

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA  
BIBLIOTECA CENTRALĂ

Nr. Inv. 625.153

Dulap 181 Lit. D

8276

7 09 99

UNIVERSITATEA TEHNICĂ TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE MECANICĂ  
CATEDRA UTILAJUL ȘI TEHNOLOGIA SUDĂRII

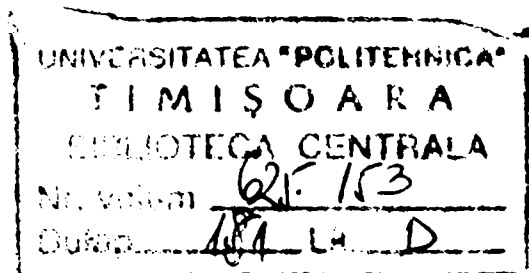
TEZĂ DE DOCTORAT

CONTRIBUȚII  
LA UTILIZAREA SENZORILOR DE ARC ȘI TACTIL  
PENTRU URMĂRIREA ROSTURILOR DE SUDARE  
ÎN CONSTRUCȚIA DE VAGOANE

DOCTORAND:

ING. SIMA GHEORGHE

CONDUCATOR ȘTIINTIFIC:  
PROF. DR. ING. VOICU SAFTA



## CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b> .....	4
<b>1. CONSIDERATII PRIVIND NECESITATEA UTILIZĂRII SENZORILOR LA SUDARE</b> .....	14
<b>1.1 Sudare în mediu de gaz protector</b> .....	14
<b>1.2 Automatizarea proceselor de producție</b> .....	17
1.2.1 Noțiuni de automatizare.....	17
1.2.2 Utilizarea sistemelor robotizate.....	22
<b>1.3 Definirea senzorilor</b> .....	28
1.3.1 Studiul deplasării liniei rostului de sudare în timpul operației de sudare.....	28
1.3.2 Utilizarea senzorilor la sudare.....	32
<b>2. TIPURI DE SENZORI UTILIZAȚI LA SUDAREA CU ARCUL ELECTRIC</b> .....	39
<b>2.1 Clasificarea senzorilor</b> .....	39
<b>2.2 Senzori tactili</b> .....	43
2.2.1 Senzori cu contact mecanic.....	43
2.2.1.1 Senzori electromecanici.....	43
2.2.1.2 Senzori activi.....	47
2.2.1.3 Senzori matriceali.....	49
2.2.1.4 Exemple de utilizare.....	51
2.2.2 Senzori cu contact electric.....	51
<b>2.3 Senzori fără contact cu piesele de sudat</b> .....	54
2.3.1 Senzori inductivi.....	54
2.3.1.1 Senzori magnetici.....	55
2.3.1.2 Senzori ce utilizează curenți Foucault.....	58
2.3.1.3 Particularitățile senzorilor inductivi.....	62
2.3.2 Senzori de arc.....	64
2.3.2.1 Cap de sudare cu două sârme.....	68
2.3.2.2 Senzori cu deviație magnetică a arcului.....	70
2.3.3 Senzori optici.....	71
2.3.3.1 Senzori optici de observare.....	73
2.3.3.2 Senzori optici de arc.....	76
2.3.3.3 Senzori optici de triangulație.....	83
2.3.4 Senzori ce utilizează alte principii de detecție.....	85
2.3.4.1 Senzori cu fluid.....	85
2.3.4.2 Senzori de înaltă frecvență.....	87
2.3.4.3 Senzor ultrasonic.....	87
2.3.4.4 Senzori capacitivi.....	88

<b>3. ELABORAREA PROGRAMULUI EXPERIMENTAL DE CERCETARE A CONDIȚIILOR URMĂRIII STABILE A ROSTURILOR PENTRU SUDARE UTILIZĂND SENZORI DE ARC ȘI TACTILI.....</b>	<b>90</b>
3.1 Considerații generale asupra programului experimental.....	90
3.2 Principalele tipuri de rosturi cercetate.....	92
3.3 Metodologia de investigare a ansamblor sudate cercetate.....	94
3.4 Proiectarea unui sistem informatic pentru elaborarea tehnologiei de sudare.....	95
<b>4. DESCRIEREA INSTALAȚIEI UTILIZATE LA EXPERIMENTĂRI.....</b>	<b>98</b>
4.1 Robotul pentru sudare OTC-V01.....	99
4.2 Echipamentul de sudare.....	102
4.3 Senzorul LINE MASTER.....	105
4.4 Instalații auxiliare.....	102
<b>5. CERCETAREA URMĂRIII ROSTURILOR CU SENZORIDE ARC ȘI TACTIL ÎN CONSTRUCȚIA DE VAGOANE.....</b>	<b>115</b>
5.1 Studiul localizării și urmării rosturilor utilizând senzori de arc și tactil....	115
5.2 Caracteristicile rosturilor pentru sudare.....	124
5.2.1 Forme de rosturi utilizate în construcția de vagoane.....	126
5.3 Caracteristicile materialelor de adaos utilizate.....	132
5.4 Cercetarea condițiilor urmării stabile a rosturilor de sudare în construcția de vagoane.....	134
5.4.1 Cercetări pentru conducerea capului de sudare la diferite raze de curbură...	134
5.4.2 Cercetarea gradului de umplere al rosturilor.....	149
<b>6. CERCETAREA UTILIZĂRII SENZORULUI DE ARC ȘI TACTIL LA SUDAREA ANSAMBLELOR DIN CONSTRUCȚIA DE VAGOANE.....</b>	<b>155</b>
6.1 Lonjeron Y25.....	155
6.2 Traversă crapodină boghiu Y25.....	162
6.3 Țepușă vagon platformă.....	166
6.4 Carcasă tampon.....	170
6.5 Traversă crapodină șasiu.....	173
6.6 Longeron boghiu Y32.....	174
6.7 Perspective.....	180
<b>7. SISTEM INFORMATIC PENTRU ELABORAREA TEHNOLOGIEI DE SUDARE.....</b>	<b>181</b>
7.1 Descrierea sistemului informatic.....	181

7.1.1 Sistem informatic pentru identificarea senzorilor de utilizat la urmărirea rosturilor pentru sudare.....	182
7.1.2 Sistem informatic pentru elaborarea tehnologiei de asamblare și sudare.....	187
7.1.2.1 Structura programului.....	189
7.1.2.2 Modul de utilizare a tehnologiei de sudare elaborate.....	203
<b>7.2 Concluzii în legătură cu sistemul informatic.....</b>	<b>206</b>
<b>8. ELEMENTE DE NOUȚATE ȘI CONSIDERAȚII FINALE.....</b>	<b>208</b>
<b>8.1 Elemente de noutate.....</b>	<b>208</b>
<b>8.2 Considerații finale.....</b>	<b>212</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>214</b>

# INTRODUCERE

În prezent pe plan mondial realizarea de construcții sudate ocupă un loc important în producția industrială, căutându-se noi căi și metode pentru creșterea productivității muncii și reducerea influențelor negative asupra factorului uman. Din acest punct de vedere utilizarea unor instalații automate sau robotizate pentru sudare se impune tot mai mult. La sudare capul de sudare trebuie să urmărească fidel rostul pentru sudare pentru a se obține îmbinări sudate de calitate cu performanțe tehnice ridicate.

Din punct de vedere tehnic și științific se caută metode și echipamente prin intermediul cărora capul de sudare să fie condus cu precizie în lungul rostului pentru sudare. Acest lucru se realizează cu senzori plasați în vecinătatea capului de sudare. Actualmente tehnica acestor senzori a fost dezvoltată foarte mult fiind unul din domeniile în care se lucrează foarte intens. Au fost concepuți o multitudine de senzori, utilizarea directă în aplicațiile industriale fiind condiționată de prețul de cost al acestora. Senzorii utilizați actualmente cel mai mult pentru sudare sunt folosiți la sudarea cu roboți industriali și trebuie să asigure atât localizarea piesei cât și urmărirea rostului, ținând seama de modificările ce au loc în timpul procesului de sudare. Sudarea cu senzori de rost conduce la obținerea unor performanțe bune ca urmare a faptului că un traseu stabilit anterior sudării este supus unor modificări datorită proceselor tehnice ce au loc în timpul operației de sudare.

Utilizarea acestor senzori permite un grad înalt de automatizare a procesului de sudare, în condiții de calitate sporită în raport cu alte variante de sudare.

Datorită costului ridicat și a complexității echipamentelor, actualmente la noi în țară sudarea cu utilizarea senzorilor de rost este aplicată pe scară mai restrânsă.

Problemele tratate în teza de doctorat urmăresc rezolvarea aspectelor științifice și tehnologice legate de utilizarea senzorilor de arc și tactili la sudarea subansamblelor din construcția de vagoane. Rezultatul acestor cercetări și experimentări pot fi utilizate și în alte domenii de activitate la realizarea de construcții sudate similare. Teza de doctorat este structurată pe 8 capitole, cuprinde 225 pagini, 159 figuri și fotografii și o listă bibliografică cu 124 titluri în care sunt incluse și cele publicate de autor în domeniu.

Capitolul 1 prezintă considerații privind necesitatea utilizării senzorilor la sudare. Se analizează procedeele de sudare de utilizat care dau cele mai bune rezultate și influența lor asupra gradului de urmărire al senzorului. În acest sens se prezintă câteva considerente despre sudarea MIG/MAG, acest procedeu de sudare fiind utilizat în timpul experimentărilor.

În continuare se prezintă necesitatea automatizării proceselor de producție în care un rol important în desfășurarea corectă a acestora îl au tipurile de senzori utilizați.

În condițiile actuale de dezvoltare a tehnicii este indispensabilă utilizarea instalațiilor automate și robotizate pentru realizarea în condiții de eficiență și calitate a construcțiilor sudate. Din aceste considerente s-a analizat și se prezintă atractivitatea utilizatorilor față de tehnologiile de automatizare și robotizare a sudării cu arcul electric. La automatizarea proceselor de sudare trebuie să se țină seama de modificările ce apar în configurația rostului pentru sudare, modificări ce trebuiesc sesizate de către senzor și transmise elementelor de analiză, reglare și control.

Un loc important în sudarea cu senzor de rost îl are sudarea robotizată, și de aceea în continuare sunt prezentate considerații privind utilizarea sistemelor robotizate. S-a făcut o analiză și se prezintă prin comparație sudarea manuală, sudarea robotizată și automatizarea convențională prin prisma eficienței

economice funcție de numărul de piese realizate precum și volumul de utilizare a roboților cu senzori de rost în diferite țări.

În continuare se prezintă studiul deplasării liniei rostului în timpul operației de sudare. Aceste deplasări depind de poziția momentană a capului de sudare, de regimurile de sudare utilizate și de dimensiunile pieselor. Experimentările au arătat că dacă toate aceste deplasări de la linia de sudare ideală nu sunt corectate conduc la abateri și defecte în îmbinarea sudată. Aceste experimentări au fost efectuate atât pe îmbinări cap la cap cât și de colț. Sunt prezentate de asemenea principalele cauze care conduc la erori de poziționare a capului de sudare în raport cu traiectoria ideală.

La finalul capitolului se prezintă utilizarea senzorilor la sudare cu definirea acestora și modul lor de construcție. Un senzor se compune din: receptor, convertor, amplificator și elementele de prelucrare a datelor. De asemenea se prezintă interacțiunea dintre senzor și instalația în cadrul căreia lucrează. Utilizarea unui senzor corespunzător pentru o anumită instalație este foarte importantă, acesta putând duce la creșterea capacității instalației, în caz contrar putând reduce capacitatea de lucru a instalației.

Capitolul 2 prezintă tipurile de senzori utilizați la sudarea cu arcul electric și principiile de funcționare ale acestora. După analiza acestor senzori în funcție de anumite criterii se prezintă o clasificare a acestora. Cel mai utilizat criteriu de clasificare este cel bazat pe principiul fizic pe care senzorul îl utilizează. De asemenea se prezintă volumul de utilizare a diferitelor tipuri de senzori.

După principiul fizic senzorii se clasifică în două grupe mari:

- senzori tactili ( în contact cu piesele ).
- senzori fără contact direct cu piesele.

Senzorii tactili vin în contact direct cu piesa ce se sudează explorând prin intermediul unor palpatoare sau a sârmei electrod flancurile rostului ce se sudează

În cadrul senzorilor tactili sunt prezentate două mari grupe:

- senzori cu contact mecanic

- senzori cu contact electric

Senzorii cu contact mecanic sunt larg răspândiți datorită simplității construcției și costului scăzut. Precizia lor de urmărire este însă scăzută.

Senzorii cu contact mecanic în general au în componența lor o parte de palpăre ( tijă) care este plasată în rostul de sudare și care poate avea diferite forme și un sistem care măsoară deplasările tijei de palpăre în raport cu poziția de referință (zero). Semnalele sunt transmise sistemului de comandă care analizează și transmite semnalele pentru modificarea deplasării capului de sudare.

Aceste tipuri de senzori sunt utilizați în unele aplicații industriale cum ar fi:

- senzor ABC pe robot OTC pentru învățarea traiectoriei.
- senzor ARMCO pe robot ARMCO pentru urmărirea rostului la sudarea sub flux.
- senzor ESAB pe robot ASEA pentru învățarea și urmărirea rostului la sudare.
- senzor CYCLOMATRIC pe robot AMERICAN ROBOT pentru urmărirea rostului la sudare.
- senzor CABROL pe robot SHIN MEIWARV 110 pentru suduri de colț în construcții navale
- senzor MITSUBISHI DENKI pe robot DAIKIN INDUSTRY pentru urmărirea unor contururi.
- senzor TORSTEKNIK pe robot YASKAWA pentru învățarea și urmărirea rostului.

Senzorii cu contact electric utilizează un curent de înaltă tensiune iar palpărea se realizează prin intermediul electrodului sau baza diuzei. Palpărea se face înaintea începerii operației de sudare, acest sistem de urmărire neținând seama de deformațiile ce au loc în timpul operației de sudare. Acest tip de senzori sunt utilizate de firmele: ADVANCED ROBOTIC, CORP, O.T.C, MITSUBISHI ELECTRIC CORP, HITACHI UNIMATION, SHIN MEIWA, KOBE STEEL, AUTOMATIX, etc...



În continuare sunt prezentați senzorii fără contact cu piesele de sudat utilizați la sudare în diverse aplicații industriale. Aceste tipuri de senzori elimină o serie de dezavantaje întâlnite la senzorii tactili reprezentând un pas important în dezvoltarea sistemelor senzoriale. În baza fenomenelor ce le utilizează există trei mari categorii de senzori după cum urmează:

- senzori inductivi.
- senzori de arc.
- senzori optici.

În general acești senzori sunt utilizați la sudarea cu roboți industriali, măbind performanțele acestora.

În cadrul senzorilor inductivi sunt prezentați atât senzorii magnetici cât și principalii senzori ce utilizează curenții Foucault. Din aceste categorii fac parte următorii senzori:

- ZENTAL ( localizează și evoluează lățimea rostului).
- MESSER GRISHEIM ( senzor inductiv diferențial ).
- VALLOUREC ( senzor inductiv diferențial ).
- FIAT ( senzor cu măsurare diferențială ).
- HITACHI ( senzor cu circuit dublu ).
- C.E.A/UGRA ( senzor cu circuite multiple ).

De asemenea sunt făcute referiri și la alți senzori care utilizează aceleași principii de funcționare.

În continuare sunt prezentați senzorii de arc care au cea mai răspândită utilizare ca urmare a simplității funcționale și prețului de cost. Acești senzori utilizează analiza variației parametrilor utilizați la sudare. În cazul utilizării unei singure sârme este obligatoriu pendularea capului de sudare transversal pe rost iar în cazul utilizării a două sârme acest lucru nu este necesar. Din această categorie de senzori este prezentat senzorul LINE MASTER.

În cadrul senzorilor de arc sunt prezentați senzorii optici utilizați în aplicațiile industriale de asamblare și sudare.

Acest tip de senzori sunt cei mai moderni și care utilizează tehnica de ultimă oră. Din categoria senzorilor optici cei mai utilizați sunt următoarele tipuri de senzori:

- observare.
- măsurare a intensității luminoase ( de arc).
- triangulație.

Senzorii de observare sunt utilizați în general înainte de sudare pentru localizarea rostului dar pot fi folosiți și în timpul operației de sudare pentru urmărirea rostului. Din această categorie fac parte senzorii: AUTOMATIX și GENERAL MOTORS.

Senzorii optici de arc vizualizează zona de sudare prin intermediul unei camere convenționale, sau prin camere cu infraroșii montate pe capul de sudare. Acești senzori fac măsurători punctuale, liniare sau de suprafață pentru conducerea capului de sudare în lungul rostului.

Din această categorie fac parte următorii senzori:

- GENERAL ELECTRIC ( utilizează măsurătorile punctuale ).
- H.G.H ( utilizează măsurători liniare ).

Tot în cadrul senzorilor optici de arc sunt prezentați și senzorii care utilizează lumina arcului electric ( direct sau utilizând surse suplimentare ) pentru conducerea capului de sudare. Din această categorie sunt prezentați următorii senzori:

- MESSER GRISHEIM ( cu lumină retrodifuzată ).
- DREWS STARKE ( cu sursă externă ).
- GENERAL ELECTRIC ( cu raze laser ).
- CICLOMATIC ( sursă externă ).

Senzorii optici de triangulație utilizează principiul triangulației pentru determinarea atât a distanței cap de sudare piesă cât și pentru urmărirea rostului de sudare. Din această categorie fac parte următorii senzori:

- VEVERY ( pentru îmbinări cap la cap ).

- OLDELFT ( cu baleaj ).
- SATURN ( cu oglindă oscilantă ).

În finalul capitolului sunt prezentați senzorii ce utilizează alte principii de detecție decât cele prezentate anterior. Acești senzori au un domeniu restrâns de utilizare.

În capitolul 3 se prezintă programul experimental de cercetare a condițiilor urmăririi stabile a rosturilor pentru sudare utilizând senzor de arc și tactili. În prima parte a capitolului se prezintă considerații generale asupra programului experimental cuprinzând schița programului experimental cu domeniul fiecărei activități ce se desfășoară și ordinea de succesiune a acestora. De asemenea se prezintă interdependențe dintre diferite activități.

Cercetările experimentale s-au efectuat în S.C. Astra Vagoane Arad SA cuprinzând analiza unei multitudini de ansamble sudate și modul în care rosturile ce intră în componența acestora pot fi urmărite cu senzorii de arc și tactili. De asemenea programul experimental urmărește condițiile optime de sudare și interacțiunea dintre regimul de sudare și urmărirea stabilă a rostului. Pentru sudare s-a ales sudarea robotizată MIG/MAG utilizând materiale de adaos uzuale utilizate în producție.

În cadrul programului experimental s-au ales pentru efectuarea experimentărilor cele mai reprezentative subansamble ce pot fi sudate robotizat.

De asemenea în cadrul programului experimental la rosturile pentru sudare au fost analizate:

- gradul de urmarire a fiecarui tip de rost.
- influența traseului rostului asupra urmăririi stabile.
- modificarea celor greu urmăribile într-o variantă urmaribilă mai ușor.
- tehnologia optimă de sudare (regim de sudare, ordine de sudare, tip de senzori utilizați, etc.).

Cercetarea corelațiilor între senzorul de rost și tipul rostului ce se sudează permite stabilirea posibilităților urmăririi acestor rosturi precum și modificările ce trebuie efectuate pentru fiecare caz în parte.

Cercetările experimentale cuprind ansamble sudate specifice construcției de vagoane. Îmbinările sudate obținute au fost supuse unui program de analize și încercări mecanice.

Rezultatele experimentale și documentația studiată a condus la elaborarea unui sistem informatic ce va fi prezentat pe larg în capitolul 7.

În capitolul 4 se prezintă instalația utilizată la experimentări. Instalația utilizată este o celulă flexibilă de sudare cu robot adaptiv pentru sudarea subansamblelor întâlnite în construcția de vagoane.

Robotul utilizat este un robot de sudare cu șase grade de libertate și o sarcină utilă ce poate fi deplasată de circa 3 daN. Este prezentat în continuare pe scurt alcătuirea robotului și mediul în care lucrează.

Senzorul LINE MASTER utilizat la experimentări a fost dezvoltat pentru a urmări în bune condiții rostul pentru sudare. Acest senzor se compune dintr-un senzor de arc și un senzor tactil și își bazează funcționarea pe teoria Daihen (teoria sesizării dinamice a arcului). Acest senzor are două funcții de bază.

- funcția de urmărire.
- funcția de sesizare prin atingere.

În continuare sunt descrise modurile de lucru ale acestor senzori modul de căutare a unui rost pentru sudare și îmbinările standard urmărite.

În capitolul 5 se prezintă cercetarea urmăririi rosturilor cu ajutorul senzorilor de arc și tactili în construcția de vagoane. Pentru realizarea acestui deziderat au fost inventariate toate subansamblele posibil de sudat robotizat și au fost extrase și analizate rosturile ce intră în componența acestora. După extragerea acestor rosturi și analiza lor prin prisma urmăririi stabile acestea au fost grupate funcție de interacțiunea lor cu senzorul.

Întrucît nu este posibilă utilizarea în totalitate în construcția de vagoane doar a rosturilor urmăribile datorită particularităților fiecărui ansamblu s-au căutat soluții pentru urmărirea cu senzori în bune condiții a rosturilor ansamblelor sudate. În acest sens pe de o parte s-au găsit rosturi neconvenționale ce pot fi ușor urmărite cu senzorul LINE MASTER iar pe de altă parte s-a căutat ca acolo unde a fost posibil înlocuirea rosturilor greu urmăribile cu altele tradiționale dar de altă configurație decît cele inițiale.

În continuare a fost analizată prin cercetări experimentale modul în care razele de curbură influențează urmărirea stabilă a rostului, urmărindu-se atît raze interioare cît și raze exterioare pentru îmbinări cap la cap și de colț.

