel S355 JR, X500, Nital 2%

Analiza structurală a materialului de bază și a zonei ZIT-ului, a confirmat faptul că cele două mărci de oțel, S235 JR și S355JR sunt compatibile procedurii de tăiere oxigaz.

La debitarea oxigaz sub acțiunea ciclului termic structura și stratul adiacent debitării sunt puțin afectate, acest fapt determinând modificări structurale minore. Analiza microscopică a demonstrat existența unor structuri clasice și obișnuite pentru un oțel cu un conținut redus de carbon.

### **5.2.2. Analiza sclerometrică a stratului de suprafață**

Analiza sclerometrică, efectuată pentru evidențierea modificărilor apărute în stratul de la suprafață, în urma procesului de tăiere oxigaz, este prezentată în figura 5.40 pentru oțel S235 JR, respectiv figura 5.40 pentru oțel S355 JR.

Măsurătorile s-au efectuat prin metoda Vickers cu sarcina de 200 g, amprentele fiind amplasate de la extremitatea tăieturii spre centrul eșantionului, pasul amprentelor fiind de 0.1 mm.

Din figurile 5.40 și 5.41 se constată că microduritatea stratului de suprafață crește cu aproape 20% în zona de debitare, apoi are loc o descreștere a acesteia spre valori normale de duritate ale materialului de bază.

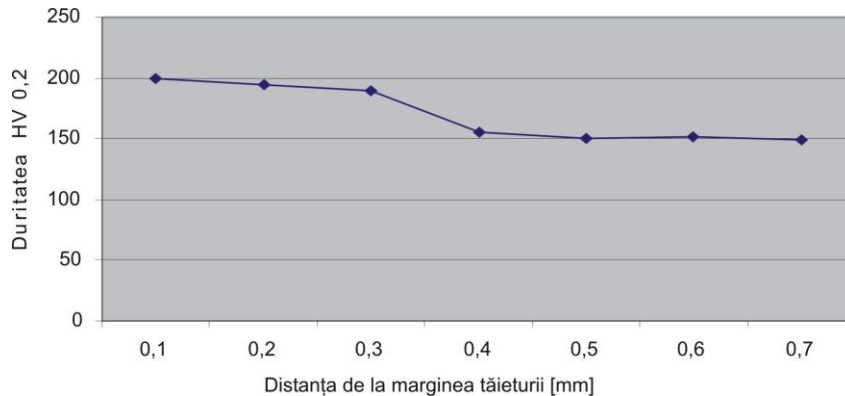


Figura 5.40 Variația microdurității în stratul de suprafață pentru oțel S235 JR

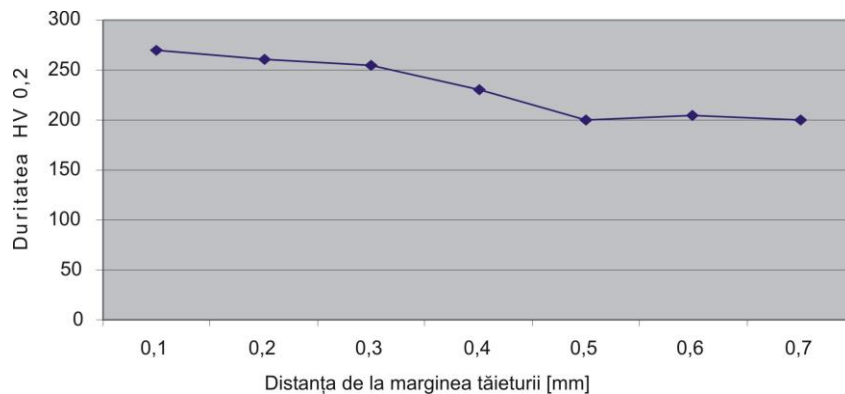


Figura 5.41 Variația microdurității în stratul de suprafață pentru oțel S355 JR

La o distanță de aproximativ 0,4...0,5 mm de la marginea tăieturii, la ambele tipuri de oțel supuse cercetărilor de microduritate, se observă că se revine practic la duritatea pe care o posedă inițial materialul de bază, cu alte cuvinte extinderea ZIT-ului tăieturii se situează la valori de 0,4...0,5 mm.

Acest fapt demonstrează că procesul de tăiere oxigaz a oțelurilor cu conținut redus de carbon, afectează foarte puțin structura materialului în zona de tăiere, iar zona influențată termic este redusă.

În concluzie, se poate afirma că practic caracteristicile mecanice ale oțelurilor cu conținut în carbon redus, nu sunt afectate de ciclul termic indus de procedeul de debitare oxigaz, iar debitarea oxigaz a acestor oțeluri nu necesită preîncălzirea inițială a materialului și nici nu impune necesitatea ca după debitarea pieselor să se facă prelucrarea mecanică pe contur a pieselor rezultate.

## 6. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

Tendențele actuale ale dezvoltării echipamentelor de tăiere oxigaz, se înscriu în direcția abordării de noi soluții tehnice și conceptuale, care să asigure produselor o fiabilitate ridicată, un sistem de conducere și exploatare mecanizată/automatizată și nu în ultimul rând un preț competitiv al echipamentului.

Disponibilitatea tot mai ridicată a echipamentelor de tăiere oxigaz, ca rezultat al cumulării celor doi factori de analiză – mentenabilitate și fiabilitate – determină orientarea beneficiarilor spre utilaje performante, capabile să satisfacă cerințele procesului de producție, printr-o mentenabilitate și fiabilitate ridicată, totul la un preț suportabil și de către micii producători.

Analizând stadiul tăierii termice pe plan mondial se constată existența a două direcții de abordare în ceea ce privește tipul constructiv de achiziționare a echipamentelor de tăiere oxigaz:

- tip portal de dimensiuni mici, medii și mari;
- roboți de tăiere.

Alegerea de către beneficiarul echipamentului a tipului constructiv trebuie să se facă luând în considerare cele trei condiții ale perioadei actuale: productivitate, calitate și preț.

Prezenta teză de doctorat, prin modul de abordare a problematicii de larg interes a echipamentelor de tăiere oxigaz, vine în sprijinul societăților cu producția axată preponderent pe construcția de structuri sudate, printr-o serie de elemente de noutate tehnice și tehnologice de care trebuie să se țină cont la achiziționarea, implementarea și exploatarea echipamentelor în domeniu.

Cercetările efectuate în cadrul tezei de doctorat au condus la următoarele **concluzii**:

- Referitor la modurile de generare a conturului la debitarea oxigaz, analizate prin prisma avantajele și dezavantajele utilizării diferitelor variante de generare a conturului: mecanică, optică și cu comandă numerică, demonstrează că cea mai utilizată metodă este cea cu comandă numerică, datorită pe de-o parte prețului comparabil cu primele două metode, dar mai ales a fiabilității ridicate, a mentenabilității și preciziei de conturare foarte bună.

- În funcție de volumul de producție previzionat, unicat sau de serie, de dimensiunile produselor fabricate, mici sau mari, se poate opta fie pentru soluția echipamentelor tip portal de tăiere oxigaz cu comandă numerică, fie mai recent de utilizare a roboților de tăiere. Analiza situației în domeniul tăierii termice la nivel mondial și național și a perspectivelor în domeniu, a condus la concluzia că în actuala etapă tendința generală este de automatizare a tăierii termice, dar, ținând cont de limitele tehnice, tehnologice, economice și psihologice legate de implementarea în producție a soluțiilor mecanizate și/sau robotizate.

- Analizând principiul și structura unui sistem CAD/CAM prin prezentarea elemente definitorii ale conceptului de sistem CAD/CAM și a evaluării activității privind standardizarea a transferului de date în construcția de mașini, se poate concluziona că se tinde spre o producție automatizată flexibilă, care să permită execuția unei palete largi de piese. De asemenea, în cazuri urgente trebuie să

existe și posibilitatea viabilă de restructurare rapidă a fabricației, pentru execuția de noi tipuri sau variante de piese.