De asemenea a fost analizată experimental influența mărimii punctelor de prindere cu sudură asupra conducerii capului de sudare atît la îmbinările cap la cap cît și de colț. În finalul capitolului este prezentată cercetarea gradului de umplere a rosturilor și modul de modificare a parametrilor de sudare în timpul proceselor de sudare pentru realizarea unei îmbinări sudate la dimensiunile impuse de desenele de execuție și normativele în vigoare.

În capitolul 6 se prezintă cercetările experimentale efectuate pentru utilizarea senzorilor de arc și tactili la sudarea unor subansamble din construcția de vagoane. În cadrul încercărilor experimentale s-a urmărit realizarea condițiilor optime pentru sudare atît în ceea ce privește forma rostului cît și a parametrilor de sudare. De asemenea a fost analizată modul în care senzorii pot urmări rostul și care este soluția cea mai bună de utilizat pentru piesa respectivă.

S-au efectuat experimentări pentru următoarele ansamble sudate:

- longeron boghiu Y 25.
- traversă crapodină boghiu Y 25.
- țepușă laterală și frontală pentru vagoane platformă.
- carcasă tmon.
- traversă crapodină șasiu.
- longeron boghiu Y 32.

Pentru fiecare caz în parte s-au făcut încercări cu senzorul de arc și tactil în mai multe variante de pregătire a șanfrenului și cu diferite regimuri de sudare. Varianta care a dat cele mai bune rezultate a fost propusă pentru aplicare, omologată și aplicată în secția de producție. La anumite ansamble întrucât nu s-au putut obține rezultate optime cu rosturile din documentația tehnică acestea au fost modificate pentru obținerea unei îmbinări sudate ce se încadrează în condițiile impuse de documentația tehnică

Capitolul 7 descrie structura și modul de lucru al sistemului informatic conceput pentru elaborarea tehnologiei de sudare. Acest sistem informatic realizează sinteza datelor privind utilizarea senzorilor la sudare oferind operatorului date pentru informare și alegerea unui senzor. De asemenea sistemul informatic oferă posibilitatea elaborării tehnologiei de asamblare și sudare pentru o construcție sudată.

Capitolul 8 cuprinde considerații finale care se desprind din teza de doctorat respectiv contribuțiile originale ale autorului .

Teza de doctorat se înscrie în preocupările de extindere a mecanizării și automatizării proceselor de sudare în vederea creșterii calității produselor în condiții de eficacitate sporită . Rezultatele obținute prezentate în teză sunt urmarea unei activități de mai mulți ani desfășurate de autor în cadrul compartimentului sudor șef al SC ASTRA VAGOANE SA ARAD .

Pe aceasta cale adresez cele mai sincere mulțumiri conducătorului științific prof. dr. ing. Voicu Safta pentru solitudinea și îndrumarea de înalta competență, precum și pentru sprijinul acordat pe parcursul pregătirii și elaborării tezei . De asemenea multumesc colegilor din SC ASTRA VAGOANE SA ARAD și Universitatea Aurel Vlaicu Arad care m-au sprijinit și încurajat în realizarea tezei.

Mulumesc de asemenea cadrelor didactice ale catedrei UTS din cadrul Facultății de Mecanica Timisoara pentru ajutorul și sfaturile competente atât de-a lungul anilor de studii cât și la elaborarea tezei .

# Cap. 1. CONSIDERAȚII PRIVIND NECESITATEA UTILIZĂRII SENZORILOR LA SUDARE.

## 1.1 Sudarea în mediu de gaz protector.

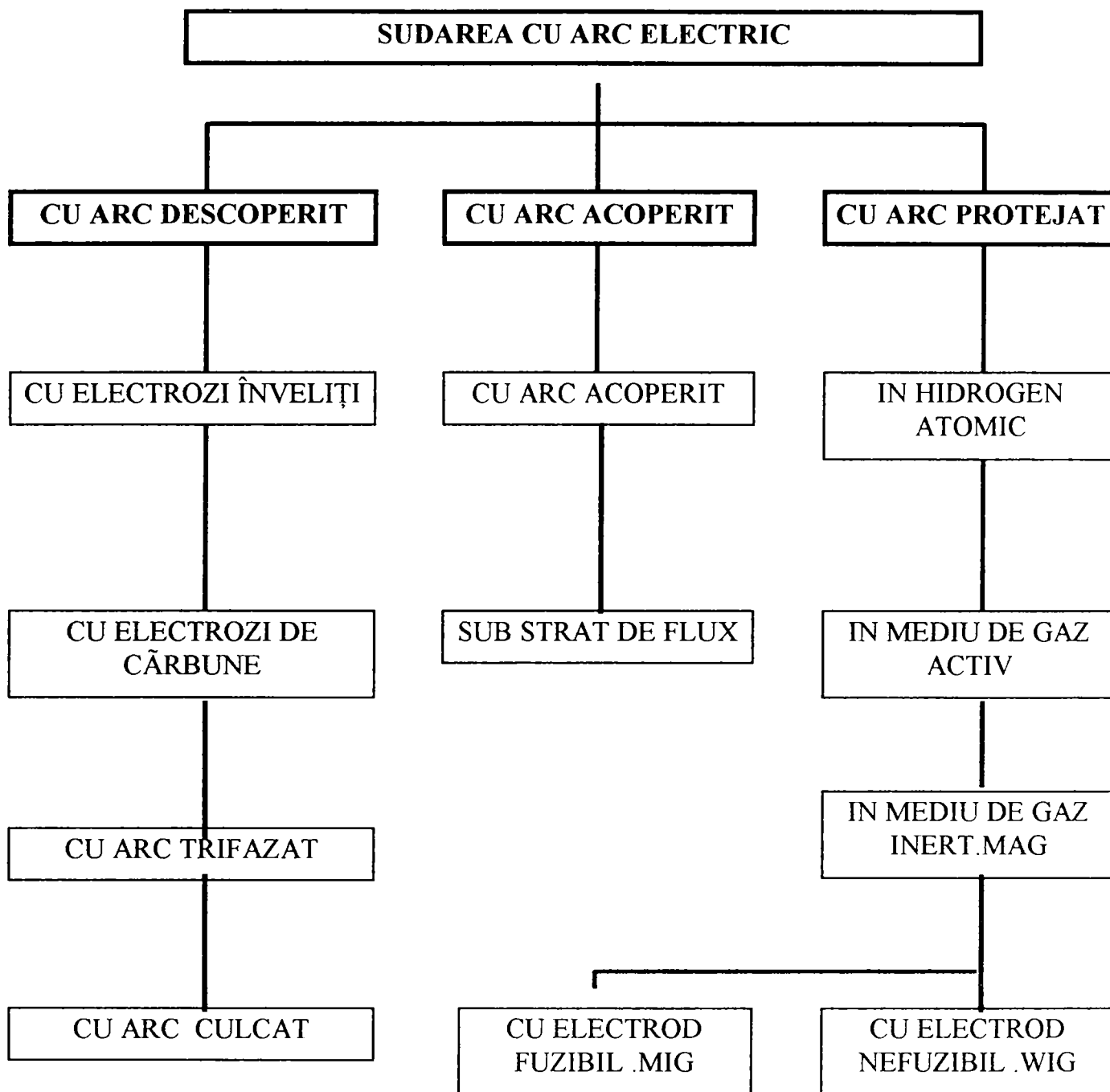
Între procedeele de sudare prin topire, utilizând energia electrică, sudarea cu arcul electric are o pondere foarte mare, fiind practic cel mai răspândit proces de îmbinare prin sudare a metalelor.

Căldura dezvoltată de arcul electric format între piesele care se îmbină și electrod determină topirea locală a marginilor componentelor respectiv a materialului de adaos (care poate fi sub formă de electrod sau baghetă ) și reunirea lor într-o baie topită comună care prin solidificare va constitui îmbinarea sudată.

La sudarea cu arcul electric distingem procedeele prezentate în figura 1.1. Sudarea în mediu de gaz protector utilizând electrod fuzibil este cel mai utilizat procedeu la sudarea automată și robotizată. Principiul procedeuului este prezentat în figura 1.2.

La acest procedeu drept gaze de protecție se folosesc cel mai uzual bioxidul de carbon, argonul sau amestecul acestora (9) care se scurge printr-un spațiu inelar în jurul sârmei electrod (2). Arcul electric (1) se formează între metalul de bază (4) și sârmă electrod. Sârma este antrenată de rolele (6) printr-o diuză de cupru (7) care are rol de ghidaj și de contact electric.

Arcul electric topește parțial metalul de bază și sârma electrod și formează o baie topită (8) comună, care prin solidificare formează cusătura sudată (5). Gazul de protecție este condus și dirijat de diuză de gaz (9).



**Figura 1.1 Clasificarea sudarii cu arc electric**

Este procedeul care se pretează cel mai bine în stadiul actual al tehnicii la robotizare. Circa 95-98 % din aplicațiile de sudare robotizată ale sudării cu arc electric utilizează acest procedeu ( MIG/MAG).

La sudarea MIG/MAG ”clasic “ în majoritatea aplicațiilor este greu să se realizeze optimizarea simultană a transferului și tehnicii operatorii. Valorile ridicate ale curentului care caracterizează transferul prin pulverizare sunt exclusiv utilizate la sudarea automată cu viteză mare și de obicei în poziție orizontală.



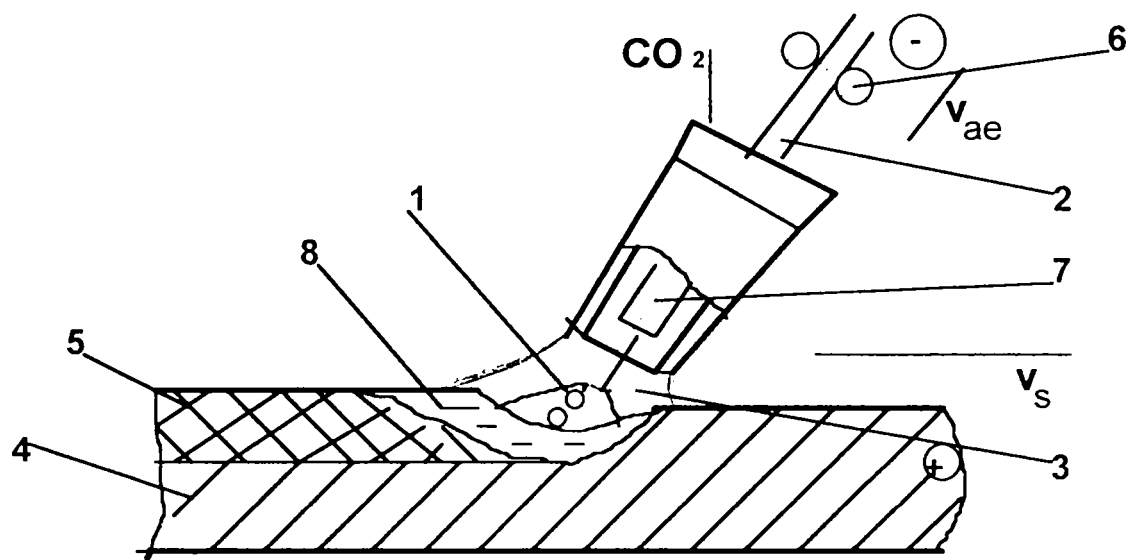


Fig. 1.2 Principiul sudării MIG/MAG

Pentru alte aplicații cerințele tehnicii operatorii reclamă utilizarea domeniului transferului prin scurtcircuit.[112] Din aceste considerente în prezent se recurge tot mai mult la sudarea MIG în curent pulsant care permite controlul transferului de material de la sîrma electrod în baia de metal topit. Un pas important s-a făcut prin trecerea la sudarea sinergică care realizează automat corelarea între viteza de avans a sîrmei și parametrii de puls.[113] Sudarea sinergică s-a dezvoltat rapid transferul putîndu-se realiza prin scurtcircuit și prin pulverizare. Toate aceste considerente fac ca sudarea sinergică să fie utilizată larg în cazul sudării cu roboți industriali cu senzori de urmărire a rostului.

Specific procedului de sudare cu arcul electric, față de sudarea prin presiune în puncte, la care mișcarea pe care trebuie să o asigure robotul este discontinuă, sacadată, este că mișcarea pentru sudarea cu arcul electric trebuie să asigure o deplasare continuă, cu viteză variabilă în limite largi, precum și poziționarea precisă a capului de sudare față de linia îmbinării (rostul de sudare). În acest caz îmbinarea componentelor trebuie efectuată la precizie mai mare. Deformațiile rezultate în urma operației de sudare sunt destul de mari și pot modifica linia îmbinării chiar în timpul operației de sudare. Abaterile rezultate în urma debitării componentelor fac ca două subansamble montate să nu fie identice. Din aceste considerente în cazul sudării cu roboți industriali se impune

utilizarea unor sisteme (senzori) pentru corectarea poziției capului de sudare față de traiectoria învățată inițial.

## 1.2 Automatizarea proceselor de producție

### 1.2.1. Notiuni de automatizare

Cuvântul " automatizare " [3] înseamnă din punct de vedere semantic " activitatea de a crea structurile elementelor tehnice astfel ca ele să treacă drept "automate ". Cuvântul automat derivă de la grecescul " automatos " care înseamnă din proprie inițiativă, de la sine [4]. Deja din antichitate purta această denumire un sistem (mașină) cu automișcare. Automatele sunt deci elemente tehnice create de om a cărui acțiune (activitate ) se desfășoară fără intervenția directă și continuă a omului. Automatizarea vizează înlocuirea muncii omului, în vederea îndeplinirii celor mai diferite sarcini prin: dispozitive, instalații tehnice, etc... O astfel de " substituție (substituire) alternativă " a activității umane prin aparate, mașini și aparaturi create de om constituie esența progresului tehnic. Din punct de vedere al tendinței fundamentale, automatizarea nu este în nici un caz un fenomen revoluționar, ea este doar o dezvoltare consecventă ( logică ) a eforturilor înregistrate încă de la începuturile omenirii în vederea ușurării unor munci absolut necesare, prin utilizarea unor mijloace auxiliare (ajutatoare), care apar în locul intervenției umane, multiplicând capacitățile și posibilitățile umane. Prin definiția lui Dolezalek se atinge miezul (existenței) automatizării . " Automatizarea " înseamnă un proces tehnic care se desfășoară astfel încât să nu fie necesară prezența și intervenția activă și permanentă sau într-un ritm forțat a omului pentru desfășurarea procesului respectiv [5].

Dacă " eliberarea omului de aceste lucrări (operații de același fel) care se

repetă mereu ", este o caracteristică esențială a automatizării, atunci această constatare confirmă cât de departe în timp își are originea începuturile automatizării.

Nu se poate nega faptul că această eliberare a omului de executarea activităților cu caracter repetativ a făcut în ultimele decenii progrese cantitative extraordinare. Volumul activităților, mijloacele tehnice și automatizarea contemporană își găsesc pe bună dreptate un interes general.

Pentru domeniul tehnicii de fabricație trebuie să se analizeze temeinic procesele specifice ale automatizării acestea fiind de o importanță esențială pentru conceperea mijloacelor flexibile de fabricație. Dacă se ia un proces de fabricație industrială atunci se poate observa că desfășurarea actului de concepție (creație) este complex, constând din diverse componente. În principiu toate aceste componente ale procesului de fabricație pot fi sintetizate într-o activitate umană. Componenta hotărâtoare a procesului de fabricație se poate vedea în acțiunea directă asupra materialului de realizat (creat), dispozitivele tehnice corespunzătoare sau de regulă procesul de sudare în care piesele de sudat și capul de sudare constituie un cuplu activ. În continuare este necesar pentru desfășurarea procesului de fabricație, de energia care trebuie să fie disponibilă într-o formă, cantitate și caracteristică corespunzătoare. O a treia componentă a procesului de fabricație o constituie producerea (realizarea ) de mișcări relative bine stabilite între capul de sudare și piesă. În măsura în care fabricația înseamnă concepție metodică, trebuie preluate, prelucrate și transmise mai departe, în vederea influențării procesului de fabricație în mod favorabil ( informații în forma și structura dorită. Se verifică apoi rezultatul procesului de fabricație în ceea ce privește atingerea stării intenționate iar dacă nu s-a atins starea dorită va trebui să se corecteze corespunzător desfășurarea procesului de fabricație și în fine, se va localiza materialul din punct de vedere spațial și temporal pentru domeniul procesului de fabricație și se va fixa acolo pentru ca apoi să se îndepărteze după încheierea procesului.

Paralel cu tehnicizarea progresivă a procesului de fabricație individual s-au introdus în fabricație și principii de raționalizare organizatorice. Este vorba de principiul de diferențiere a muncii și principiul integrant al producției în flux.

Dacă automatizarea urmează să înlocuiască intervenția permanentă a omului în special intervenția sub presiunea timpului, atunci principiul organizatoric al producției în flux se va realiza cu mijloace tehnice. În aceste condiții se poate concluziona că tocmai automatizarea este cea care duce la o împlinire strânsă a problemelor tehnice și organizatorice în fabricație. Sunt necesare deci instalații și dispozitive care transportă piesele în timpul procesului de fabricație de la un loc de muncă la altul și le poziționează în locuri bine definite în raport cu mijloacele de fabricație. Într-un flux de fabricație, cvasicontinuu care se apropie cât se poate de un " proces de flux " piesele trec pas cu pas fără intervenția omului prin instalația de fabricație din care ies ca produs finit.

De asemenea în cazul unui proces automatizat este obligatoriu necesar prelucrarea automată de informații. În legătură cu automatizarea ia naștere sarcina de a indica în prealabil informațiile corespunzătoare pentru procesele de fabricație cu caracter repetitiv și de a le pune modului de comandă, înmagazinându-l sub forma unor programe capabile să conducă nemijlocit procesul de fabricație fără intervenția factorului uman.

În timpul desfășurării proceselor de producție se măsoară în permanență diverse mărimi fizice și mărimi geometrice și se verifică dacă acestea corespund anumitor condiții impuse, informațiile astfel obținute asupra unor eventuale abateri pot fi utilizate pentru reglarea procesului respectiv, deci pentru reglări în vederea obținerii unei calități dorite a produsului.

Automatizarea tuturor acestor funcții informatice conduc la o " comandă autooptimizată ", adică la o comandă prin instalații automate de prelucrare a informațiilor de tip computer.

Automatizarea procedurilor de sudare cu arc electric aduce cu sine într-o măsură tot mai mare introducerea procedurilor de sudare mecanizată [ 6]. Printre

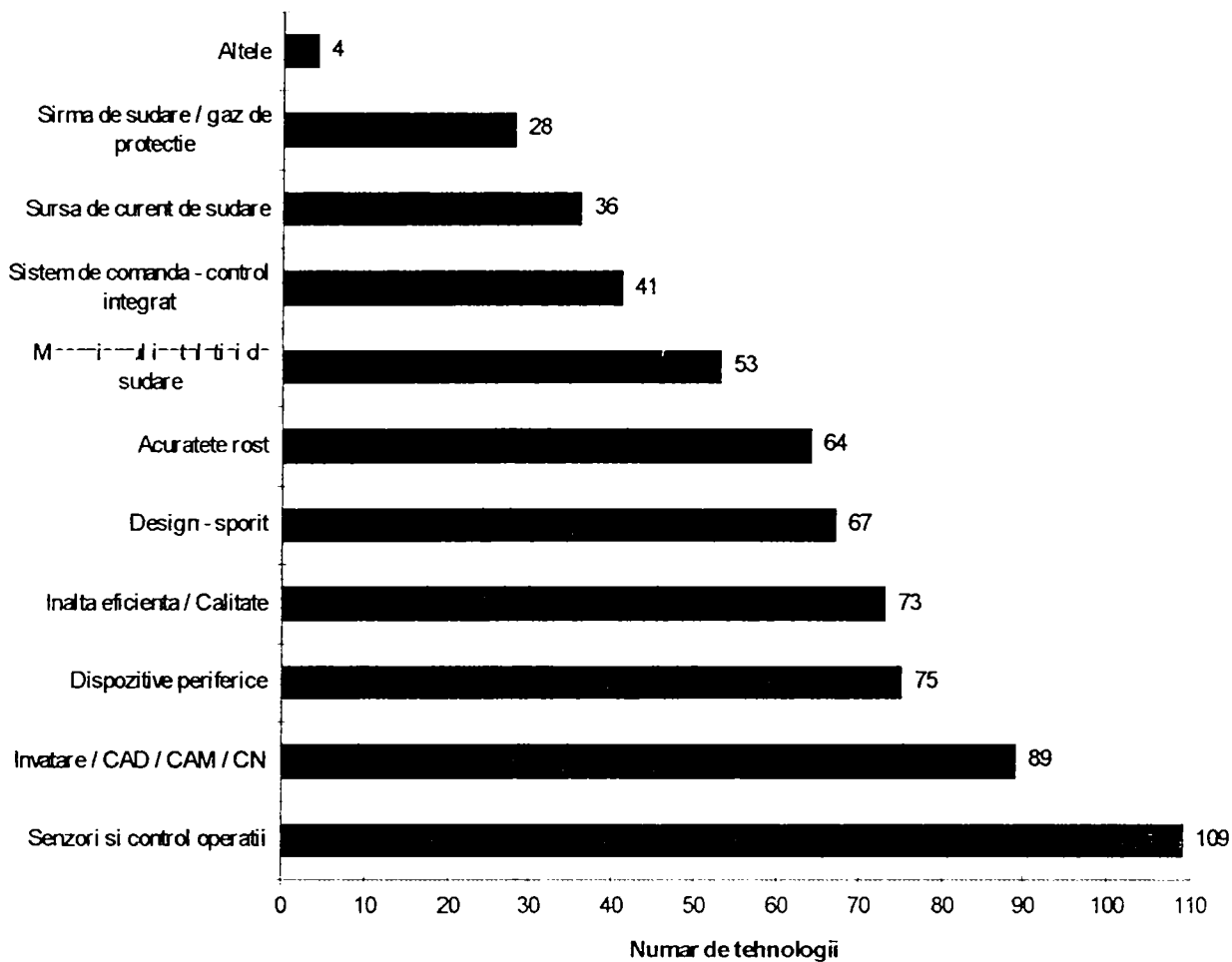
acestea un loc deosebit de important îl ocupă procedeele de sudare în mediu de gaz protector cu electrod fuzibil precum și sudarea sub strat de flux care în raport cu sudarea manuală prezintă avantaje certe.