- În cadrul tezei, prin analiza evoluției în timp a conceptului CAD/CAM, a situației actuale privind proiectarea asistată de calculator CAD și fabricația asistată de calculator CAM, s-au expus modalitățile de proiectare și fabricație asistate de producție inteligentă, conceput prin care se poate realiza unificarea într-un concept complex a tuturor activităților care concurează la fenomenul producție, începând cu proiectarea și pregătirea tehnologică până la livrarea produselor finite.

- Prin rularea alternativă pe un stand experimental a celor două programe de conturare, unul preluat din domeniul prelucrării tridimensionale pe mașini unelte și adaptat la conturarea plană pe echipamente oxigaz, iar cel de-al doilea fiind realizat în concepție proprie de autorul tezei, de asemenea pentru conturarea plană pe echipamente oxigaz, s-a putut concluziona că programul realizat de autor corespunde cerințelor actuale tehnice și tehnologice, evidențiindu-se faptul că în comparație cu programele similare utilizate în industrie, acest program conține caracteristici tehnice superioare, fiind simplu, precis, fiabil și rapid de accesat.

- Referitor la implementarea pe un echipament de tăiere oxigaz a celor două programe și a sistemului CAD/CAM, s-a ajuns la concluzia că sistemul și implicit echipamentul, răspund cerințelor tehnice de mentenabilitate și fiabilitate, de precizie și accesare rapidă, sigură și ușoară.

- Analizând rezultatele experimentale efectuate cu ajutorul echipamentului de tăiere oxigaz prin implementarea sistemului CAD/CAM analizat, s-a putut concluziona că echipamentul și sistemul CAD/CAM asigură precizia și calitatea suprafețelor tăiate oxigaz, în conformitate cu prescripțiile normativelor de specialitate.

Se apreciază ca principale **contribuții personale și elemente de noutate** realizate în urma cercetărilor efectuate în cadrul tezei de doctorat următoarele:

- S-au conceput două programe pentru realizarea conturului de tăiere ce se pot utiliza pentru obținerea conturului de tăiere la tăierea oxigaz și alte procedee de tăiere termică. S-au evidențiat elementele tehnice și tehnologice ce diferențiază aplicarea în producție a celor două sisteme, s-au prezentat contribuțiile personale și elementele de noutate ale programului conceput de autor.

- Testarea efectivă a celor două programe prin realizarea fizică a unui stand experimental CAD/CAM pe care s-au rulat cele două programe. Utilizând un sistem de desenare plană, s-au făcut probe de conturare, s-au analizat rezultatele experimentale, s-au evidențiat avantajele și limitele de aplicabilitate ale celor două programe.

- Un element de noutate o constituie analiza modului de comportare în condiții reale de producție. În acest sens s-a proiectat și s-a executat un echipament de tăiere oxigaz. S-au efectuat experimentări de conturare prin desenare cu echipamentul, prin folosirea programului CAD/CAM conceput de autor, s-au evidențiat avantajele utilizării acestuia pe un echipament de tăiere oxigaz.

- Trecerea de la conceptul de model experimental la conceptul de model real, prin integrarea efectivă a echipamentului de tăiere oxigaz în producție, la o firmă cu activitate în domeniul execuției de structuri metalice sudate, constituie o contribuție importantă a autorului tezei. Cu echipamentul de tăiere și programul CAD/CAM conceput de autorul tezei, s-a debitat prin procedeul oxigaz un număr mare de piese necesare în procesul de producție al firmei. S-au analizat calitatea suprafeței debitate, dimensiunile pieselor obținute prin tăiere oxigaz cu echipamentul de tăiere oxigaz. Echipamentul și programul de conturare conceput și realizat, a asigurat o debitare precisă, în condiții reale de producție și de productivitate impusă.

- Proiectarea și realizarea de către autorul tezei a unui echipament de tăiere oxigaz într-o concepție tehnică nouă, prin modularea și tipizarea dimensională a echipamentului, lungime/lățime de tăiere, prin modularea sistemului CAD/CAM, program / sistem numeric de conducere proces / sistem deplasare și control, lucru ce permite alegerea ușoară de către utilizator a variantei dimensionale de echipament. și/sau de sistem CAD/CAM . Soluția constructivă adoptată în realizarea echipamentului de tăiere oxigaz și a soluției de sistem CAD/CAM urmează a fi brevetată de către autorul tezei.

- Realizarea de către autorul tezei în cadrul Unității de Microproducție și Practică din Facultatea de Mecanică din Timișoara unor echipamente de tăiere oxigaz, constituie o contribuție personală, fapt ce a permis verificarea și selectarea soluțiilor tehnice și tehnologice adoptate, alegerea și utilizarea celor mai eficiente variante tipodimensionale de echipament.

- Conceperea, realizarea și implementarea unui sistem CAD/CAM simplu și eficient, ușor de accesat și de utilizat, necesitând cunoștințe și abilități de utilizare de nivel mediu, constituie o contribuție personală importantă și un element de noutate. Sistemul CAD/CAM realizat de către autor, permite implementarea facilă și rapidă a acestuia pe orice echipament de tăiere de tăiere: oxigaz, plasmă sau laser. Rularea programului se face pe un sistem informatic standard, calculator/ monitor, existent în comerț, cu caracteristici tehnice reduse și un preț relativ mic. Soluția adoptată urmează a fi brevetată de către autorul tezei de doctorat.

- Programul dispune de facilitatea alegerii sensului tehnologic de debitare a piesei de către operator, sens orar sau trigonometric, prin aplicarea de către operator a cunoștințelor sale profesionale privind metodele tehnologice de reducere a deplasării piesei în timpul tăierii. Cercetările experimentale efectuate în cadrul tezei, privind duranța în exploatare a echipamentului realizat și a sistemului CAD/CAM conceput, au demonstrat caracteristicile tehnice foarte bune ale soluțiilor adoptate de autor.

- Urmărirea desfășurării programului se poate face opțional, cu sau fără tăiere, deplasarea aparatului sau a aparatelor de tăiere oxigaz se poate face după cele două direcții carteziane, opțional, cu viteză mare de deplasare pentru poziționare sau cu viteză tehnologică de tăiere. Programul permite selectarea mărimii vitezei de tăiere în funcție de parametrii tehnologici înaintea începerii procesului de debitare, dar și ajustarea vitezei de tăiere în timpul derulării procesului.

- O contribuție importantă derivă și din modul practic de cuantificare a cercetărilor privind modul de analiză și determinare a extinderii ZIT-ului tăieturii, prin analize metalografice și încercări sclerometrice. În cadrul tezei, cercetările efectuate de autor privind această direcție, prezintă și demonstrează rolul major al operatorului în stabilirea corectă a valorii parametrilor de tăiere.

Având la bază soluțiile tehnice adoptate precum și cercetările inițiate și realizările obținute în cadrul tezei, într-o perspectivă de viitor, aceste realizări se pot continua prin inițierea și dezvoltarea unei activități de furnizarea către societățile de tip I.M.M. a unor echipamente de debitare oxigaz, ieftine și fiabile, simple și performante, având ca bază de referință echipamentul de tăiere oxigaz conceput și programul de CAD/CAM realizat și testat de autor.