În cazul automatizării tehnicii de sudare cu arc electric se remarcă tot mai mult utilizarea roboților industriali pentru sudare [7]. Prin aceasta roboții industriali închid (referitor la flexibilitate) golul dintre sudarea manuală pe de o parte și sudarea în instalații speciale pe de altă parte [8,9]. Spre deosebire de sudarea în puncte care este utilizată în principal în industria automobilelor, roboții de sudare prin topire se găsesc nu numai în întreprinderile mari ci și în întreprinderile mici și mijlocii [10]. Importanța timpului de programare pentru eficiența unui sistem de roboți industriali este cu atât mai determinantă cu cât componenta constructivă este mai mică [11]. Exact aceste condiții extreme se întâlnesc frecvent la societățile de nivel mic și mijlociu, așa că introducerea eficientă a unui robot de sudare la cele mai mici dimensiuni de lot chiar până la producția de unicate este adeseori posibilă.

În figura 1.3. se arată atractivitatea utilizatorilor față de tehnologiile de automatizare și robotizare a sudării cu arc electric [12].

În acest domeniu în viitorul apropiat promite să ia o mare dezvoltare, programarea off-line, care poate fi executată de la distanță de locul de lucru al robotului (de exemplu la pregătirea fabricației) astfel încât robotul să fie folosit eficient pentru scopuri productive. Totuși și în acest caz se poate pune problema eficienței generale datorită cheltuielilor pentru programarea unei singure componente.

La automatizarea proceselor de sudare dimensiunea, forma și abaterile de poziție ale flancurilor rostului reprezintă o problemă deosebită. Toleranțele piesei și modificările acestora înainte și în timpul sudării pot să modifice de la o piesă la alta poziția cusăturii respectiv traiectoria de mișcare programată inițial și care reprezintă traiectoria ideală [13]. De asemenea pot să apară greșeli de programare și toleranțe ale aparaturii astfel încât adeseori devine necesar introducerea unor elemente care să realizeze readucerea capului de sudare pe traiectoria optimă.



**Figura 1.3 Gradul de utilizare a diferitelor tehnologii la automatizarea sudării cu arcul electric.**

Acest lucru se realizează prin utilizarea senzorilor. Pentru urmărirea senzorială a traiectoriei se oferă o serie de sisteme de senzori care pot lucra după principii fizice foarte diferite. Calitatea unei cusături sudate este influențată decisiv de capacitatea senzorului în conlucrarea cu instalația robotizată. Aceasta va face ca în viitor, pe lângă poziționarea exactă a capului de sudare în rostul de sudare și orientarea optimă a senzorului în lungul rostului să se ajungă la posibilitatea, de importanță decisivă de influențare a parametrilor de sudare utilizați.

Automatizarea înseamnă deci "realizarea unui întreg" prin integrarea celor mai diverse mijloace, integrare prin intermediul căreia omul, ca element de legătură și de comandă este substituit.

## 1.2.2. Utilizarea sistemelor robotizate

Primele aplicații industriale ale roboților de sudare cu arcul electric datează din 1971-1972, când exista deja o tradiție în domeniul sudării robotizate prin presiune în puncte.

Sudarea MIG/MAG. are o largă răspândire în industria constructoare de vehicule, șantiere navale, în întreprinderi care fabrică mașini de ridicat și transportat uzinal, mașini miniere, aparate electrocasnice, în construcții și confecții metalice etc... Se sudează cu acest procedeu recipiente subansambluri de tip grindă, cheson, traverse, pereți etc...

La sudarea semimecanizată operatorul uman mișcă capul de sudare cu o viteză de 0,01-1,5 m/min, avansul sârmei electrod fiind asigurat mecanizat în funcție de consumarea lui prin topire, iar calitatea sudurilor executate depinde în mare măsură de dexteritatea și conștiinciozitatea sudorului. Regularitatea cu care efectuează mișcările aferente operației de sudare este principalul factor care asigură realizarea unor lucrări de calitate ( condițiile materiale fiind asigurate).

Sudorii pentru procedeele de sudare manuale și semimecanizate lucrează în condiții grele . Ei sunt expuși la radiații (calorice, luminoase, ultraviolete etc...) gaze nocive, uneori lucrează în poziții incomode și execută operații de sudare ce necesită concentrarea îndelungată a atenției operatorului uman. Cele de mai sus explică interesul manifestat pe plan mondial pentru mecanizarea automatizarea și robotizarea operațiilor de sudare.

Se înțelege prin sudare mecanizată cu roboți industriali procesul tehnologic în cadrul căruia robotul deplasează capul de sudare iar operatorul uman aduce (evacuează) componentele de sudat (subansamble sudate) și amplasează (scoate) componentele de sudat în (din) dispozitivul de lucru.

Se vorbește de sudură automată cu roboți industriali în cazul în care operațiile realizate de către operatorul uman la sudarea mecanizată avansat sunt executate de instalații automate sau roboți industriali. Sudura mecanizată

avansată în dispozitive speciale se realizează în condițiile în care operația de sudare se realizează automat în dispozitive speciale iar operatorul uman manipulează aduce componentele (subansamblu) și fixează (eliberează) componentele în (din) dispozitiv. Sudarea automată în dispozitive speciale se realizează fără operator uman, totul fiind preluat de instalații automate.

Apariția relativ târzie a roboților utilizați la sudarea cu arcul electric s-a datorat în principal exigențelor în ceea ce privește performanțele robotului.

Pe lângă comanda mișcării pe traiectorie continuă sau întreruptă în cazul sudurii robotizate cu arcul electric, pentru a controla forma, poziția și adâncimea băii de sudare este necesară dezvoltarea unor sisteme care să urmărească rostul, să controleze pătrunderea sudurii și să asigure controlul formei băii de sudare. Astfel spus, este necesară înzestrarea robotului cu percepție senzorială și inteligență ( simț tactil, vedere artificială etc. ).

Una din cerințele sudării robotizate cu arcul electric constă în precizia de poziționare a capului de sudare și este în funcție de următorii factori :

- repetitivitatea poziționării piesei către manipulator sau dispozitivul de fixare.

- jocuri ale prinderii capului de sudare pe flanșa ultimei axe a robotului (pe efectorul final).

- deformații ale capului de sudare și îndoiri ale vârfului sârmei electrod.

- eventualele deformații ale componentelor în timpul operației de sudare.

În afara cerințelor legate de poziționare, există o serie de condiții cu privire la controlul tehnologic. În acest sens la sudarea robotizată cu arcul electric există două concepte de bază:

- a)Procesul este controlat cu ajutorul unui controler special cuplat cu sistemul de comandă al robotului industrial.

- b)Procesul este controlat chiar de sistemul de comandă al robotului, interfațat corespunzător.



Experiența a arătat că introducerea în practică industrială a roboților pentru sudare este mult simplificată atunci când prin programele sistemului de comandă sunt implementate o serie de funcții cum sunt:

- interpolare liniară (operatorul introduce doar coordonatele a două puncte spațiale și viteza cu care robotul trebuie să se deplaseze între ele).

- interpolare circulară (traectoria circulară este generată de către robot pe baza a trei puncte date).

- pendularea de-a lungul traiectoriei cu amplitudine, frecvență și intervale de staționare programabile, pe toate axele.

- căutarea rostului îmbinării sau funcționarea după semnalele primite de la senzori.

- generarea automată a imaginii în oglinda unei traiectorii spațiale.

- posibilitatea corectării regimului de sudare on-line.

- posibilități de montaj în toate pozițiile.

- ecranarea față de perturbațiile electromagnetice.

- programarea liberă a vârfului electrodului.

- mixarea programelor de sudură și derularea celor memorate.

- programarea 3D, adică rotirea și oglindirea programului prin trei puncte.

- lărgirea comenzii pentru acționările periferiei în vederea deplasării simultane cu axele robotului.

- interfețe pentru senzori.

- organe de comandă pentru facilități suplimentare.

Roboții pot conține simultan mai multe programe stocate în memoria sistemului de comandă și permit în consecință o automatizare flexibilă.

Din cele prezentate rezultă că roboții industriali pentru sudare trebuie să fie adaptivi.

Robotul industrial în sine, nu este utilizabil din punct de vedere economic. Pentru ca sistemul, celula, să devină util în cazul sudării cu arcul electric, sunt necesare următoarele componente:

- Sistemul de comandă.

- Componente mecanice specifice roboților.
- Instalația de sudare cu sursă și cap de sudare (pistolet de sudare )
- Manipulatoare și dispozitive.
- Traductoare și senzori.
- Calculator de sistem.
- Dispozitive de siguranță.

Cu toată precizia mare impusă la realizarea roboților, manipulatoarelor sau sculelor specifice, în cazul sudării, în special a pieselor complexe, este indispensabilă utilizarea senzorilor, necesitate impusă de :

- toleranțele dimensionale și de poziționare a pieselor.
- toleranțele dimensionale ale secțiunii rostului.
- deformațiile datorită procesului de sudare (datorită căldurii transferate pieselor.)

Funcțiile principale ale unui senzor sunt:

- localizarea rostului.
- urmărirea rostului.
- localizarea sfârșitului de rost.
- determinarea variației secțiunii rostului.

În sudarea adaptivă, în mod suplimentar se impune reglarea optimă și controlul în timp real al parametrilor regimului de sudare, pe tot parcursul desfășurării procesului de sudare, în funcție de rezultatele măsurării continue a lățimii și secțiunii rostului.

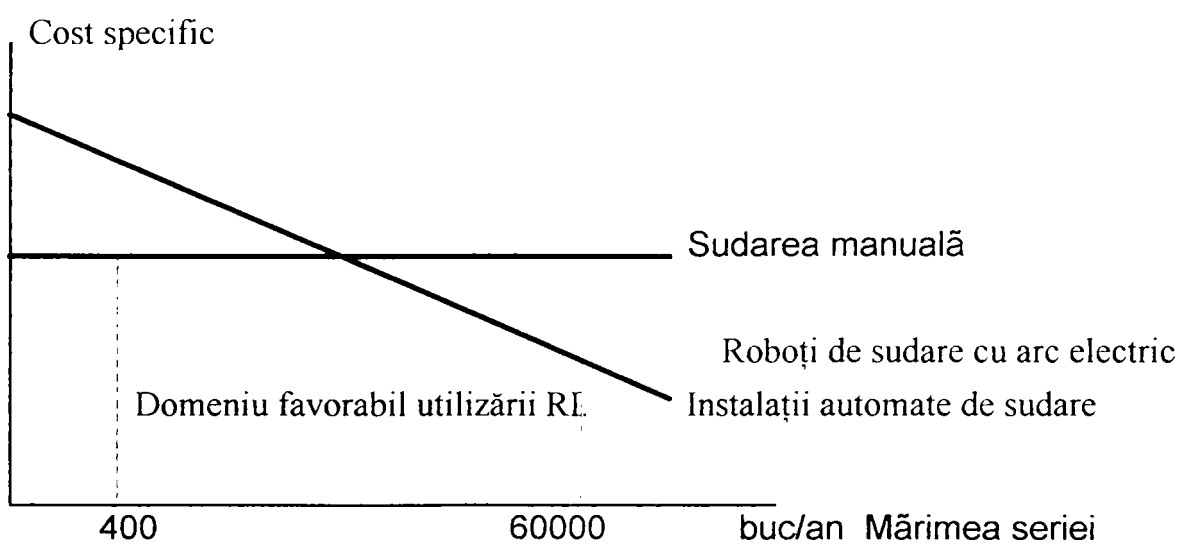
Toate cele prezentate sunt valabile și se aplică la sudarea cu arc electric. La sudarea prin presiune în puncte nu este necesară utilizarea acestor tipuri de senzori, fiindcă natura procedurii nu ridică astfel de probleme pentru realizarea unei îmbinări sudate de calitate.

Sistemele de fabricație flexibilă dedicate proceselor de sudare în general și sistemelor robotizate, în special, cunosc în ultimii ani o dezvoltare explozivă, datorită unor exigențe deosebite pe care competiția economică mondială le solicită producției de bunuri materiale, ca:

- producție cât mai diversificată sortimental.
- costuri cât mai reduse de fabricație.
- minimizarea influenței factorului uman, pentru a asigura calitatea superioară constantă.
- evitarea dependenței de forță de muncă calificată, adesea deficitară etc...

Uneori, aceste considerente determină exclusiv necesitatea robotizării. În majoritatea cazurilor însă este necesară îndeplinirea unor condiții de eficiență economică. Costul ridicat al unor componente asigurate de industria orizontală, ca și manopera relativ ieftină împiedică însă realizarea unor termeni de recuperare acceptabili, într-o serie de cazuri. Se consideră că, pe lângă rezultatele directe, imediate, ușor măsurabile, există o serie de beneficii “cu bătaie lungă” ale robotizării, care pot și trebuie a fi introduse în calculele economice.[24]. În cele ce urmează se vor prezenta câteva modalități și exemple de apreciere a eficienței economice a robotizării.

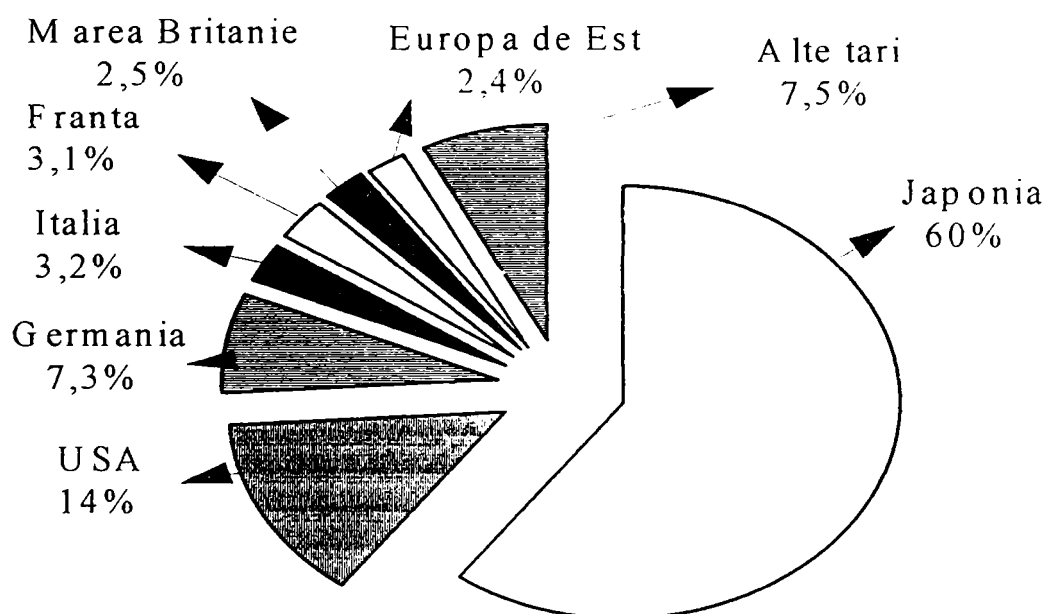
Comparând între ele metodele de sudare manuală, de sudare robotizată și automatizarea convențională, prin metoda costurilor specifice, constatăm că în funcție de mărimea seriei, există domenii în care fiecare din aceste metode are avantaje. În figura 1.4 se prezintă rezultatul unei astfel de comparații pe baza experienței firmei ESAB (Suedia) în implementarea roboților industriali la sudarea cu arcul electric.



**Figura 1.4 Eficiența utilizării roboților industriali**

Pe plan mondial roboții cu senzori de rost au o largă răspândire în cadrul roboților utilizați la sudare. Cea mai mare răspândire se întâlnește în Japonia, USA, Germania, Italia, etc... (figura 1.5)

În România roboții cu senzor de rost au o răspândire restrânsă, dar ca urmare a procesului de robotizare care este necesar și oportun și în țara noastră se așteaptă ca astfel de instalații să fie achiziționate și utilizate la realizarea construcțiilor sudate. Aceste aprecieri conduc la concluzia că o dată cu relansarea economiei naționale, va crește interesul pentru introducerea în practica sudării a roboților industriali cu senzori de rost. Cercetarea efectuată în cadrul prezentei lucrări este o încercare elocventă în acest sens.



**Figura 1.5 Volumul utilizării roboților cu senzor de rost.**

## 1.3. Definirea senzorilor.

### 1.3.1. Studiul deplasării rostului (liniei) de sudare în timpul operației de sudare.

În timpul operației de sudare, ca urmare a efectului termic, are loc o deformare a pieselor care se sudează, ceea ce face ca traiectoria rostului să se modifice în timpul operației de sudare. Pentru a studia mărimea acestor deformații s-au făcut încercări pe probe reprezentative pentru construcția de vagoane. O astfel de probă este prezentată în figura 1.6.

Dimensiunile transversale au fost alese de zece ori mai mici decât cele longitudinale. Pe partea inimii notate cu '2' s-a executat prinderea cu sudură, iar pe partea inimii notate cu '1' se execută un cordon de colt de 7 mm mecanizat, prin procedeul MIG/MAG ( $s=10\text{mm}$ ).

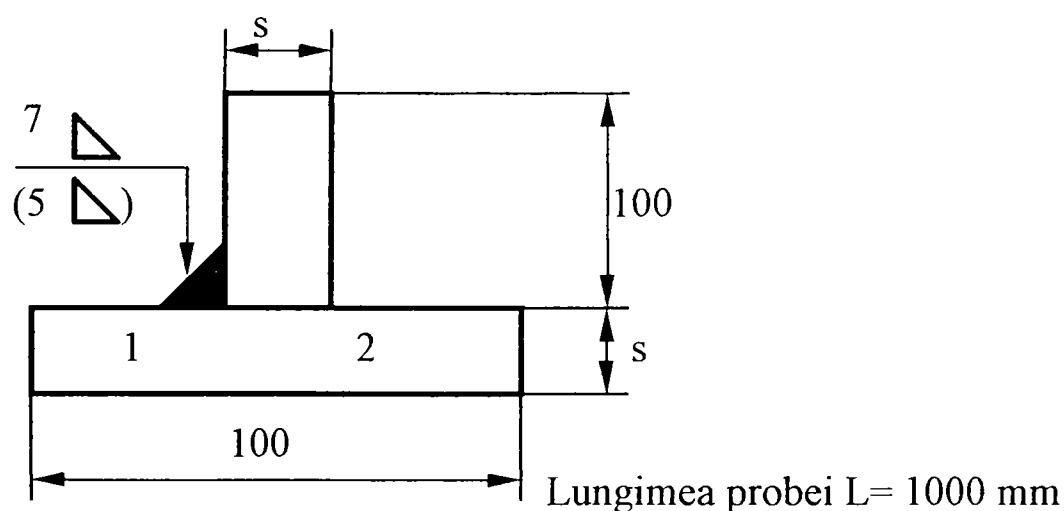


Figura 1.6. Secțiunea probelor

Acest profil a fost fixat într-un dispozitiv așezat și ciocnit astfel încât să dea posibilitatea deplasării în spațiu a profilului în timpul operației de sudare,

exact ca în cazul prinderii lui într-un dispozitiv de poziționare - orientare la o celulă flexibilă robotizată.

Pe acest profil s-au plasat comparatoare pentru măsurarea deplasărilor verticale și orizontale.

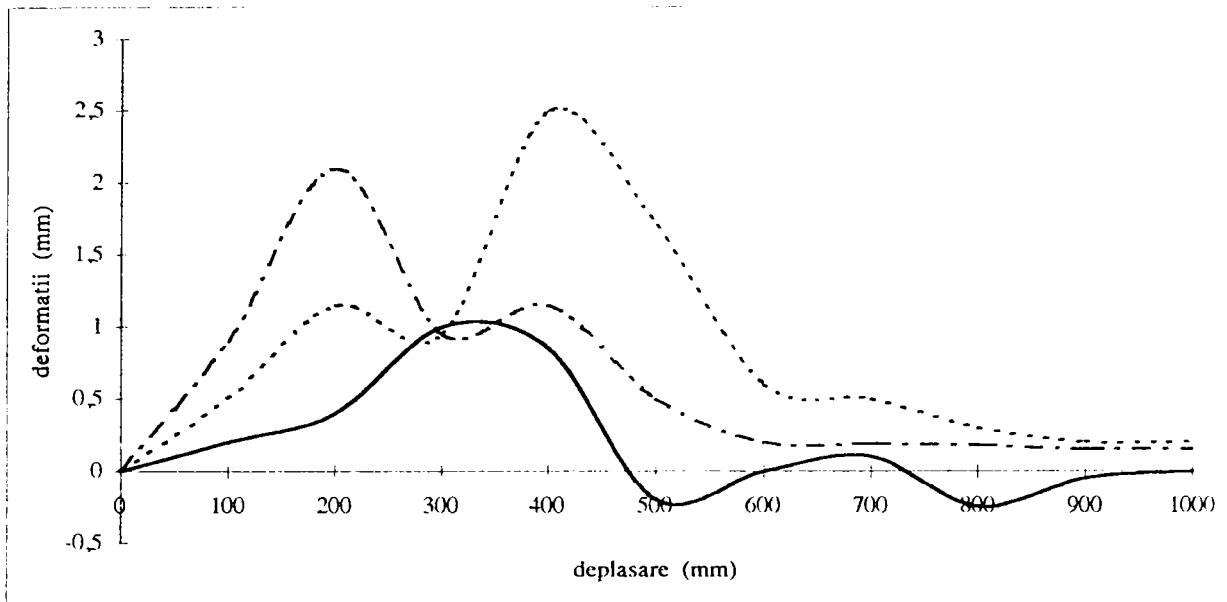
Pe baza acestor măsurători au fost ridicate diagrame. În figura 1.7. este prezentată o diagramă din care rezultă migrarea punctelor care formează zona rostului de sudare pe orizontală iar în figura 1.8. este prezentată o diagramă din care rezultă migrarea punctelor care formează zona rostului de sudare pe verticală. Această migrare este funcție de poziția capului de sudare și parametrii de sudare utilizați.

Analizând aceste rezultate constatăm că în timpul operației de sudare aceste puncte (de pe suprafața piesei) se deplasează cu până la 3,5-4,5 mm ceea ce poate duce la compromiterea aplicării automatizării sau robotizării la sudarea unor astfel de structuri.

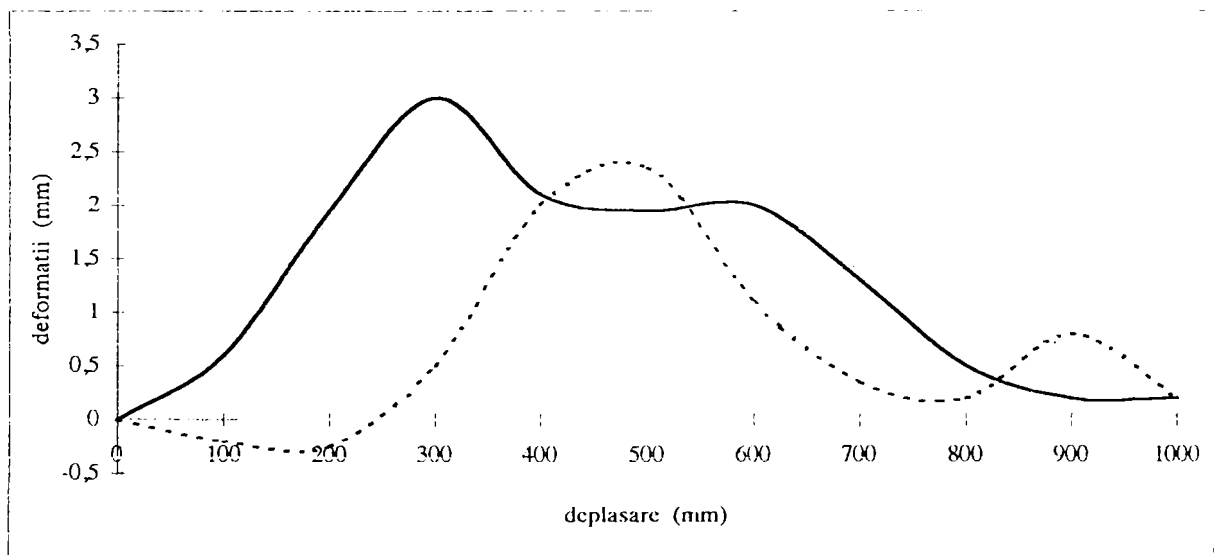
În vederea corectării poziției capului de sudare în funcție de condițiile concrete de lucru, se impune în cazul sudării automatizate, a se utiliza elemente care să sesizeze abaterile și să facă corecțiile necesare astfel încât poziția capului de sudare în raport cu piesa să fie cea dorită.

Pentru realizarea acestui deziderat la sudare, în cazul sistemelor automatizate și robotizate este necesară utilizarea senzorilor care asigură corecțiile necesare unei bune desfășurări a procesului.

Față de situația prezentată anterior deformațiile în timpul operațiilor de sudare pot fi mai mari dacă se sudează subansamble a căror secțiune transversală este mai mică, dacă se utilizează grosimi mici de tablă sau cantitatea de metal depusă este mare. De asemenea în anumite situații cu luarea unor măsuri suplimentare (ordine de sudare) aceste deformații pot avea valori mai mici. Indiferent însă de felul ansamblului ce se sudează există o deplasare a rostului de sudare față de cel inițial și pentru obținerea unei îmbinări sudate de calitate la sudurile robotizate se impune utilizarea unor senzori de rost care să corecteze poziția momentană a capului de sudare în raport cu rostul pentru sudare.

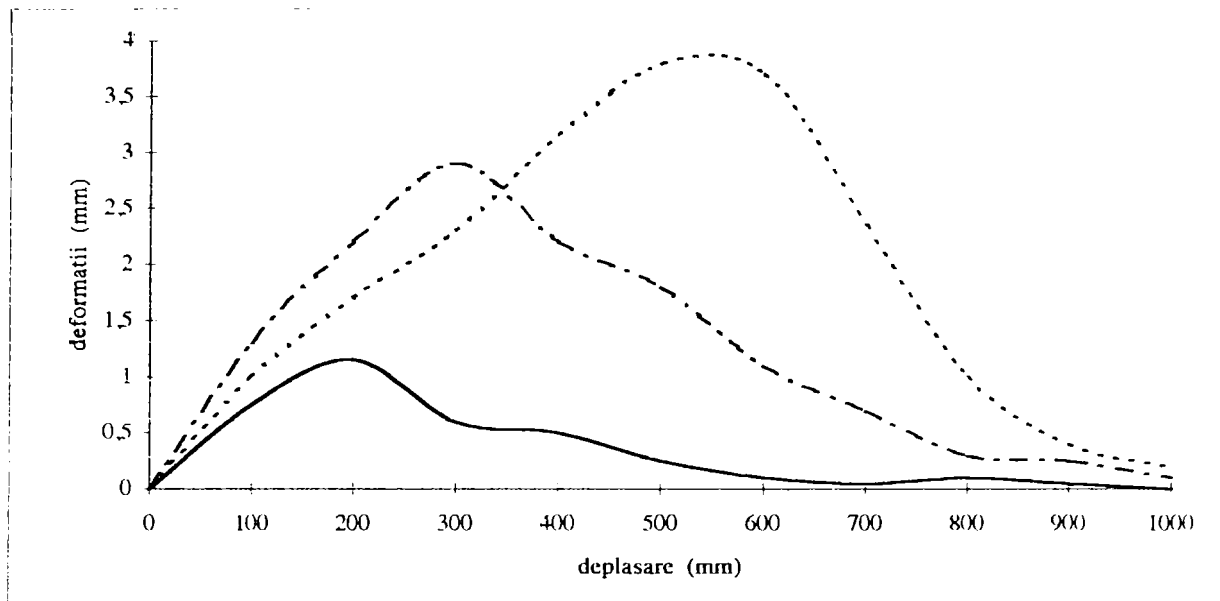


- \_\_\_\_\_ Cap de sudare la 200mm
- Cap de sudare la 400mm
- - - - - Cap de sudare la 600mm

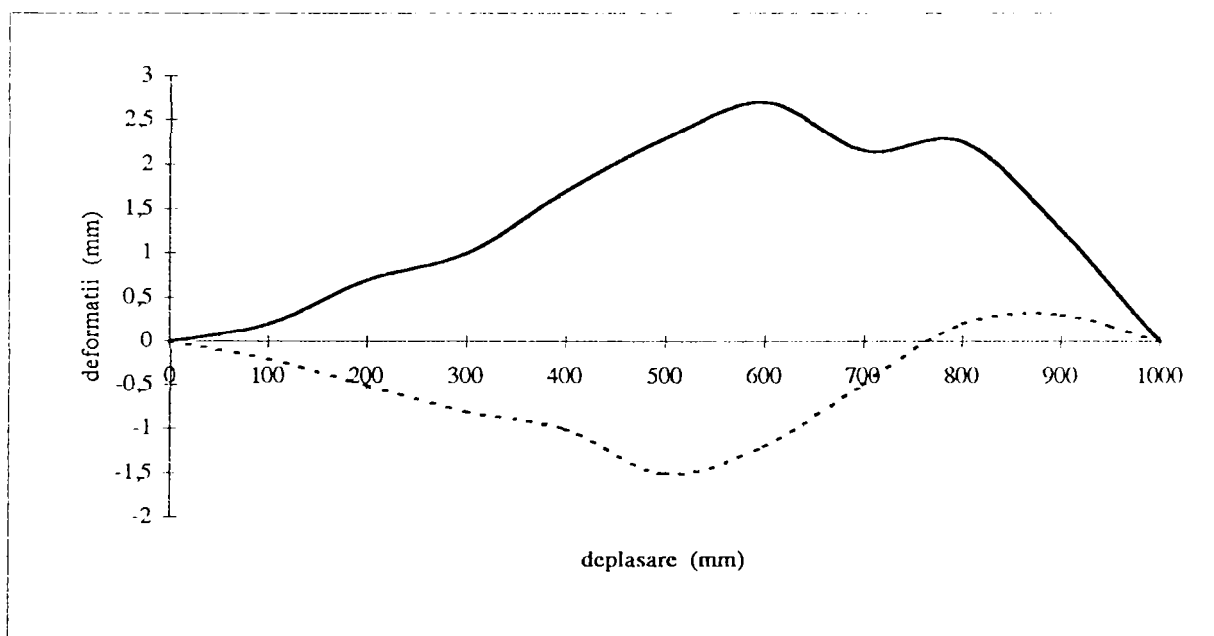


- \_\_\_\_\_ Cap de sudare la 800mm
- Cap de sudare la 1000mm

**Fig.1.7. Variația deformațiilor orizontale la sudare în funcție de poziția capului de sudare.**



- \_\_\_\_\_ Cap de sudare la 200mm
- Cap de sudare la 400mm
- - - - - Cap de sudare la 600mm



- \_\_\_\_\_ Cap de sudare la 800mm
- Cap de sudare la 1000mm

**Fig.1.8. Variația deformațiilor verticale la sudare în funcție de poziția capului de sudare.**



În figura 1.9. se prezintă o clasificare a elementelor care pot antrena o eroare de poziție relativă a capului de sudare în raport cu piesele care se sudează [13].

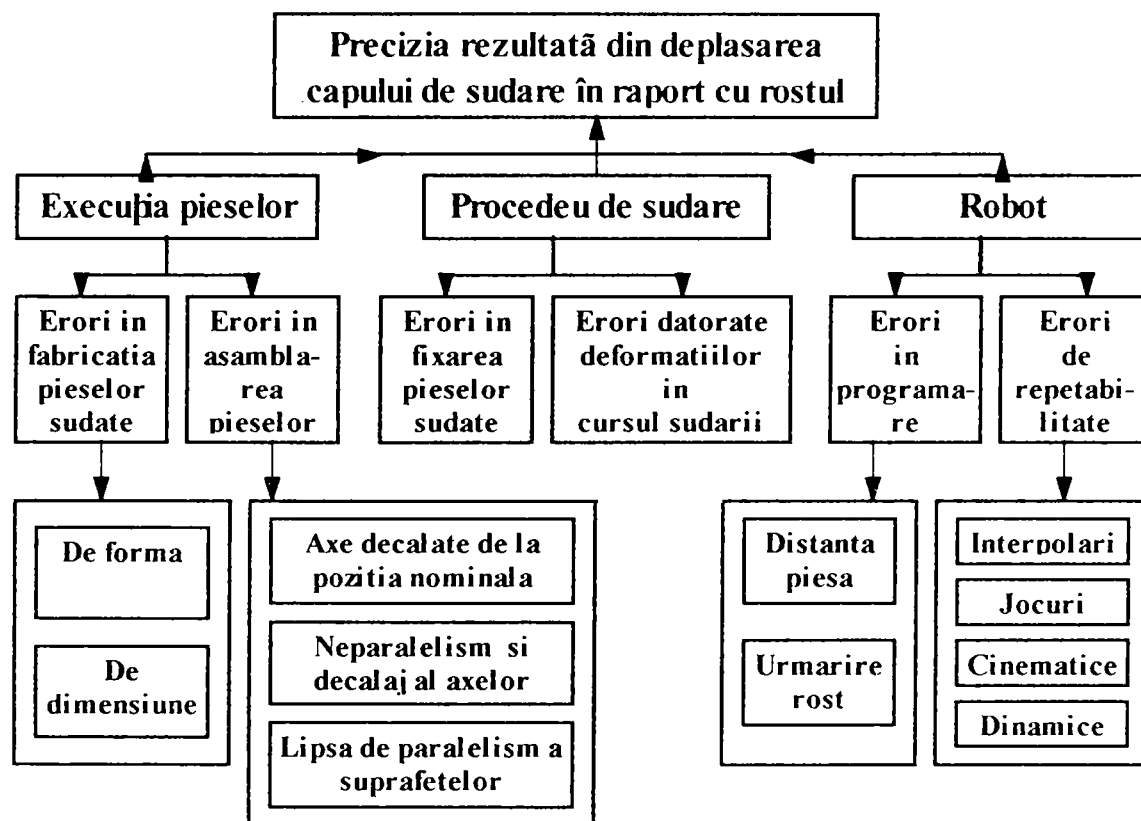


Figura 1.9. Diferite cauze ale erorilor de poziție.

### 1.3.2. Utilizarea senzorilor la sudare

La sudarea manuală sau semimecanizată, sudorul trebuie să-și folosească continuu ochii să privească poziția îmbinării, comportarea băii de sudare (de metal topit), configurația arcului electric și forma cordonului. Deasemenea își folosește urechile pentru a supraveghea sunetele la sudare, în special sunetul arcului electric. Dacă el percepe o diferență între ceea ce observă și percepția sa referitor la acel proces care ar trebui să fie cel mai bun (bazat pe experiența sa

sau ceea ce a învățat ), el va lua neîntârziat măsuri pentru a reduce această diferență, de exemplu să schimbe punctul țintă (de contact) al arcului electric, să adapteze condițiile de sudare și așa mai departe, deci răspunsul va fi asociat cu îndemânarea individului. Prin folosirea celor cinci simțuri ale sale combinat cu experiența sau îndemânarea, operatorul sudor poate produce cordoane de sudură de înaltă calitate.

Dacă se intenționează ca operația de sudare să fie efectuată de un manipulator mecanic, de exemplu un robot de sudare, manipulatorul trebuie să fie echipat cu câteva organe de simț artificiale, așa încât să poată acționa ca un sudor uman, capabil de recepția informațiilor referitoare la mediul sudării și calitatea cordonului de sudură. Organul artificial de simț se cheamă senzor.

Sub noțiunea de “senzori pentru sudarea cu arc electric” se înțeleg dispozitivele și aparatele care, ca parte componentă a unei instalații de sudare, sesizează un anumit fenomen sau date nedimensionale privind “starea” sau după posibilități geometria (configurația) pieselor care urmează să fie sudate [14]. Informațiile sunt transmise mai departe sub diferite forme (semnale) în vederea urmăririi și menținerii în parametrii doriți ai fenomenului cum ar fi în cazul procesului de sudare, reglarea poziției capului de sudare în raport cu rostul și pe cât posibil, reglarea mărimilor procesului de sudare.

Se înțelege prin senzor partea unei instalații de măsură care este expusă nemijlocit fenomenului de măsurat. În construcția de roboți industriali senzorii sunt utilizați pentru măsurarea unor mărimi necinematice referitoare la starea mediului, mărimi fizice, influențe stohastice ale mediului, cât și recunoașterea unor forme și poziții ale obiectelor.

După teoria lui Jäger se deosebesc următoarele categorii de noțiuni:

-*Senzorul* este elementul de conversie, care transformă o mărime neelectrică într-una care poate fi evaluată electric.

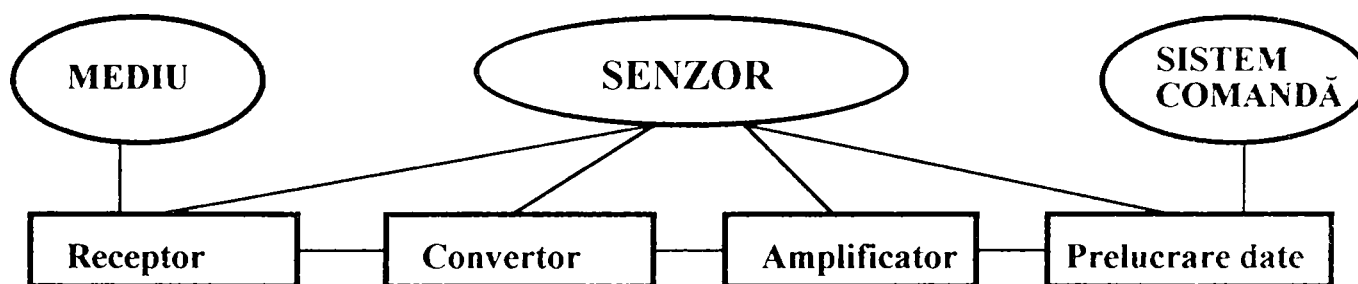
-*Sistem cu senzori* este o unitate funcțională pentru înregistrarea și reprezentarea mărimilor de măsurare sau pentru recunoașterea formelor

obiectelor. Sistemele cu senzori se compun din senzori și din unități microelectronice de prelucrare conectate cu acestea.

Sistemele senzoriale au drept scop transformarea semnalelor recepționate privind proprietățile obiectelor din mediul înconjurător (geometrice, electrice, mecanice, optice, acustice, magnetice, chimice, etc.) în informații folosite pentru îndeplinirea funcției prescrise robotului industrial.

-*Tehnica senzorilor* înglobează totalitatea operațiilor de hardware și de software pentru reprezentarea unei mărimi de măsurare sau a unor combinații de mărimi de măsurare într-un semnal care poate fi prelucrat automat.

Un senzor constă din receptor, convertor, amplificator și elemente de prelucrare a rezultatelor măsurătorii (figura 1.10.).



**Figura 1.10. Definirea unui senzor**

Receptorul este partea senzorului care generează un semnal dependent de fenomenul de măsurat. Receptorul lucrează fie cu contact fizic (cu acțiune apropiată), fie fără contact mecanic (cu acțiune independentă) funcționarea lui bazându-se pe principii mecanice, electromagnetice, fluidice, optice, ultrasonice, electrice (tensometric, potențiomtric, inductiv, capacitiv, piezoelectric).

Convertorul transformă informația din analog în numeric sau invers, sau măsoară impulsurile înregistrate.

Un senzor pentru sudare prin topire cu arc electric este de fapt definit după cum urmează : “Se numește senzor un detector care este capabil de monitorizarea (urmărirea) și controlarea operației de sudare pe baza propriilor capacități de a

detecta situații externe și interne, afectând rezultatele sudării și de a transmite valorile detectate ca un semnal de detectie (identificare) .”

Sistemele de detectie (senzori) a rostului pieselor care se sudează sunt necesare la sudarea automatizată a acestora deoarece nu poate fi cunoscută cu precizie poziția lor, aceasta deoarece repetitivitatea poziției pieselor la operația de sudare nu este suficientă pentru a garanta realizarea sudurii în bune condiții. Această lipsă de repetitivitate poate fi datorată:

- defectelor mașinii de sudat.
- poziției reciproce de asamblare a pieselor.
- deformațiilor în timpul sudării.

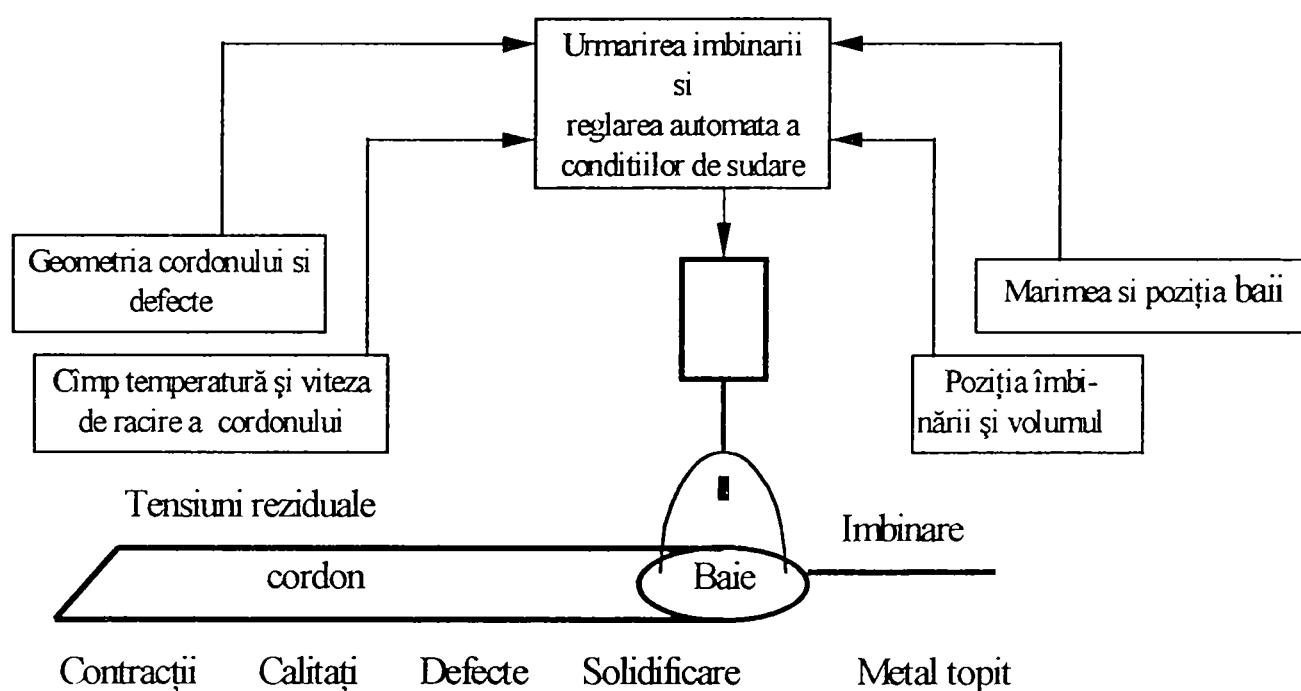
Actualmente mașinile de sudat și roboții fără senzori de rost sudează în principal piese cu deformații mici și deci de dimensiuni mici și cu puține îmbinări sudate. Prin utilizarea senzorilor de rost se va mări domeniul de aplicare al sudării automate. În plus utilizarea senzorilor a produs un important impact asupra extinderii procedurilor de sudare iar o poziționare precisă a sârmei electrod în raport cu rostul permite o mai mare receptivitate a condițiilor de aplicare a procedurii și în consecință o viteză de sudare mai mare cu urmări benefice asupra efectelor termice.