De asemenea în perspectivă, ca o contribuție personală și un element de noutate deosebit de valoros, este determinat de faptul că relativ ușor se poate demara și o activitate de reparare a unor echipamente de tăiere termică, oxigaz, cu plasmă sau laser, uzate sau depășite tehnic sau moral, existente în producție, ce se pot dota cu noul sistem CAD/CAM, realizat de autorul tezei.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Akin, J.: Computer Assisted Mechanical Design, Prentice – Hall, Englewood Clifs, NJ, 1990
- [2] Albu, P.A.: Teza de doctorat – UTT, Facultatea de Electrotehnică, 1994
- [3] Bach, Fr. W., Versemann, R.: Aplicarea tăierii cu flacără sub apă, Conferința Internațională Tăierea Termică, 16-18 iunie 1999, Timișoara, Romania, p.68 – 72
- [4] Basov, G. G., ș.a.: Air plasma cutting in manufacture of locomotive sat OJSC Luganskteplovoz Holding Company, Avtomaticeskaia Svarka, 2004, nr.2, p.42-44
- [5] Broden G., Engblom G., Falck K.: Bevel cutting, Document IIW- I-942-91; Document IIW-I-E-113-91; Document IIW-1113-91 Welding in the World, 1992, vol. 30, No. 11/12, p. 307-311
- [6] **Câneparu, P.ș.a.:** Mașină automată de tăiere termică oxigaz cu urmărire optică și controlul deplasării tip MATTO-CD, Documentație DE(u), ISIM Timișoara, 1989
- [7] **Câneparu, P.:** Instalație oxigaz de tăiat și șanfrenat țevi tip ITS – Documentație DE(u), ISIM Timișoara, 1989
- [8] **Câneparu, P.:** Tăierea eficientă a tablelor și pregătirea rosturilor – Sintează IDS 1993, ISIM Timișoara, 1993
- [9] **Câneparu, P.:** Tendințe în sudură și tăiere – Procedee de tăiere – Sintează IDS 1993, ISIM Timișoara, 1993
- [10] **Câneparu, P.:** Cercetări privind realizarea și experimentarea unei instalații de tăiere cu laser prin urmărire optică, Raport de cercetare ISIM Timișoara, 1993
- [11] **Câneparu, P.:** Cercetări privind dezvoltarea de tehnologii neconvenționale și procedee conexe, Concepția unei instalații de tăiere laser cu urmărire optică după desen, Documentație de execuție DE(u), ISIM Timișoara, 1993
- [12] **Câneparu, P.ș.a.:** Mașina automată de tăiere termică oxigaz cu urmărire optică, scara 1:1, tip MATT-COR – Documentație de execuție DE(u), ISIM Timișoara, 1994
- [13] **Câneparu, P.:** Realizarea unui model experimental de instalație de tăiere termică cu laser cu urmărire optică, Documentație de execuție DE(u), ISIM Timișoara, 1994
- [14] **Câneparu, P.:** Tendințe în dezvoltarea procedeelelor de tăiere, Sintează BID – ISIM, nr.3/1994
- [15] **Câneparu, P.ș.a.:** Instalație de tăiere / sudare cu fascicul de electroni tip ISFE 3/60- Documentație de execuție DE(u), ISIM Timișoara, 1994
- [16] **Câneparu, P.:** Cercetări pentru realizarea și experimentarea unei instalații de tăiere cu laser prin urmărire optică și cu comandă CNC, ISIM Timișoara, 1995
- [17] **Câneparu, P.,** Miloș, L., Popescu, M.: Studies on the CNC oxygas thermal cutting. The 6-th interational Conferece Research and Development in Mechanical Industry, Radmi 2006, 13-15 september, Serbia and Montenegro, ISBN 86-83803-21-X, pp.103-117
- [18] **Câneparu, P.,** Miloș, L.: Stand experimental și mașina mecanizată pentru implementarea sistemului CAD/CAM la tăierea oxigaz, Simpozion Calitatea Produselor și Proceselor Mecanice, UPT, Timișoara, 2006



- [19] **Câneparu, P.**, Miloş, L., Popescu, M.: Probleme de calitate la tăierea oxigaz. Simpozion Calitatea Produselor și Proceselor Mecanice, UPT, Timișoara, 2006
- [20] **Câneparu, P.**, Miloş L., Popescu M.: Experimental results on the quality of surfaces and dimensional tolerance in oxygas cutting. Interntional Conference on Material Science and Engineering, Bramat 2007, ISSN 1223-9631, pp.181, Braşov
- [21] **Câneparu, P.**, Miloş L., Popescu M.: Developed experimental researches on the cut surfaces using a CNC oxygas thermal cutting machine. Interntional Conference on Material Science and Engineering, Bramat 2007, ISSN 1223-9631, pp.184, Braşov
- [22] **Câneparu, P.:** Instalație de sudare în vid cu fascicul de electroni, Certificat de inovator nr.696/1991, MRI-DICM, 1991
- [23] **Câneparu, P.:** Dispozitiv pentru poziționarea pieselor la sudare, Documentație de execuție DE(u) , ISIM Timișoara, 1987
- [24] **Câneparu, P.**, Miloş, L.: Experimental stand and mechanized machine to implement the CAD/CAM system in oxygas cutting. Sesiunea Anuală de Comunicări Stiintifice „ IMT Oradea-2007”, Oradea
- [25] Dehelean, D.: Stadiul tăierii termice în Romania, Conferința Internațională Tăierea Termică, 16-18 iunie 1999, Timișoara, România, p.1-10
- [26] Dolby, R. E.: Tendințe privind procesele de sudare în domeniul construcțiilor pentru proiecte de infrastructură, Conferința Internațională ASR, 11 iulie 2003, București, România, p.25
- [27] Demian, T. ș.a.: Metodologie de proiectare asistată de calculator a celulelor flexibile de fabricație, Revista Construcția de Mașini, nr.8, București, 1994
- [28] Demian, T. ș.a.: Sistem electronic de comandă al unității modulare de translație acționată electric în circuit mecanic închis, MERO 91, al IX lea Simpozion Național de Roboți Industriali și Mecanisme Spațiale, vol. 1, București 1991
- [29] Demian, T. ș.a.: Modelling and Simulating of Incremental Motion Control Systems with Stepping Motors, IFTOMM'95, Milano, Italy, 1995
- [30] Dumbravă, D. ș.a.: Cercetări comparative privind tehnologiile de tăiere termică folosind gaze diferite. Determinări comparative privind starea plană de deformație la tăiere, Sudura ASR, 2004, nr.6, p.5-10
- [31] Engblom, G.: Tendințe în domeniul materialelor, tăierii și sudării, Conferința Internațională Tăierea Termică, 16-18 iunie 1999, Timișoara, Romania, p.11- 23
- [32] Engblom, G.: Cutting and welding in year 2000, document IIW- I-E-272-98
- [33] Engblom, G.: Thermal cutting and water jet cutting, document IIW- I-1101-00
- [34] Engblom, G.: National safety regulations for oxy-fuel cutting and welding equipment, IIW-1453-99 Welding in the World, 2000, vol. 44, No. 4, p.10-11
- [35] Engblom, G., Falck K. : Quality classification of thermally cut surfaces, document IIW-I-914-90, Welding in the World, 1990, vol. 28, No. 11/12, p. 204-214
- [36] Gorbach, V.D., ș.a.: document IIW- VIII-1847-98
- [37] Gosztkowski, S., Kowalik, R.: APPACHI™ –an alternative of cutting, brazing and heating gas, Biuletyn Instytutu Spawalnitcwa W Gliwicach, 2000, vol.44, nr. 5, p. 124 - 126
- [38] Grothe I.: New German ventilation requirements for welding, cutting and allied processes, document IIW - VIII-1532-90
- [39] Harjan I., **Câneparu, P.:** Linie asamblare prin sudare tăblie spate, Certificat de inovator nr. 346/1987, MICM-DT, 1987