Un sensor este capabil de a determina caracteristicile spațiale și geometrice ale rostului și/sau ale pieselor de sudat. Sensorul ideal execută [15] :

- localizarea rostului pentru sudare.
- determinarea punctului de început și sfârșit a rostului pentru sudare.
- urmărirea traseului rostului pentru sudare.
- măsoară caracteristicile spațiale ale rostului (pozițiile flancului rostului, bisectoarea unghiului format de rost, unghiul interior, orientarea sa în spațiu ).
- măsoară caracteristicile geometrice ale rostului (mijlocul, lățimea, profunzimea, distanța dintre piese, cantitatea de metal depusă, forma cordonului, etc...)

- funcționează în prezența arcului electric și în timpul mișcării de oscilație a capului de sudare și este fiabil în mediul de sudare (stropi, fum, căldură, lumina arcului, câmp magnetic, etc.).
- nu mărește dimensiunea capului de sudare și dacă este posibil funcționează fără facilități suplimentare.
- este independent de procedeul de sudare utilizat.
- este independent de tipul rostului considerat.

În figura 1.11. este prezentat un sistem de sudare automat de înaltă tehnologie.



**Figura 1.11. Sistem automat pentru sudare**

Piesele care se sudează prezintă adesea toleranțe foarte largi făcând astfel mai greu "învățarea" unor căi de parcurs pentru capul de sudare. Pentru urmărirea rostului se pot utiliza doua etape [16]:

- înainte de pornirea procesului de sudare punctul de start al liniei rostului care trebuie căutat și găsit.
- în timpul sudării urmărirea liniei rostului pentru corectarea traseului preânvățat.

Urmărirea corectă a rostului este un factor de primă importanță alături de alegerea corectă a parametrilor de proces (curent, tensiune, viteză de sudare, viteza de pendulare, viteza de avans a sârmei, etc.). În realizarea unei îmbinări sudate de calitate.

Senzorii sunt cheile tehnologice pentru rezolvarea automatizării sudării cu arcul electric [17]. În ultimii 30 de ani au fost dezvoltate diferite tipuri de senzori iar punctul de "euforie" l-a constituit anul 1980 [18].

Se pot separa două etape în procesul de orientare senzorială:

a). Obținerea semnalelor privind proprietățile corespunzătoare ale obiectelor.

b). Prelucrarea acestor semnale pentru extragerea informației necesare. [19]

A doua etapă se împarte și ea în două subetape:

- prelucrarea preliminară în scopul "perfecționării" semnalului (de regulă prin programare)

- analiza în scopul izolării informației necesare (de regulă prin programare).

În cazul analizei stadiului actual al tehnicii senzorilor trebuie constatat că "euforia" anilor '80 a cedat estimărilor realiste din ultimii ani privind posibilitățile tehnicii actuale.

O multitudine de sisteme senzoriale au fost dezvoltate și dintre acestea numai un număr restrâns și-au găsit utilizare în procesele de producție industriale. Cauzele acestei neutilizări sunt diverse, astfel putem enumera :

- sistemele senzoriale pentru sudare cu roboți trebuie mereu adaptat la fiecare caz în parte. Sensorul universal nu este realizabil.

- posibilitățile de integrare pentru senzori în sistemele robotizate sunt și astăzi satisfăcătoare. Prelucrarea informațiilor date de senzor în timp util suprasolicită multe comenzi ale roboților.

- condiții auxiliare ale tehnicii de execuție nu permit încă o utilizare diversificată, a senzorilor, astăzi, datorită soluțiilor tehnice nesatisfăcătoare cu toate că acest lucru ar fi de dorit.

- aspectele economice deasemenea nu permit investiții deosebite în tehnica senzorilor, deoarece pretul de cost este pentru anumite categorii de senzori foarte ridicat (un exemplu îl constituie senzorii optici).

- deseori întreprinderilor le lipsește personalul specializat în privința posibilităților de utilizare a senzorilor la roboții industriali.

- procesele care au loc în arcul electric pot influența la anumite tipuri de senzori buna funcționare a senzorului și a conlucrării lui cu sistemul de interpretare a datelor.

- în anumite situații capul de sudare își mărește gabaritul (datorită senzorului) reducându-și posibilitățile de manevrabilitate și acces.

Tehnica senzorilor pentru sudare cu roboți rămâne în continuare o tehnologie care se dezvoltă iar modificările ulterioare vor fi marcate de progresul omenirii în domeniul electronic și a tehnicii informaționale (informatica).

Utilizarea senzorilor la sudare este foarte importantă dar alegerea unui senzor necorespunzător poate să facă inutilă capacitatea unui sistem pe de o parte, iar pe de altă parte un senzor potrivit pentru probleme de sudare poate să compenseze anumite lipsuri ale unei instalații de sudare.

# Cap 2. TIPURI DE SENZORI UTILIZAȚI LA SUDAREA CU ARCUL ELECTRIC

## 2.1 Clasificarea senzorilor

Există diferite tipuri de senzori care pot fi clasificați după diverse criterii, avându-se în vedere că fiecare principiu fizic care poate oferi informații despre starea unui obiect intră ca bază de plecare pentru o funcție senzorială.

După modul de funcționare, senzorii se clasifică în două categorii:

a) Senzori activi - sunt cei care pentru realizarea conversiei marimii neelectrice în mărime electrică nu necesită aport de energie suplimentară.

b) Senzori pasivi - sunt cei care în aceleași condiții necesită aport de energie suplimentară.

Dacă se alege ca și criteriu de clasificare funcțiile pe care le îndeplinesc senzorii se pot distinge următoarele categorii:

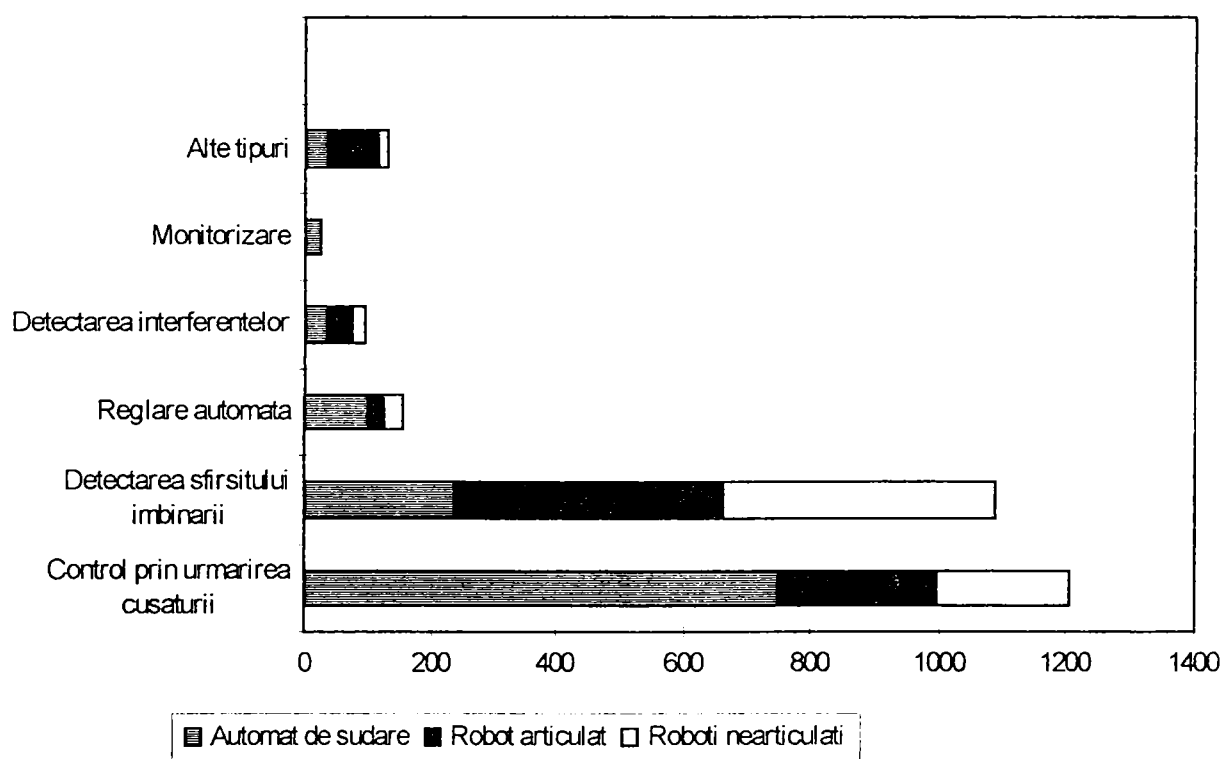
- Senzori de urmărire a rostului. Acest tip de senzori permit determinarea caracteristicilor spațiale ale rostului. Ei furnizează în general poziția unui punct al rostului orientarea lui putând fi obținută prin mijloace complementare sau prin calcul. Ei sunt în general plasați în apropierea capului de sudare și atașați la extremitatea brațului robotului de sudare .

- Senzori metrologici. Aceste sisteme permit relevarea caracteristicilor generale ale rostului și conduc la urmărirea lor. Ele sunt în general mai complexe decât sistemele de urmărire a rostului, aceasta oferindule mai mare precizie în executarea măsurătorilor. Ele dau în egală măsură acces la mărimi și permit reglarea parametrilor de sudare pentru menținerea unei calități a îmbinării sudate constante (defecte de racordare, profunzime, volum de metal depus, etc. ). Aceste sisteme sunt elegant atașate la extremitatea robotului.



- Senzori de proces. Ei permit controlul operației de sudare în desfășurare pentru a determina dacă ele raspund criteriilor de calitate. Acest sistem poate conduce un proces de sudare în curs de desfășurare și poate determina caracteristicile acestuia sau ale îmbinării sudate obținute. În acest din urmă caz poate fi inclusă și sudarea multipas [20]. Acest tip de senzori se plasează la extremitatea brațului robotului lângă capul de sudare.

- Senzori de recunoaștere. Acest tip de senzori permit recunoașterea (pentru comparare cu " imagini " model) rosturilor sau zonelor caracteristice ale pieselor de sudat pentru a le localiza. Ei pot fi sau nu plasați la extremitatea robotului. Cei mai răspândiți actualmente sunt senzorii din categoria celor pentru urmărirea rostului și de recunoaștere ( figura 2.1.)

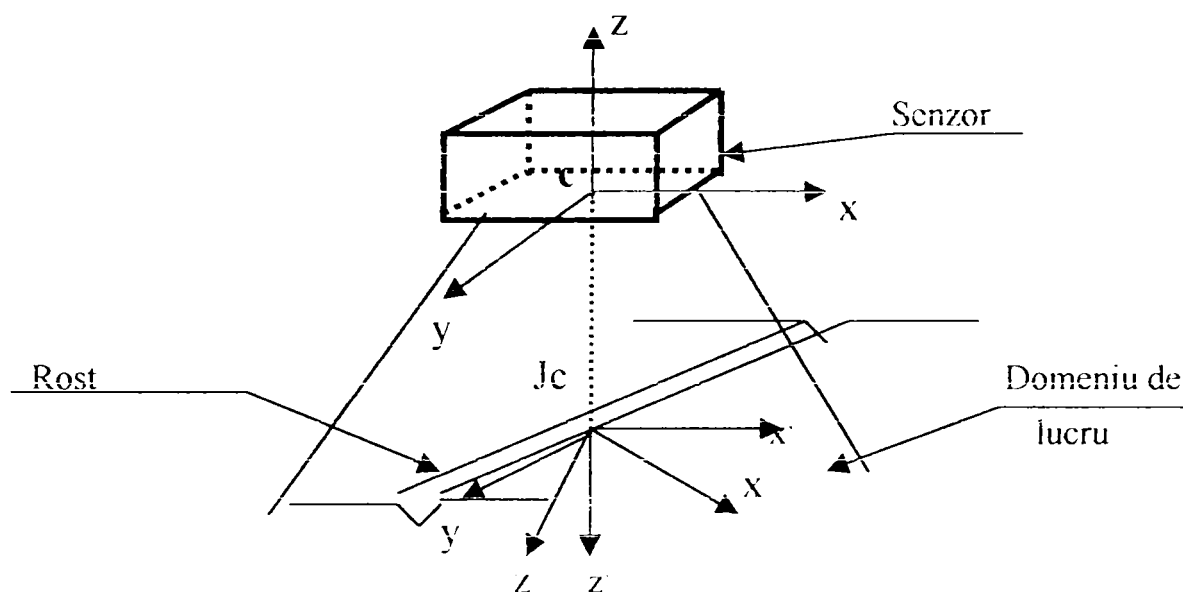


**Figura 2.1. Volumul de aplicare a senzorilor la sudarea cu arc electric**

Pentru senzori din aceeași categorie se pot distinge două moduri diferite de utilizare după cum utilizează sau nu parametrii de sudare (compatibil sau nu cu procesul de sudare). Se disting astfel senzori " un pas " pentru utilizarea în cursul operației de sudare și "doi pași" care sunt utilizați în afara

procesului de sudare propriuzis.

Senzorul percepe rostul prin intermediul componentelor vectorului de traseu în punctul  $J_c$  (figura 2.2).



**Fig. A1.1 Schița de lucru a senzorului.**

Pentru a calcula vectorul de traseu trebuie calculată fiecare componentă a sa prin utilizarea următoarelor relații:

$$J_c x = J_c x' - (J_c x' \cdot J_c y) \cdot J_c y$$

$$J_c z = J_c x \cdot J_c y$$

Pentru calculul componentei  $J_c y$  într-un punct "k" pot fi utilizate mai multe relații:

-Formula lui Stirling

$$J_c y(k) = 1/2p[3J_c(k) - 4J_c(k-1) + J_c(k-2)]$$

unde:  $p$ =pasul de eșantionare al traseului.

- Formula interpolării polinomiale.

$$J_c y(k) = 1/20p[21J_c(k) - 13J_c(k-1) - 17J_c(k-2) + 9J_c(k-3)]$$

- Formula lui Kalman

$$\begin{bmatrix} J_c(k+1) \\ J'_c(k+1) \\ J''_c(k+1) \end{bmatrix} /_{x,y,z} = \begin{bmatrix} 1 & p & p^2/2 \\ 0 & 1 & p \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} J_c(k) \\ J'_c(k) \\ J''_c(k) \end{bmatrix} /_{x,y,z} + \begin{bmatrix} p^2/2 \\ p \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \lambda(k)/_{x,y,z}$$

unde:  $J'_c = \frac{d}{dp}(J_c(k))$ ;  $J''_c = \frac{d^2}{dp^2}(J_c(k))$ ;  $\lambda(k)$  = termen ce ține seama de perturbațiile locale.

Cel mai utilizat criteriu de clasificare a senzorilor are la bază principiul fizic pe care senzorul îl utilizează (figura 2.3). [21] Indiferent de principiul fizic utilizat, senzorii trebuie obligatoriu să reziste mediului nefavorabil din jurul arcului electric. Cu toate acestea în producție actualmente cei mai utilizați sunt senzorii care acționează pe baza analizei parametrilor arcului electric (figura 2.2a.). [22].

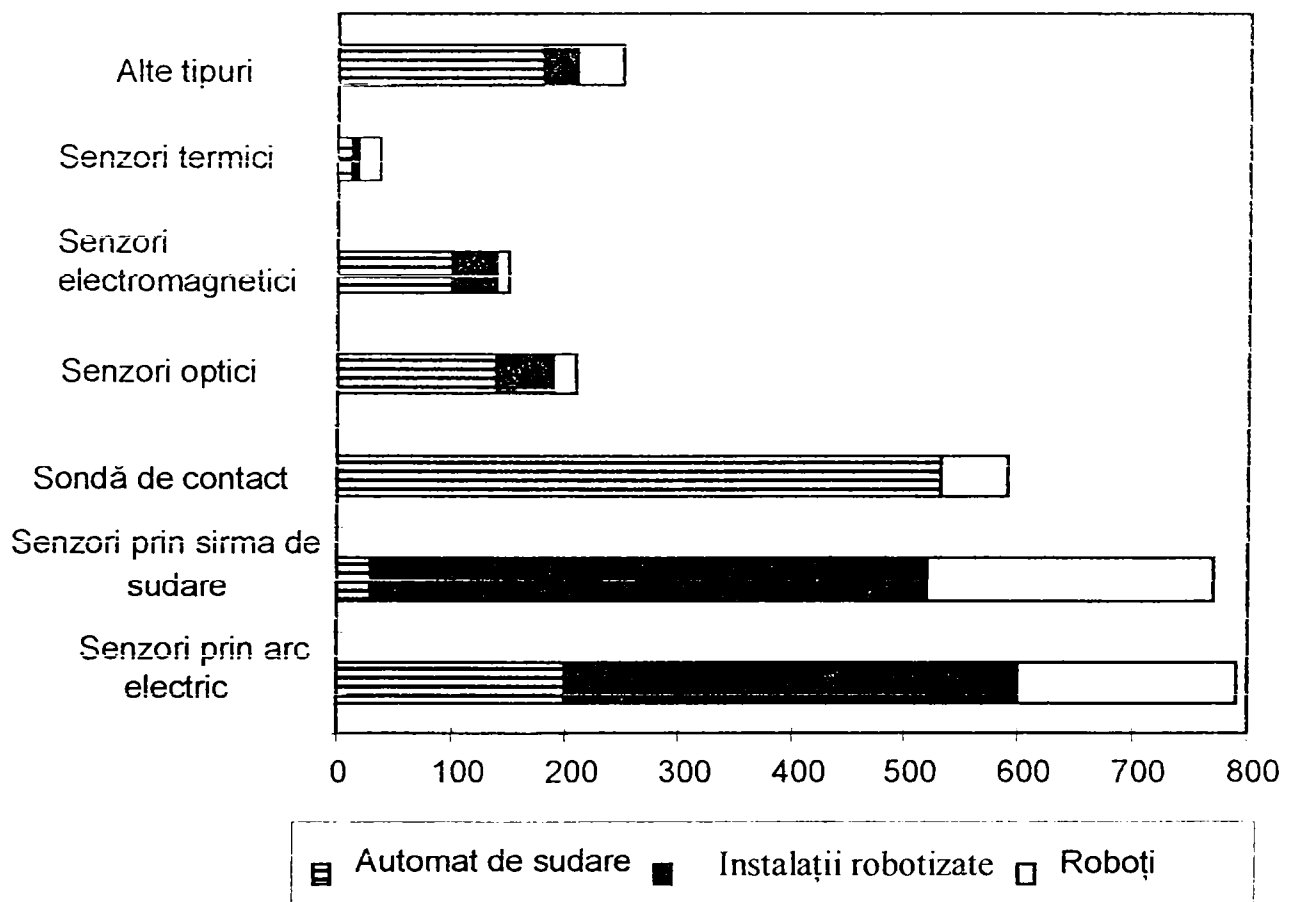
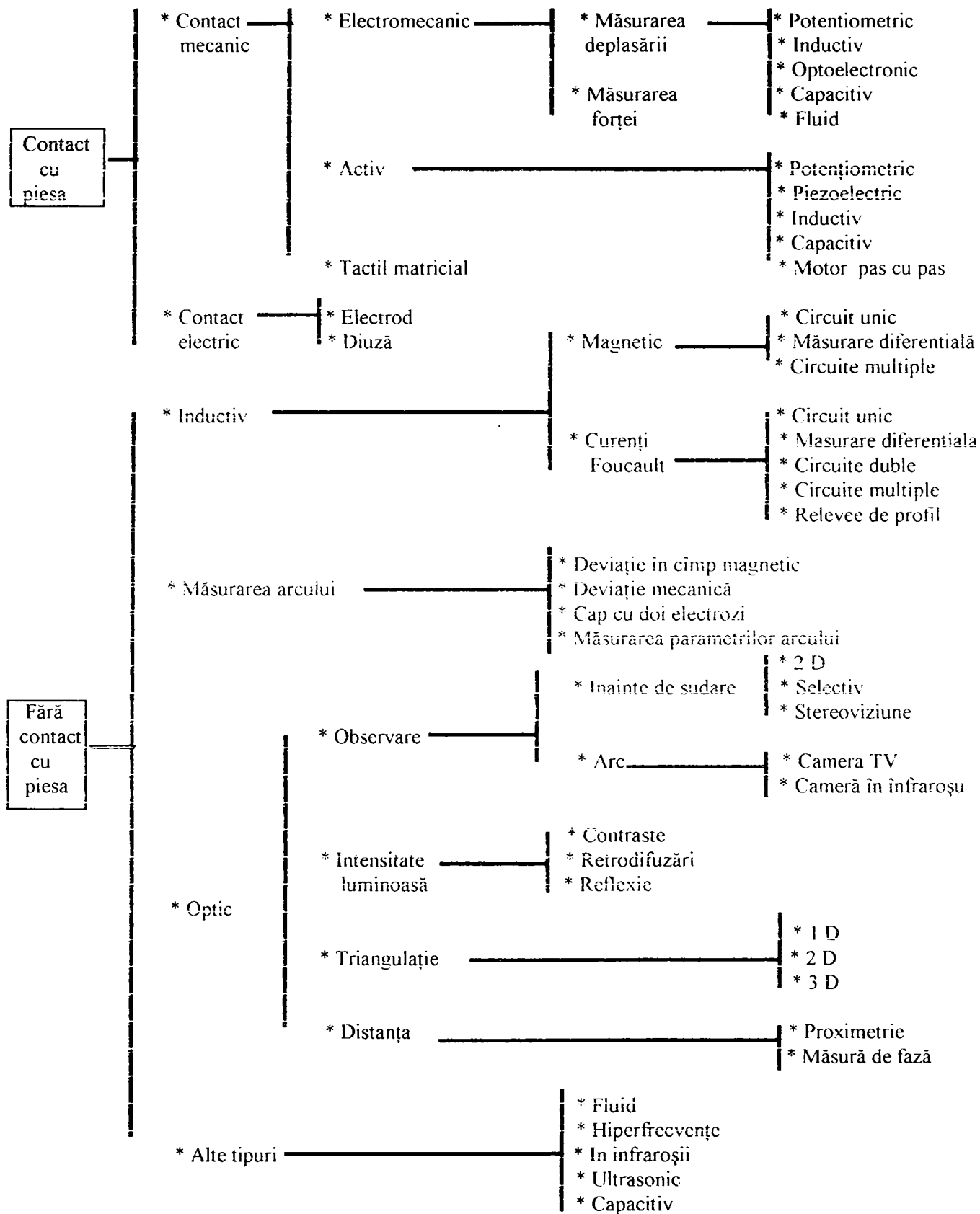


Figura 2.2a. Volumul de utilizare a diferitelor tipuri de senzori



**Figura 2.3 Clasificarea senzorilor**

## **2.2. Senzori tactili**

Rosturile de sudare sunt supuse toleranțelor de poziție și sunt detectate exact cu cheltuieli tehnice relativ scăzute prin introducerea unor sisteme de senzori tactili adică senzori care sunt în contact direct cu piesele ce se sudează. Pe lângă conducerea capului de sudare prin dispunerea lor în fața capului de sudare, aceste sisteme s-au dovedit "folositoare" pentru determinarea începutului și sfârșitului cusăturii în numeroase utilizări ale sudurii mecanizate și robotizate [26,27].