- [40] Harjan I., **Câneparu, P.**: Linie de asamblare prin sudare electrică prin presiune în puncte multiple lonjeron față stânga, Certificat de inovator nr. 167/1985, MICM-DT, 1985
- [41] Harjan I., **Câneparu, P.**: Linie de asamblare prin sudare electrică prin presiune în puncte multiple lonjeron față dreapta, Certificat de inovator nr. 173/1985, MICM-DT, 1985
- [42] Harjan I., **Câneparu, P.**: Mașină de sudat radiatoare panou, Certificat de inovator nr. 606/1989, MICM-DT, 1989
- [43] Harjan I., **Câneparu, P.**: Instalație de placare cu bandă în spirală arhimedică, Certificat de inovator nr.295/1987, MICM,1987
- [44] Harjan I., **Câneparu, P.**: Dispozitiv pentru sudarea ștuțurilor tip DSS, Certificat de inovator nr.119/1985, MIUG-DTIMER, 1985
- [45] Harjan I., **Câneparu, P.**: Linie asamblare "capotă față", Certificat de inovator nr.352/1987, MICM-DT,1987
- [46] Haferkamp, H. ș.a.: Geschwindigkeitssteigerung beim Brennschneiden von Formteilen und zur Schweiß-nahtvorbereitung, Schweissen und Schneiden, 1999, nr. 11, p.700-705
- [47] Joni, N.: Soluții moderne privind implementarea roboților industriali la sudarea MIG/MAG și procese de tăiere – Teza de doctorat, 2003
- [48] Joni,N.: Sudarea robotizată cu arcul electric, Editura Lux Libris, Brașov, 2005
- [49] Larsson S.,Pekkari B.:Welding and cutting in a sustainable world, Proceedings of the 2000 IIW International Congress, Melbourne, 29October- 2 November 2000
- [50] Leino K.: Improving the accuracy of thermally cut parts for welded assemblies, Document IIW- I-1085-99, Document IIW-1456-99 Welding in the World, 2000, vol. 44, No. 4, p.18-22
- [51] Mair, H.: Comparație între diferite procedee de tăiere termică, Conferința Internațională Tăierea Termică, 16-18 iunie 1999, Timișoara, Romania, p.24 – 40
- [52] Matsuyama K.I.: Mathematical modelling of kerf formation phenomena in thermal cutting, Document IIW-I-1018-94, Document IIW- I-E-185-94;Document IIW- IIW-1283-95, Welding in the World, 1997, vol. 39, No. 1, p.28-34
- [53] Mawson, M.: Thermal cutting in fabrication, Metal Construction 4/1983, p.8-12
- [54] McMillan G.H.G.: Control of risks of welding, cutting or burning in confined spaces, Document VIII-1779-95
- [55] Miloș, L.: Tăierea termică, Ed. Sedona, Timișoara, 1996
- [56] Miloș, L., Tioc, I.: Utilizarea tăierii termice la fabricarea echipamentelor hidroenergetice, Conferința Internațională Tăierea Termică, 16-18 iunie 1999, Timișoara, Romania, p.80 -89
- [57] Miloș, L.,**Câneparu, P.**: Sisteme CAD/CAM în realizarea conturului de tăiere la mașinile oxigaz, Simpozion Calitatea Produselor și Proceselor Mecanice, UPT, Timișoara, 2006
- [58] Nehez, K. ș.a.: Cutting force modelling with 3-axis milling simulators, Gep, 2002, nr. 2-3, p.36-38
- [59] Pekkari B.: Welding and cutting in a sustainable world, Proceedings of the 1999 International Conference "The human factor and its environment", Lisbon, July 1999, publ. in Welding in the World, July/August 1999, vol. 43, Special issue, p. 5-21