Acest tip de senzori sunt în contact direct cu piesele care se sudează și se împart în doua categorii:

- senzori cu contact mecanic.
- senzori cu contact electric.

### **2.2.1 Senzori cu contact mecanic**

Cele mai simple dezvoltări de sisteme tactile de conducere după rostul de sudare se bazează pe explorarea mecanică a unui rost sau muchie în corelație cu o transpunere directă asupra capului de sudare a unor mișcări de corectare în conformitate cu principiul brațului remorcă. Pentru aceasta elementele de exploatare sunt potrivite constructiv formei rostului. Dezvoltarea în continuare a condus la noi sisteme de senzori în acest domeniu:

- senzori electromecanici.
- senzori activi.
- senzori matriciali.

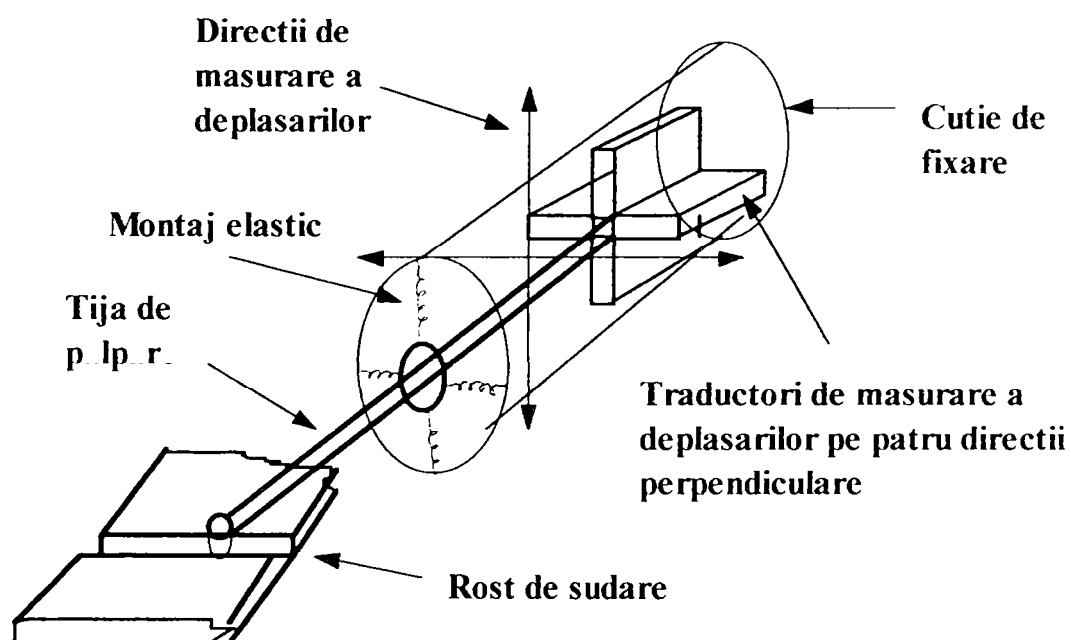
#### **2.2.1.1 Senzori electromecanici**

În acest caz rostul pentru sudare ghidează tija unui palpator menținând capul de sudare corect poziționat. Semnalele electrice emise de senzor se aplică

unor motoare pe diferite axe de reglare fapt care face posibilă corectarea dimensională exactă a poziției capului de sudare față de rost.

Forme diferite ale secțiunii rostului în lungul său pot conduce la umpleri neregulate a secțiunii rostului în cazul în care parametrii de sudare rămân constanți și prin aceasta, la grosimi diferite ale cusăturii respectiv la variații ale secțiunii cusăturii. Evitarea acestui fenomen se poate realiza prin utilizarea unor tipuri de senzori mai evoluți care se vor descrie ulterior. Semnalele electrice sunt obținute prin traductoare de diferite tipuri (opto-electronice, capacitive, potentiometrice, inductive).

Printre primele echipamente comercializate și care sunt și astăzi foarte răspândite este cel prezentat în figura 2.4 [28...35]:



**Figura 2.4. Schema de principiu a senzorului “CECIP”**

Traductoarele care măsoară deplasarea sunt traductoare potențiometrice lineare dispuse perpendicular unul în raport cu celălalt pe un palpator. Acest senzor permite detectarea și urmărirea rostului pe orizontală și verticală. Măsurarea deplasării laterale se face în raport cu poziția de referință a tijei palpatorului (figura 2.5.a). Poziția de referință corespunde unui semnal de ieșire

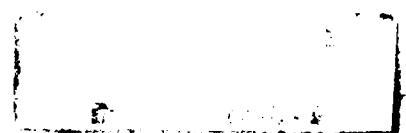
nul pentru traductorul ce măsoară deplasarea laterală. În momentul în care se produce o deplasare a vârfului palpatorului cu o anumită valoare "d" față de poziția sa din axă, va apărea o tensiune ( $U_y = 0$ ) a cărei mărime depinde de deplasarea vârfului palpatorului (d). Tensiunea este preluată de către un echipament electronic și aplicată unor motoare care readuc capul de sudare în poziția de referință. Aceste reglaje se fac la nivelul unei cutii electronice asociate capului de sudare (figura 2.5b). Reglarea poziției verticale se face în același mod, alegându-se axa de referință și reglându-se pentru această poziție valoarea zero pentru tensiune ( $v_z = 0$ ). Menținerea palpatorului pe rost se realizează prin crearea unei mici presiuni (forțe) exercitate prin intermediul unor resorturi (figura 2.5 c).

Avantajele principale ale acestui tip de senzor sunt:

- rapiditatea răspunsului la perturbații
- robustețe în construcție
- simplitate în funcționare.
- preț de cost mic.

Principalele dezavantaje sunt:

- nu este simetric, iar pentru măsurarea deplasărilor verticale necesită o orientare a tijei palpatorului care trebuie astfel realizată încât acesta să fie situat în fața capului de sudare și în axa rostului.
- este relativ mare, cutia este de aproximativ 8 cm în diametru și lungă de 12 cm, iar lungimea medie a palpatorului este de 10 cm.
- extremitatea tijei palpatorului nu este universală. Ea trebuie adaptată funcției de forma secțiunii transversale a rostului.
- datorită plasării în fața capului de sudare la o anumită distanță există probleme de conducere corectă în punctele de inflexiune ale traseului rostului.



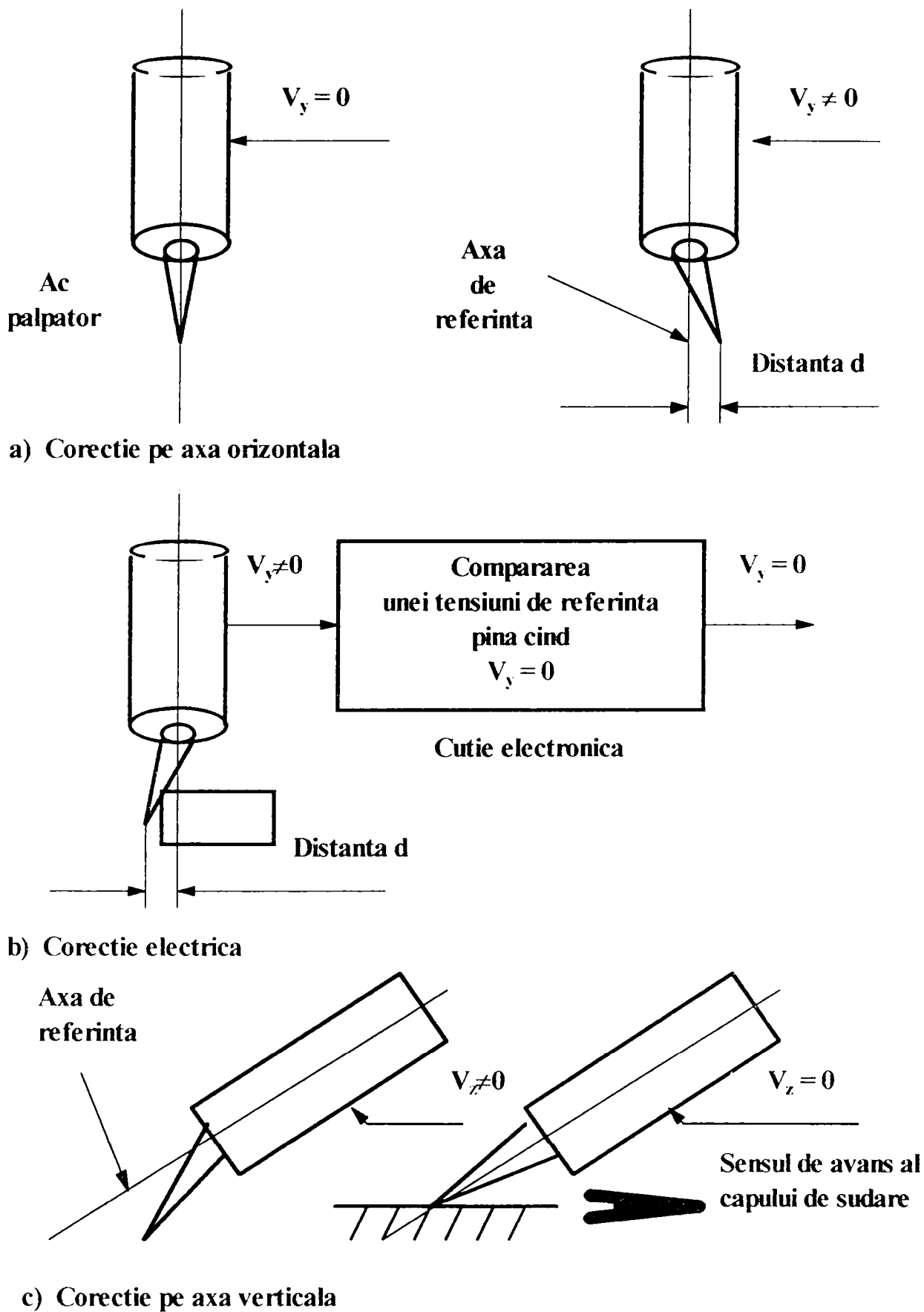


Figura 2.5. Principiul de utilizare a senzoriilor tactili



## 2.2.1.2 Senzori activi [36,37].

Senzorii activi au un punct de palpate deplasabil de-a lungul diferitelor axe prin una sau mai multe acționări. Aceste acționări permit deplasarea punctului de palpate și determinarea caracteristicilor geometrice ale rostului. Din această categorie de senzori cei mai utilizați sunt:

- Senzorul SAF [36]. Acest senzor este compus din elemente clasice cum ar fi palpatorul și traductorul potențiomtric. Senzorul este activ deoarece vârful de palpate este antrenat într-o mișcare de translație prin intermediul unui cilindru pneumatic până la atingerea pieselor care se sudează. (figura 2.6 ).

După atingerea pieselor valoarea curentului de ieșire de la traductor este comparat cu o valoare de referință și în funcție de această comparație se realizează corectarea poziției capului de sudare. Palparea rostului de sudare se face periodic comparându-se valorile obținute cu cele programate și făcându-se corecțiile de rigoare.

Utilizarea acestui senzor se limitează la cusături și piese solidarizate prin puncte de sudură.

Acești senzori prezentați sunt utilizați în procesele de sudare mecanizate și automatizate, fiind utili în special proceselor de sudare care utilizează roboți industriali. Cu toate avantajele pe care le oferă la urmărirea rosturilor de sudare cu implicații directe în obținerea unor îmbinări sudate de calitate, este important să fie cunoscute și dezavantajele acestora dintre care cele mai importante sunt:

- Senzorii cu contact mecanic nu funcționează dacă nu există un ghidaj care să conducă deplasarea vârfului tijei palpatoare.
- Senzorii cu contact mecanic sunt sensibili la uzură, la deformații sau dezaxări între capul de sudare și tija palpatoare.
- Palpatoarele pot părăsi traseul rostului la viteze mari de sudare sau la trecerea peste punctele de prindere cu sudură.

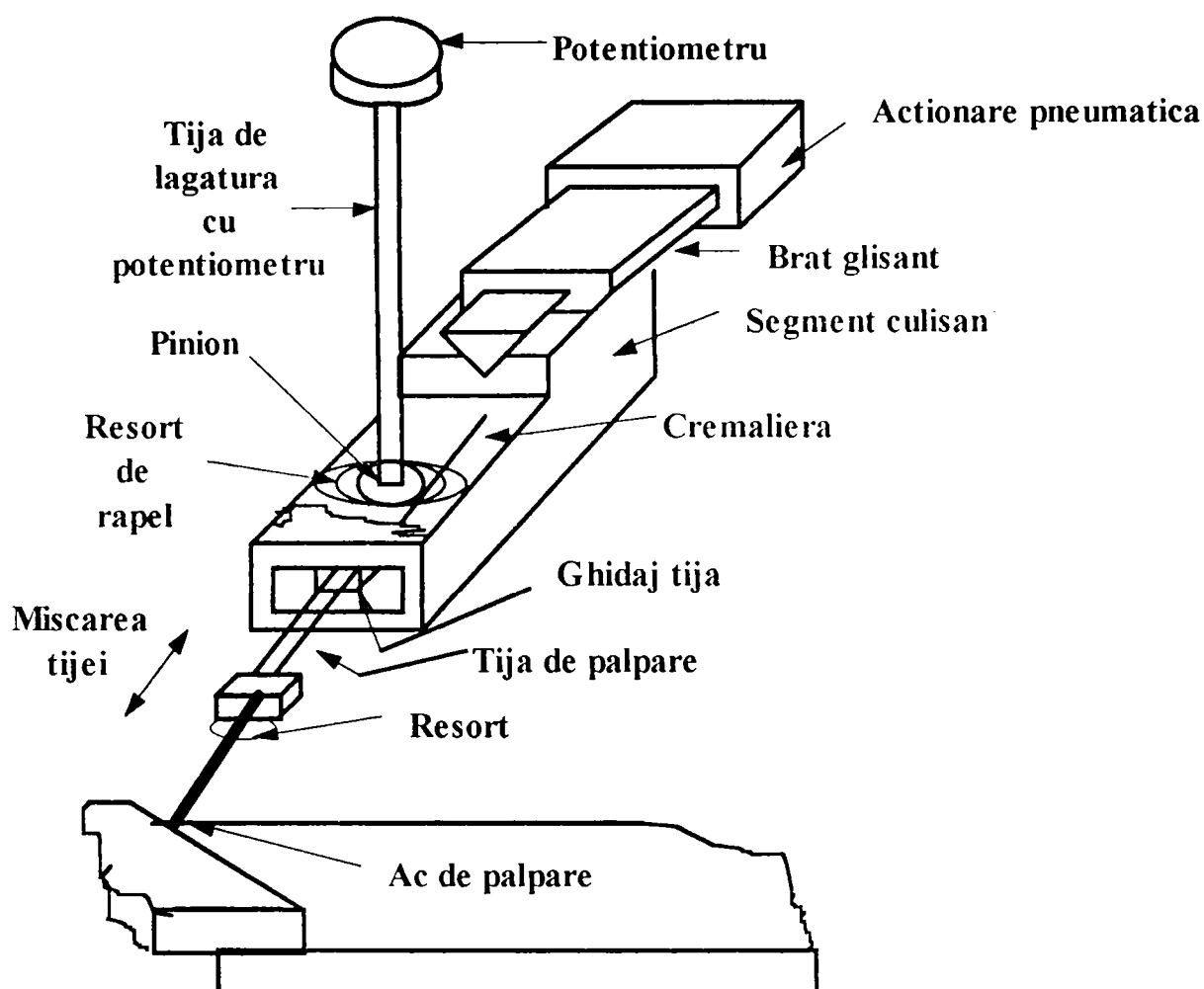
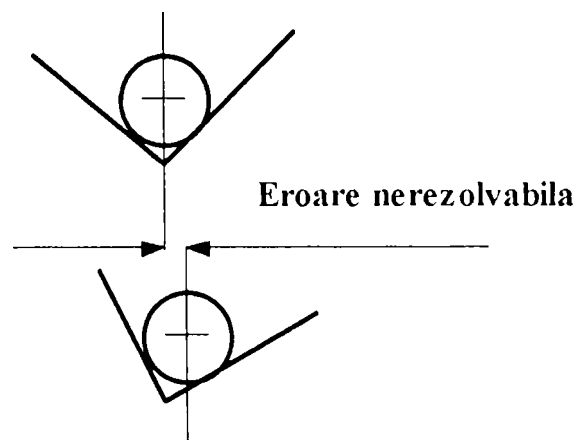


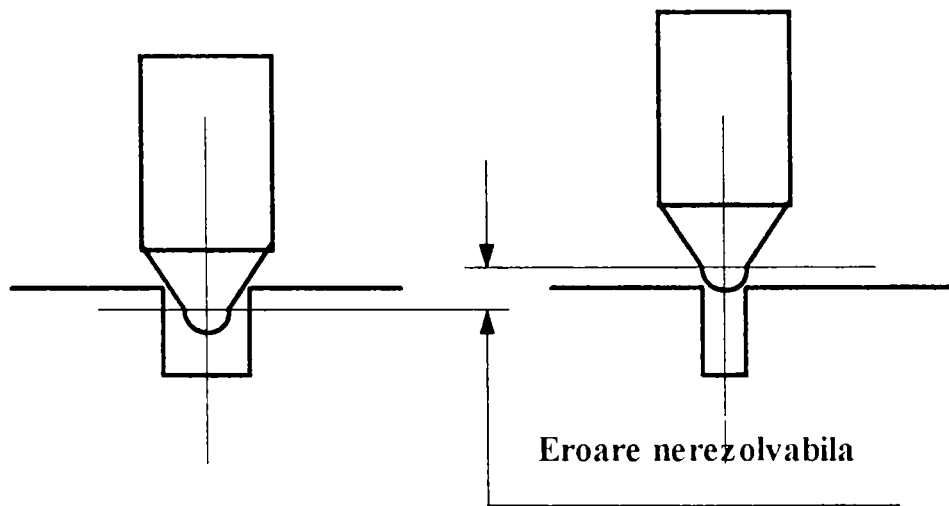
Figura 2.6. Senzor S.A.F.

- Palpatoarele au o utilizare limitată. Spre exemplu la o aplicație simplă de sudare în “T”, simpla orientare a pieselor la montare poate produce erori de orientare a capului de sudare (figura 2.7. a). În cazul sudării cap la cap poziția pe verticală a capului de sudare (prin intermediul palpatorului) este influențată de lățimea rostului (figura 2.7.b).

- În cazul sudării multistrat apar probleme suplimentare la palparea mecanică, cauzate de distrugerea ghidajului de referință.



a) Influenta unei orientari a palpatorului sau a pieselor



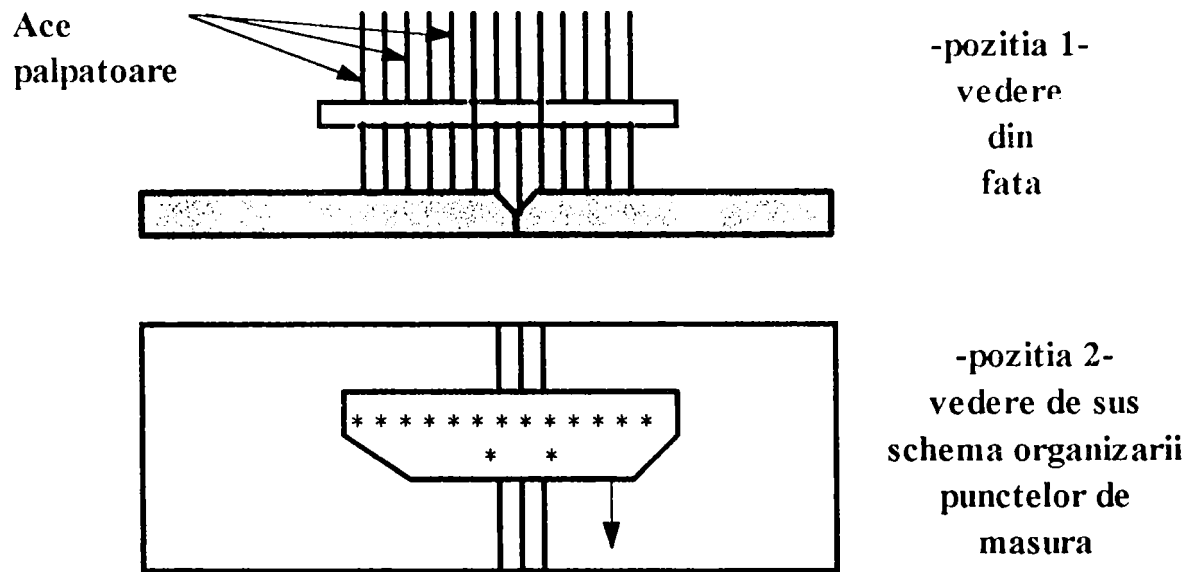
b) Influenta latimii rostului

Figura 2.7. Erori la palparea prin contact

### 2.2.1.3 Senzori matriciali

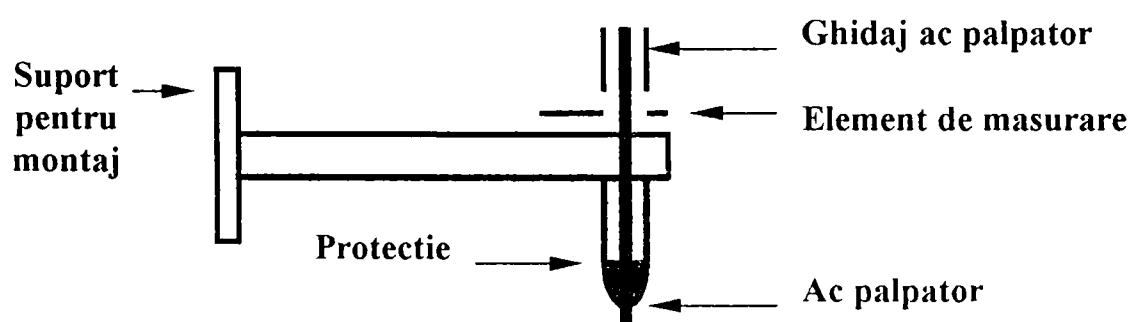
Avându-se în vedere limitele utilizării palpatoarelor în contact cu suprafețele pieselor care se sudează s-a căutat reducerea suprafeței de contact dintre un palpator și rost. Pentru realizarea acestui deziderat s-a căutat o organizare matricială a palpatoarelor. Schema unui astfel de senzor matricial este prezentată în figura 2.8. Acesta este compus din palpatoare (electrozi) dispuse pe două rânduri paralele, în primul rând fiind dispuse șapte palpatoare iar în al

doilea rând, două palpatoare. Acest senzor permite urmărirea rosturilor la sudare în trei plane [38].



**Figura 2.8. Senzor matricial**

Fiecare palpator execută o mișcare independentă, modul de deplasare a acestuia fiind înregistrat prin intermediul unui element de măsurare și centralizat la nivelul unui computer care coordonează mișcarea capului de sudare. Schița simplificată a unei unități de măsurare este prezentată în figura 2.9.



**Figura 2.9. Principiul unei unități de măsurare**

În practică acești senzori sunt puțin utilizați, fiind puțin fiabili în prezența arcului electric în special datorită împrăștiilor cu metal topit care pot conduce la blocarea palpatoarelor. De asemenea uzura palpatoarelor este mare.

#### **2.2.1.4. Exemple de utilizare**

Datorită inconvenientelor prezentate anterior utilizarea acestor tipuri de senzori este limitată și are o răspândire restrânsă fiind utilizați la sudarea cu roboți într-o mică măsură. Totuși pentru unele aplicații industriale specifice s-au utilizat aceste tipuri de senzori cum ar fi:

- senzor ABC pe robot OTC pentru învățarea traiectoriei
- senzor ARMCO pe robot ARMCO pentru urmărirea rostului la sudarea sub flux
- senzor ESAB pe robot ASEA pentru învățarea și urmărirea rostului la sudare
- senzor CYCLOMATRIC pe robot AMERICAN ROBOT pentru urmărirea rostului la sudare
- senzor CABROL pe robot SHIN MEIWARV 110 pentru suduri de colț în construcții navale
- senzor MITSUBISHI DENKI pe robot DAIKIN INDUSTRY pentru urmărirea unor contururi.
- senzor TORSTEKNIK pe robot YASKAWA pentru învățarea și urmărirea rostului.

#### **2.2.2. Senzori cu contact electric**

În acest caz senzorii utilizează un curent de înaltă tensiune (de exemplu aproximativ 500V), iar palparea se realizează prin intermediul electrodului sau prin baza diuzei. Această palpăre se face înaintea începerii operației de sudare,

având ca scop determinarea poziției rostului (început și sfârșit) cât și determinarea poziției rostului prin palpate în diferite puncte, amplasate la anumite distanțe funcție de configurația traseului rostului.

Dacă se utilizează pentru sudare sârma electrod, poziția piesei este determinată în momentul atingerii dintre vârful sârmei electrod și piesă. Înainte de începerea operației de urmărire a rostului este necesară calibrarea lungimii sârmei, lucru care se realizează în mod automat. Acest tip de senzor este utilizat de: ADVANCED ROBOTIC, CORP, O.T.C, MITSUBISHI ELECTRIC CORP, HITACHI UNIMATION, SHIN MEIWA, KOBE STEEL, AUTOMATIX, etc... [39].

Firma MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES utilizează un senzor din cel prezentat anterior folosind un dispozitiv care stabilește un contact electric printr-un punct escamotabil.

Dacă este utilizată diuza capului de sudare pentru palpate atunci poziția piesei se determină în momentul contactului dintre baza diuzei și piesă. Un astfel de sistem este ULA-1 UNIWELD.

În cazul acestui sistem se aplică un potențial electric diuzei capului de sudare (aceasta fiind izolată de restul instalației de sudare), iar în momentul atingerii piesei se produce descărcarea electrică, care este sesizată de sistemul de urmărire. Acest sistem senzorial se utilizează la sudarea cu roboți industriali pentru determinarea începutului și sfârșitului rostului de sudare și are avantajul că nu necesită modificări importante ale instalației de sudare.

Senzorii cu contact electric se utilizează în general în combinații cu alte sisteme de detecție (senzori de arc de exemplu). Inconveniente principale ale acestor senzori sunt limitarea acestora la rosturi unghiulare sau cu deschidere mare și timpul ridicat pentru ciclul de detecție a rostului. Pentru o sinteză a celor prezentate în acest paragraf în tabelul 2.1 se prezintă principalii senzori de contact utilizați la sudare.

PRINCIPII		Urmărire de rost	Localizare de rost	Tip de senzor	
M E C A N I C	E L E C T R O M E C A N I C	Potentiometric Inductiv Optoelectronic	DA	NU	Mitsubishi Denki Cecil Equipment Co Daikin Kogyo Cyclomatic Nippon Kokan Institute Josef Stefan ESAB Caterpillar Tractor Co. Welding Research Inst. (TC) Cabrol Uniweld Armco Jetline Engineering
		Potentiometric+pneumatic	DA	NU	SAF
		Inductiv + piezoelectric			
		Inductiv + capacitiv + piezoelectric	DA	==	Institutul Josef Stefan (TC) D. Malai - I.P.Timisoara
		Motor pas cu pas + Piezoelectric			
		Motor pas cu pas + Contact mecanic	DA	==	FIAT
		Electric + pneumatic	DA	NU	Torsteknik AB ESAB , IGM
		Matrice tactilă	DA	NU	Universitatea din Stuttgart
E L E C T R I C		Electrod	NU	==	Mitsubishi Heavy Industry Advanced Robotics Corp. Shin Meiwa Industry Unimation Kobe Steel Komatsu Mistubishi Electric Corp. Hitachi Cybotech Corp. Automatix
		Diuză	NU	==	Uniweld

**Tabelul 2.1 Senzori de contact.**

## 2.3 Senzori fără contact cu piesele de sudat

Aceste tipuri de senzori au fost construiți și dezvoltati pentru a elimina o serie de dezavantaje întâlnite la senzorii tactili precum și din necesitatea îmbunătățirii performanțelor senzorilor utilizați la sudare. Sistemele de senzori fără contact reprezintă față de senzorii tactili un stadiu mai avansat de dezvoltare iar pe baza fenomenelor ce le utilizează acești senzori pot fi clasificați în:

- senzori inductivi.
- senzori de arc.
- senzori optici.
- senzori ce utilizează alte principii de detecție (fluiditate, înaltă frecvență, ultra-sunete, capacitate, etc... ).

Toate aceste tipuri sunt utilizate fie pentru determinarea poziției rostului fie pentru urmărirea acestuia. Gradul de răspândire și utilizare depinde pentru fiecare tip de senzor de performanțele ce se doresc să se obțină, gradul de dezvoltare și prețul de cost. În general acești senzori sunt utilizați la roboții industriali pentru a mări performanțele acestora.

### 2.3.1 Senzori inductivi

Aceste tipuri de senzori sunt cei mai simpli ca și construcție din gama senzorilor fără contact cu piesele care se sudează. În această categorie se întâlnesc două tipuri de senzori de bază:

- senzori magnetici.
- senzori care utilizează curenți Foucault.

Fiecare din aceste tipuri de bază poate fi:

- de curent unic.
- diferențiali.
- cu circuite multiple.



## 2.3.1.1 Senzori magnetici

Principiul acestor senzori se bazează pe măsurarea inductanței unei bobine înfășurată pe un miez magnetic. Acest miez de fier crează un întrefier variabil cu piesele ce se sudează. Inductanța bobinei este sensibilă la variațiile întrefierului circuitului magnetic putându-se realiza o concordanță între valoarea întrefierului și inductanța bobinei.

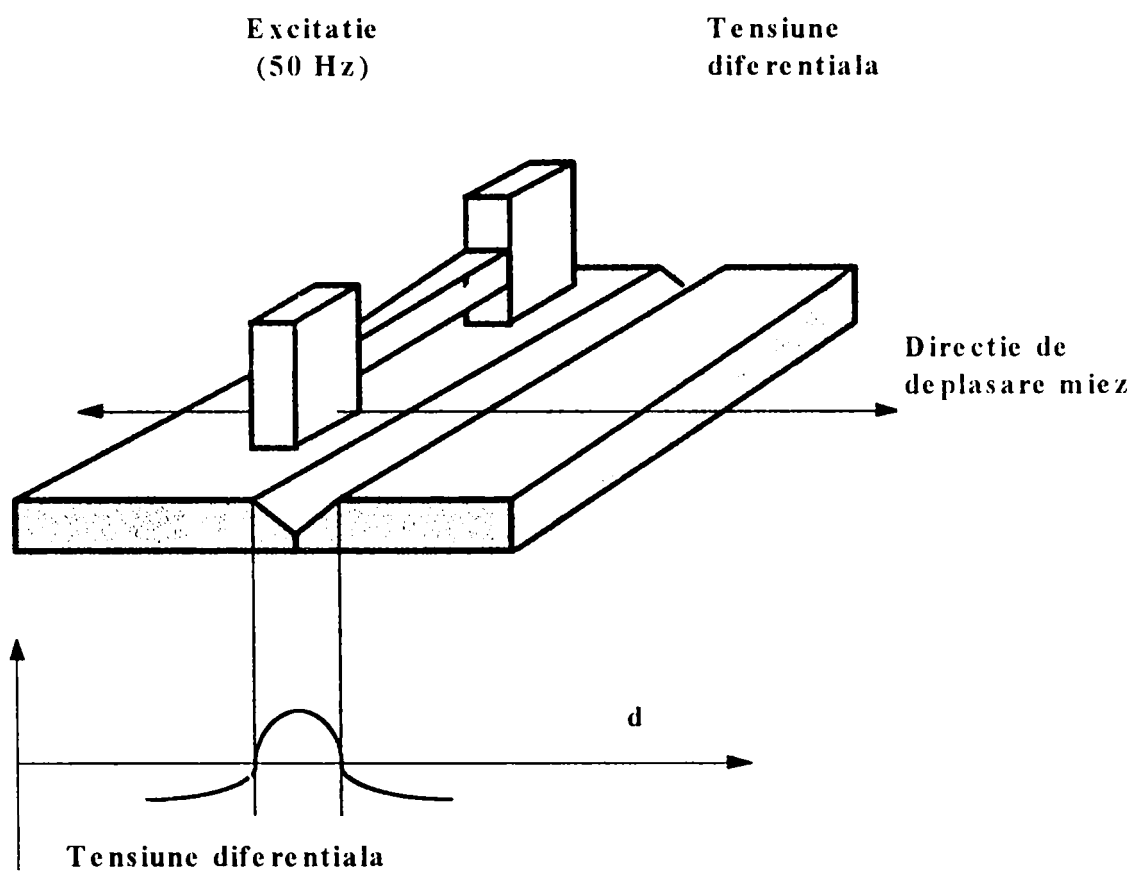
### 2.3.1.1.1 Senzori magnetici cu circuit unic

Un astfel de senzor este senzorul ZENTAL [40] (figura 2.10) care este format dintr-un miez magnetic sub forma de 'I' pe care sunt amplasate două înfășurări. În timpul funcționării, miezul magnetic execută o mișcare transversală perpendiculară pe rost. Acest senzor poate localiza rostul și evalua lățimea acestuia prin intermediul interpretării tensiunii diferențiale măsurate în timpul deplasării transversale a miezului magnetic.

### 2.3.1.1.2 Senzori inductivi diferențiali

Din această categorie cei mai reprezentativi sunt:

- Senzorul MESSER GHRISHEIM [41]. Acesta are în componența sa un generator de câmp magnetic în alcătuirea căruia intră bobinele B1 , B2 și două capete de explorare T1 , T2 situate de o parte și de alta a rostului de sudare (figura 2.11.). Capetele T1 și T2 permit localizarea rostului prin măsurători diferențiale la o precizie de 0,05 mm, iar utilizarea senzorului poate fi făcută și în cazul metalelor nemagnetice ( Cu, Al ).



**Figura 2.10. Senzor cu circuit magnetic unic tip ZENTAL**

- Senzorul VALLOUREC [42]. Acest senzor este prezentat în figura 2.12 și este compus din două capete de explorare (sonde) identice amplasate de o parte și de alta a rostului de sudare, fiecare fiind format dintr-o bobina de excitație ( $E_1$ ,  $E_2$ ) și o bobină de detecție înfășurată pe un miez magnetic de o formă specială. Semnul obținut în fiecare cap de explorare este în funcție de permeabilitatea magnetică a suprafeței situate în imediata vecinătate a capului de detecție. Prin măsurări diferențiale se poate localiza rostul dintre cele două sonde cu o precizie de ordinul a 0,5 mm.

- Senzor MITSUBISHI ELECTRIC Acest senzor își bazează funcționarea pe detectarea distribuției magnetismului cauzat de curentul de sudare.

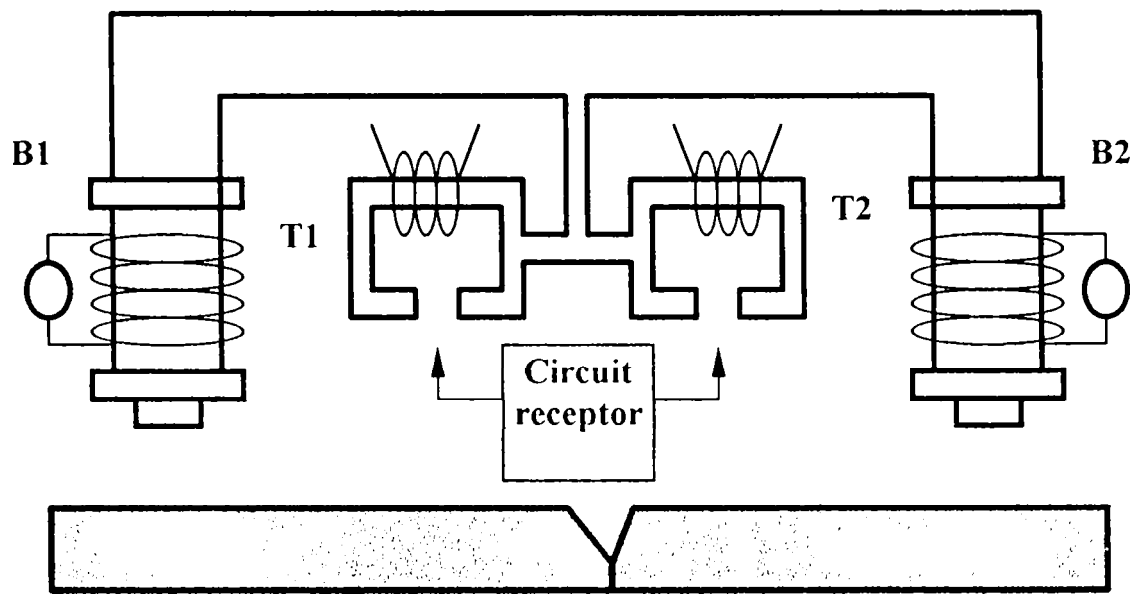
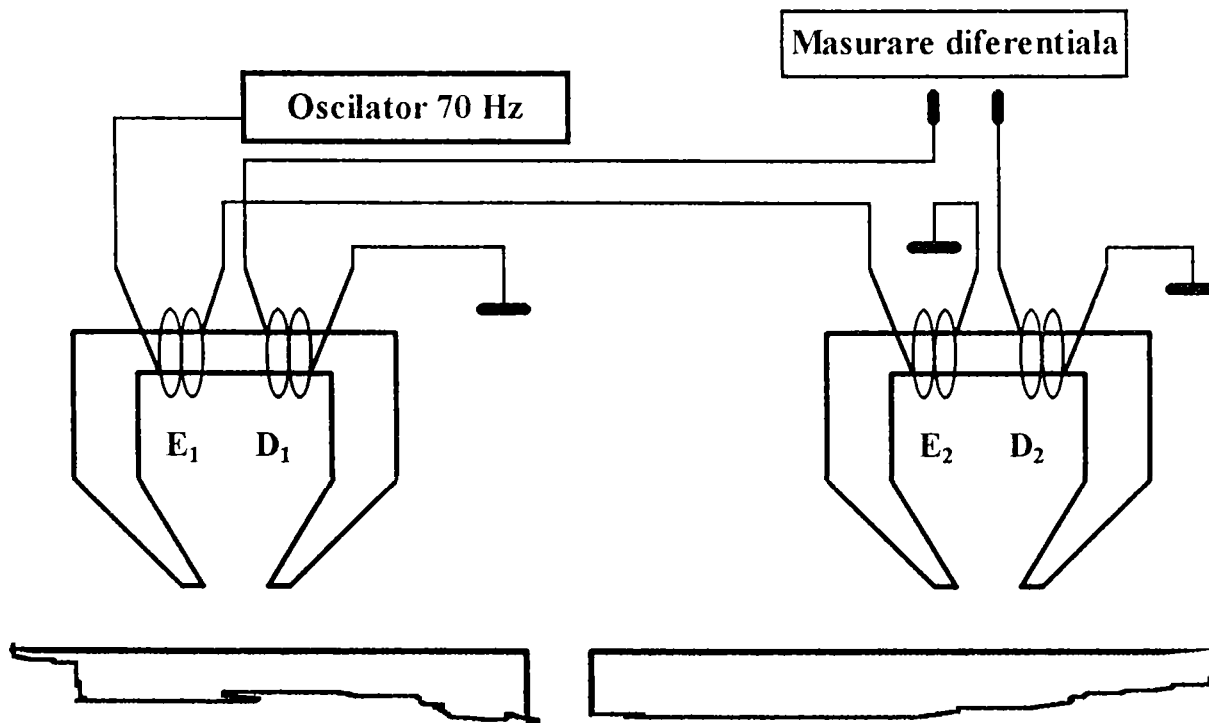


Figura 2.11. Senzor magnetic MESSER GRIESHEIM



$E_1, E_2$  : Infasurare primara de excitatie  
 $D_1, D_2$  : Infasurare secundara de detectie

Figura 2.12. Senzor magnetic VALLOUREC

### **2.3.1.1.3 Senzori magnetici cu circuite multiple**

Acești senzori permit utilizarea pentru detectarea rostului de sisteme cu circuit unic asociate cu alte sisteme pentru determinarea poziției capului de sudare față de piesele care se sudează. Pentru a realiza acest lucru, o parte a senzorului este utilizat pentru determinarea rostului iar o altă parte este situată în exteriorul primeia, permitând determinarea distanței dintre piese și capul de sudare, realizând în acest fel orientarea acestuia în planul transversal al rostului.