- [60] Pisc, M., Floriganță, Gh.: Metode de corectare a abaterilor dimensionale la tăierea cu flacără utilizând echipamente CNC, Conferința Internațională Tăierea Termică, 16-18 iunie 1999, Timișoara, Romania, p.62 -67
- [61] Plebuch, F. C., Stocker, J.: Tehnicile autogene, cu flacără oxigaz, în industria de prelucrare a metalelor, Sudura ASR, 2004, nr. 4, p.19-23
- [62] Popescu, M., **Câneparu, P.**, Marta, C., Câneparu, A.: Thermal cutting and the ECO-CONCEPTION, BRAMAT Conference, 2007, Brașov
- [63] Popescu, M., Marta, C., Câneparu, A.: Tăierea termică, Colecție multilingvă de termeni, CMTTT-98, ISIM Timișoara, 1998
- [64] Rabe, P.D.: Betrieb einer CNC – Brennschneidmaschine mit Unterwasserplasma, Schiffalets – Verlag HANSA, 1982
- [65] Ramsey, Pane, W.: Welding Handbook, Sixth Edition, Section 3A, Welding, cutting and related processes, AWS, 1970
- [66] Rasoini R.: Hydrogen - Future gas ecology and saving by using self-produced gases for the welding and flame workings, document IIW- VIII-1898-00
- [67] Savii, G.: Bazele proiectării asistate de calculator CAD, Ed. Mirton, Timișoara 1997
- [68] Slavici, T.: Elemente fundamentale ale proiectării și fabricării asistate de calculator, Ed. EUROBIT, Timișoara, 1999
- [69] Trif, I.N.: Automatizarea proceselor de sudare, Ed. Lux Libris, Brașov, 1997
- [70] Trommer, G.: Tăierea termică într-o întreprindere profitabilă, Sudura ASR, 2000, an. 10, nr. 4, p.62-65
- [71] Jenchea, P.: Stadiul și tendințele standardizării în domeniul tăierii termice, Conferința Internațională Tăierea Termică, 16-18 iunie 1999, Timișoara, Romania, p.155 - 158
- [72] Vaș, A., ș.a.: Considerații de ordin tehnic și economic la alegerea procedeelor de tăiere termică, Conferința Internațională Tăierea Termică, 16-18 iunie 1999, Timișoara, Romania, p. 41- 54
- [73] Vignardet, L.: Oxycoupage et coupage plasma des éléments a souder, Souder, 2000, nr. 2, p.11-34
- [74] Vignardet, L.: Oxycoupage et coupage plasma des éléments a souder. Mise en oeuvre des machines (suite), Souder, 2002, nr. 1, p.3-32
- [75] Vignardet, L.: Oxycoupage et coupage plasma des éléments a souder. Mise en oeuvre des machines (suite), Souder, 2002, nr. 2, p.23-33
- [76] Vignardet, L.: Oxycoupage et coupage plasma des éléments a souder, Souder, 2002, nr. 4, p.15-26
- [77] Visontay, I., Götz, S.: Organizarea muncii și alimentarea mașinilor de tăiat termic, Conferința Internațională Tăierea Termică, 16-18 iunie 1999, Timișoara, Romania, p.55 -61
- [78] Welzel, G.: Nouveau systeme de torche pour coupage sans intervention manuelle – Revue de la Soudure no. 2/1995, p.42-45
- [79] xxx: Anuarul Statistic al României – Producția industrială 2006
- [80] xxx: Biroul de Statistică al UE, EUROSTAT, <http://www.eurostat.com>
- [81] xxx: BUG-O Systems – The complete systems of lightweight drives, carriages, rails and accessories, 2001
- [82] xxx: Burny Etek – Automatic clearance controllers for cutting machines, 1998
- [83] xxx: Catalog de produse SC DUCTIL SA Buzău, 2001
- [84] xxx: Cloos Schweisstechnik – Robotersysteme 2001
- [85] xxx: Colecția de standarde comentate în domeniul sudării și tehnicilor conexe, vol. V, Sudare și tăiere cu gaze, Ed. Sudura, Timișoara 2002
- [86] xxx: C & G Systems, INC. – Catalog Produse 2001

- [87] xxx: Fișa tehnică MINIMATTO – ELECTROTIMIȘ Timișoara, 2001
- [88] xxx: Fișe tehnice ESAB – 2000
- [89] xxx: Innovative cutting machine revolutionises fabrication of long materials, Australasian Welding Journal, 2000, vol. 45, nr. 3, p.4
- [90] xxx: International Iron and Steel Institute 2005, IISI Bruxelles 2005
- [91] xxx: Institutul Național de Statistică, Biroul de presă, Comunicat nr.17/29.01.2007, București 2007
- [92] xxx: Microsoft-Dataquest- Catalog 2003
- [93] xxx: Moderne Schneidtechnologien, Schweissen und Schneiden, 2000, vol. 52, nr., p.698-703
- [94] xxx: Safety in welding, cutting and allied processes, Document IIW- VIII-1461-89
- [95] xxx: SAF – Catalog general 1996. Soudage. Coupage
- [96] xxx: STAS 12910 - 90 Mașini de tăiere termică. Clasificare și terminologie
- [97] xxx: SR EN 874/2000 Aparate oxigen-gaz combustibil (tip mașină de tăiere) cu corp cilindric
- [98] xxx: SR EN 10025 Produse laminate la cald din oțeluri de construcție nealiat. Condiții tehnice de livrare
- [99] xxx: World Robotics 2004, IPA Stuttgart, ISO 8373, <http://www.ifr.org.com>
- [100] xxx: World Robotics 2004, United Nations Economic, Commission for Europe, Geneva 2004, <http://www.world robotics 2004.com>
- [101] xxx: World Thermal Cuttings 2004, United Nations Economic, Commission for Europe, Geneva 2004, în Internet, <http://www. world thermal cuttings 2004.com>
- [102] xxx: www. bnro., 2006
- [103] xxx: www. world steel 2005. com