### **2.3.1.2 Senzori ce utilizează curenți Foucault**

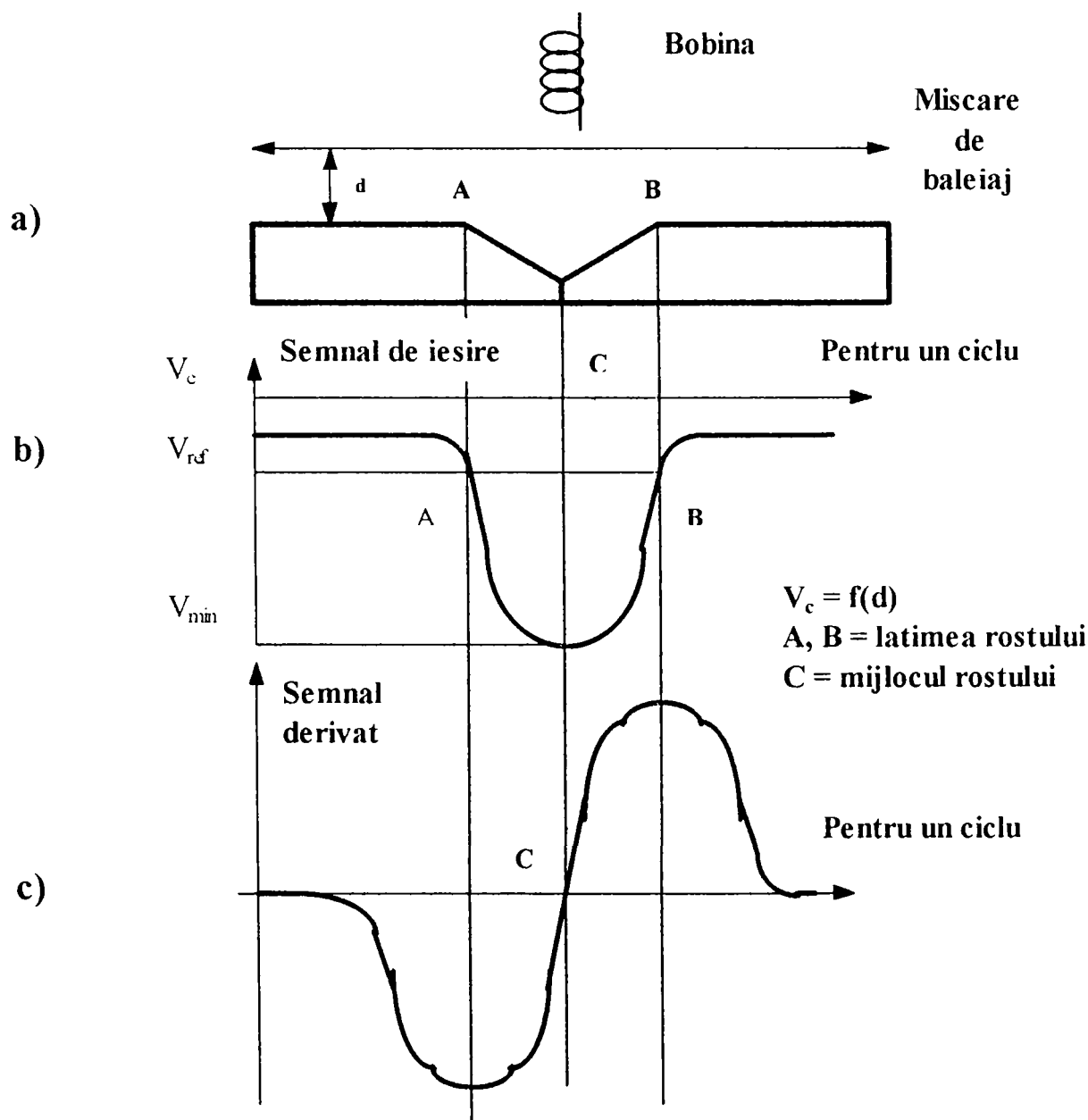
Acest tip de senzor este utilizat deja în numeroase aplicații. El este alcătuit dintr-o bobină inductoare amplasată pe un miez feromagnetic putând lucra la un curent de înaltă frecvență (de la câțiva kHz la câteva sute de kHz ). Prin bobină trece un semnal sinusoidal de înaltă frecvență care produce un flux magnetic de înaltă frecvență. Dacă bobina este apropiată de un material conductor fluxul magnetic variabil va induce în acest material curenți Foucault care sunt proporționali cu acesta. Curenții induși crează un flux magnetic opus care are tendința de a reduce inductanța bobinei. Un circuit de măsurare a acestei inductanțe poate determina un semnal derivat proporțional cu acești curenți Foucault induși [43]. Acești senzori pot fi utilizați pentru măsurarea distanței dintre capul de sudare și piese sau pot localiza rostul pentru sudare.

#### **2.3.1.2.1 Senzori cu circuit unic [44].**

Acești senzori utilizează o singură bobină pentru detectarea rostului, aceasta fiind deplasată transversal cu ajutorul unui dispozitiv de baleiaj. Prin deplasarea bobinei și analiza semnalelor rezultate se poate localiza cu precizie

rostul pentru sudare. Atunci când bobina inductoare este deasupra rostului, lipsa de material determină o diminuare a curenților Foucault în piesă și deci o reducere a semnalului de ieșire (figura 2.13a).

Valoarea tensiunii  $V_c$  poate indica distanța dintre capul de sudare și piesă, mijlocul rostului și lățimea acestuia (fig. 2.13b). Utilizarea acestui semnal este mai dificilă datorită influențelor pe care le au asupra sa, natura materialului, starea suprafețelor, temperatura, etc.... Din aceste considerente se folosește un



**Figura 2.13. Caracteristica semnalului de ieșire pentru senzori Foucault.**

semnal derivat, (figura.2.13c) valorii zero a semnalului corespunzându-i mijlocul rostului. În practică un alt inconvenient al acestui tip de senzor îl constituie

vibrațiile pe care un astfel de dispozitiv le poate crea. Pentru evitarea acestui fenomen se poate utiliza un dispozitiv rotativ care susține bobina și care se mișcă deasupra piesei de sudat.

### **2.3.1.2.2 Senzori cu măsurare diferențială**

Scopul construirii acestor senzori a fost de a elimina mișcarea de baleaj a bobinei sensorului și de a obține direct un semnal diferențial [45].

Pentru acest deziderat se utilizează două bobine situate de o parte și de cealaltă a rostului. În cazul în care semnalul de ieșire este zero, bobinele sunt așezate simetric față de rostul de sudare, deci calarea capului de sudare este realizată. Dacă semnalul este diferit de zero atunci senzorul comandă corecțiile care sunt necesare pentru revenirea capului de sudare într-o poziție corespunzătoare în raport cu rostul. Pe acest principiu au fost dezvoltati următorii senzori: MATERIAL DATA/AB, CED/UGRA [46] și FIAT [35].

### **2.3.1.2.3 Senzori cu circuite duble**

Acest tip de senzori este utilizat în general pentru sudarea îmbinărilor de colț și permite menținerea capului de sudare pe bisectoarea unghiului format de cele două piese (figura 2.14). Configurația sensorului este adaptată pentru unghiul realizat de cele două piese iar calarea capului de sudare pe rost se face atunci când distanțele  $d_1$  și  $d_2$  sunt egale.

Pe acest principiu au fost construiți următorii senzori:

- senzor HITACHI ( pentru suduri de colț ) [43].
- senzor MITSUBISHI HEAVY INDUSTRY [ 48].
- senzor MATERIAL DATA/AB care are senzorul înglobat în diuza capului de sudare [13].

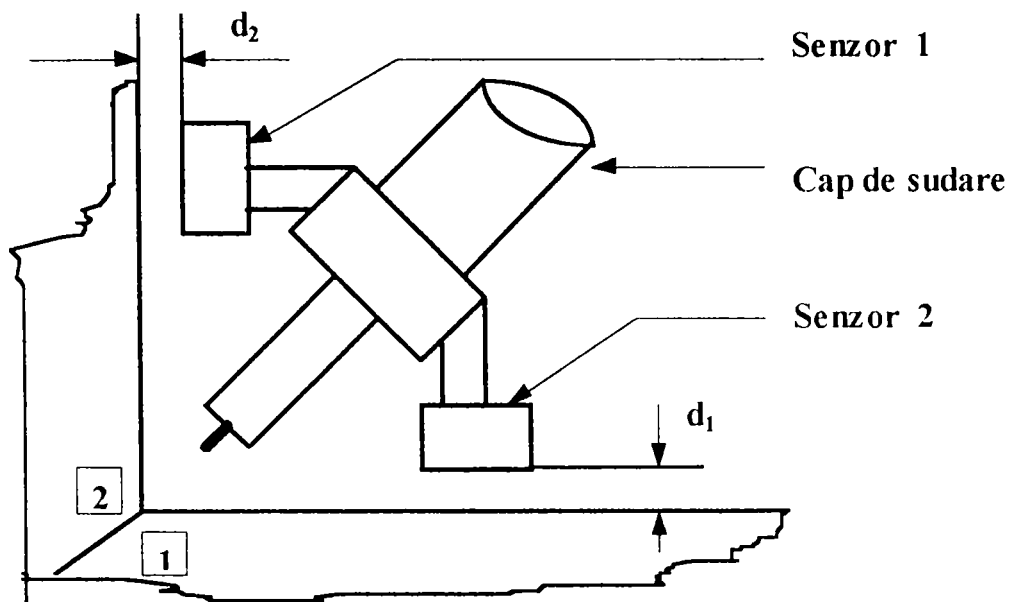


Figura 2.14 Schița senzorului HITACHI

### 2.3.1.2.4 Senzor cu circuite multiple

În cazul acestui senzor sunt utilizate mai mult de două bobine pentru determinarea poziției capului de sudare în raport cu piesele care se sudează și rostul pentru sudare. Un asemenea senzor este prezentat în figura 2.15a. El este compus din două bobine centrale (B1 și B2) pentru urmărirea rostului și o bobină

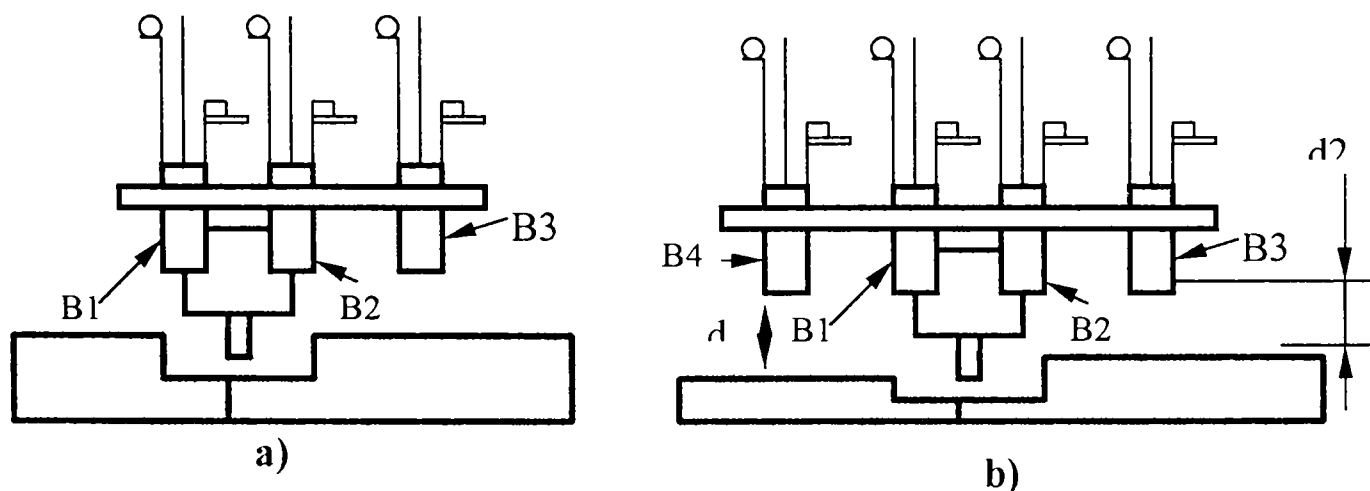


Fig. 2.15 Senzor inductiv cu circuite multiple

exterioară (B3) pentru determinarea distanței capului de sudare față de piesă.

Senzorul reprezentat în figura 2.15b cuprinde patru bobine care permit determinarea poziției rostului (B1, B2), distanța dintre capul de sudare și piese (B3, B4) și orientarea senzorului în raport cu piesele (B3, B4).

Pe acest principiu au fost realizați senzorii C.E.A./UGRA , FIAT și CARNEGIE MELLON [49].

### 2.3.1.3 Particularitățile senzorilor inductivi

Actualmente acest tip de senzori au o arie restrânsă de utilizare. Senzorii reacționează diferențiat la proprietățile magnetice ale materialelor, în funcție de domeniul de frecvență a câmpului alternativ. Senzorii cu câmp magnetic de joasă frecvență (NF) se instalează de preferință numai pentru materiale feromagnetice, în timp ce la utilizarea unui câmp magnetic de frecvență ridicată (HF), câmpul alternativ este influențat atât de materiale feromagnetice, cât și de materiale nemagnetice [50, 51]. Senzorul induce în piesă, în zona apropiată suprafeței, curenți turbionari. Aceștia micșorează inductivitatea bobinei, modificare care este folosită pentru a produce semnale electrice dependente de distanță.

În timp ce senzorii cu o singură bobină nu furnizează nici o informație asupra conturului grosier al piesei și prin aceasta, se instalează numai pentru o conducere pe bază de distanță sau pe baza de contur (laturi), printr-o combinație de mai multe sisteme de bobine este posibilă o explorare a rostului pe trei direcții. Pe lângă palparea laturilor și a înălțimii rostului, pot fi sesizate modificări pe direcția rostului, adică începutul și sfârșitul unui rost [51], și în plus, există posibilitatea de detectare a modificărilor unghiului de poziționare [52-58].

Precizia de urmărire a sistemelor inductive de conducere a capului de sudare pentru corecția de înălțime și corecția laterală sunt, în funcție de principiu utilizat, între  $\pm 0,15$  mm și  $\pm 0,5$  mm .

Referitor la palparea formei rostului există relativ puține restricții [16].



O proprietate de evidențiat a acestor senzori este capacitatea de a urmări distanțe foarte mici la îmbinările cap la cap, până la dimensiuni de 0,05 mm ale distanței dintre componente [56]. La sudarea straturilor de umplere și de acoperire la îmbinări cap la cap apar totuși restricții cu privire la conducerea laterală [55]. Umplerea canturilor la îmbinări cap la cap conduc la abateri ale senzorului față de mijlocul cusăturii [57] așa că devine necesară o prelucrare exactă a canturilor rostului. Senzorii inductivi reacționează eronat la influențarea cu câmpuri magnetice dar aceasta nu este reprezentativ pentru geometria rostului. Astfel, mase magnetizabile ca de exemplu, elementele de încordare care se află aproape de locul rostului, pot să provoace reacții eronate ale sistemului de senzori [59].

O reglare a gradului de umplere, respectiv o detectare a dimensiunii distanței se poate face cu sisteme de senzori cu bobine multiple. Dacă, de exemplu, senzorul este condus în lungul unui rost la o îmbinare cap la cap realizată cu spațiu, conducere făcută la distanță constantă de piese, atunci este posibilă o investigare a dimensiunii distanței și prin aceasta o edificare a adaptării parametrilor de sudare. În acest scop trebuie totuși să se renunțe la reglarea distanței, pentru aceasta fiind utilizat un alt senzor extern .

Pentru micșorarea erorii de urmărire la cursuri de formă curbă ale rostului, se caută dezvoltări diferențiate pentru sistemele cu senzori inductivi.

La curbări mai puternice ale cursului rostului, senzorul poate fi plasat în jurul capului de sudare prin intermediul unei acționări rotative .

Unghiul de rotație este sesizat de către un traductor unghiular. Prin introducerea în continuare a vitezei de sudare din unitatea de comandă a robotului într-o electronică de senzor, unghiul de rotație găsit la locul unde se află senzorul este transmis netemporizat la suflai, astfel încât acesta este condus fără erori de urmărire. Pentru prelucrarea semnalelor se instalează în mod corespunzător un sistem cu microprocesor .

La sudurile de colț pe lângă dispunerea în avans a senzorului, există posibilitatea de sesizare a flancurilor sudurii printr-o dispunere laterală a senzorilor pe capul de sudare [60].

O altă dezvoltare este caracterizată prin dispunerea concentrică a senzorului inductiv și integrarea sa în duza de gaz de protecție racită cu apă, prin care se ajunge la o formă constructivă relativ suplă .

Asemănător cu sistemele cu senzori tactili, senzorii inductivi pentru căutarea cusăturii au fost încercați în corelație cu o funcție de căutare [61]. Prin aceasta, capul de sudare este adus în poziția corectă de început, înainte ca procesul de sudare să înceapă. Utilizarea funcției de căutare se potrivește în primul rând pentru cusături relativ scurte, la care poziția poate fi stabilită destul de precis prin suprafețele de referință care se afla în apropiere.

În tabelul 2.1 se prezintă principalele tipuri de senzori inductivi utilizați la sudare

### **2.3.2 Senzori de arc**

Sistemele de senzori descrise mai înainte sunt caracterizate de înregistratorul mărimii de măsurat care este instalat în zona apropiată a capului de sudare, fapt datorită căruia accesul capului de sudare la piesă devine adeseori foarte restrâns.

Cu dezvoltarea sistemelor de conducere a capului de sudare comandate prin arc electric cu mai bine de zece ani în urmă, au fost elaborate, mai întâi, sisteme care își extrag informațiile pentru conducerea capului de sudare nemijlocit din procesul de sudare nefiind astfel influențat de radiația arcului electric și de stropii de sudură.

Conducerea capului de sudare comandată de arcul electric se bazează pe evaluarea modificărilor parametrilor de proces care apar la modificări ale distanței dintre capul de sudare și piesă. În timp ce la sudarea WIG (wolfram inert gaz) și la sudarea cu plasmă (deci la procedee cu electrod de sârmă nefuzibil) tensiunea pe arc, pe baza caracteristicii sursei de sudare, este mărimea caracteristică pentru distanța dintre capul de sudare și piesă, la procedeele cu electrod cu sârmă fuzibilă, mărimea caracteristică, utilizată pentru funcționarea senzorului este mai degrabă curentul de sudare [ 62 ].

	<b>PRINCIPII</b>	<b>Urmari e de rost</b>	<b>Localizare de rost</b>	<b>Tip de senzor</b>
M A G N E T I C	Circuit unic	DA	NU	ZENTAL
	Masurare Diferentiala	DA	NU	Uniweld
				Messer Griesheim
				Vallourec
				Weidmuller (Sist. Precitec)
				CLOOS (Sist. Precitec)
C U R E N T I F O U C A U L T	Circuit unic	DA	NU	Hicachi
	Circuit dublu	DA	NU	Hitachi
				Mitsubishi Heavy Industries
				Fiat
				Material data /AB Barry Wright Corporation
	Masurare diferentiala	DA	NU	Material data /AB Barry Wright Corporation
	Circuite multiple	DA	NU	C.E.A. / UGRA
				C.E.A. / UGRA
FIAT				
Carnegie Mellon				
Relevu de profil	DA	DA	C.E.A. / UGRA - ENSET	

**Tabelul 2.2 Senzori inductivi**

Pentru a garanta o conducere laterală a capului de sudare de-a lungul rostului, se explorează ambele flancuri ale rostului (la procedeul cu o singură sârmă), printr-o mișcare oscilantă a capului de sudare iar la procedeul cu sârma dublă, urmărirea se face prin utilizarea ambelor arcuri electrice. Prin aceasta, datorită faptului că locul de măsurare și locul de rost coincid spațial, problematica parcursului senzorului, în special la cursuri de formă curbă ale rostului, se reduce.

O altă variantă de procedeu a sistemelor de conducere a capului de sudare prin comandă de la arcul electric este caracterizată prin mișcarea de pendulare, deja menționată, a capului de sudare, perpendicular pe direcția de avans la procesele de sudare în atmosferă de gaz protector. Acest sistem este introdus frecvent la roboți de sudare cu arc electric pentru poziționarea (calarea) capului de sudare de-a lungul traiectoriei programate [63, 64, 65]. Algoritmii de evaluare sunt stabiliți în funcție de felul transferului de material la sudare și sunt realizați pentru tehnica arcului electric pulverizat (spray-arc), pentru tehnica arcului electric scurt și pentru tehnica arcului pulsant [56, 61, 62]. Datele de proces, curentul de sudare, sunt integrate pentru un interval de timp stabilit, în domeniile de reversibilitate ale mișcării de pendulare a arcului electric, domenii care se succed în timp și care se suprapun în spațiu, astfel încât se edifică o valoare medie. Diferența dintre două valori medii succesive poate fi folosită pentru corectarea laterală a poziției capului de sudare. Reglarea distanței cap de sudare - piesă are loc ca la toate sistemele de conducere a capului de sudare prin comandă de la arcul electric, printr-o comparare a valorilor măsurate ale parametrilor electrici ai arcului electric, cu o valoare prescrisă.

Sistemele de conducere a capului de sudare prin comandă de la arcul electric sunt potrivite pentru explorarea și sudarea cusăturilor cap la cap cu rost în 'V', în tehnica monostrat, cu restricții și în tehnica multistrat, precum și pentru cusături de colț în îmbinare suprapusă și în îmbinare de colț.

Premiza pentru o conducere sigură a capului de sudare la sudarea multistrat, este existența unui cant cu înălțimea de aproximativ un milimetru până la marginea rostului [66].

O problemă deosebită o reprezintă explorarea prin comandă de la arcul electric a îmbinărilor suprapuse cu geometrie variabilă a rostului. O posibilitate de rezolvare a acestei probleme este descrisă în lucrarea [67] și este stabilită special pentru sudarea tablelor subțiri.

În timp ce, la sistemele descrise mai înainte, evaluarea parametrilor de proces pentru conducerea capului de sudare are loc în domeniul flancurilor rostului, la această nouă aplicație se generează un profil de distanță prin evaluarea întregului parcurs de pendulare. Un algoritm de recunoaștere a modelului detectează cursuri de rost tipice și adaptează corespunzător calculul semnalelor de corecție ale senzorului. Prin aceasta pot fi evitate răspunsurile eronate, imposibil de înlăturat la sistemele tradiționale de conducere a capului de sudare [68]. La procedeele cu cap de sudare pendulat mecanic și amplitudine de pendulare constantă, frecvența de pendulare, din considerente de tehnică a sudării, este relativ scăzută (valori curente 1 Hz - 3 Hz), pentru că durează cel puțin o jumătate de perioadă de pendulare până când poate fi determinat un nou semnal de corecție pentru ghidarea laterală. Deci, pentru atingerea unor viteze de reacție pe cât posibil mai ridicate, trebuie să se tindă spre frecvențe de pendulare mai mari.

Pe lângă conducerea exactă a capului de sudare de-a lungul rostului, de un deosebit interes este reglarea adaptivă a parametrilor de sudare la situații modificatoare ale rostului. Pentru menținerea constantă a gradului de umplere a rosturilor de sudare, în special la acelea care au o mărime variabilă a secțiunii, este necesară o reglare a gradului de umplere cu comandă de la arcul electric. Distanța capului de sudare față de rost este menținută constantă cu ajutorul unui senzor suplimentar dispus în exterior.

Evaluarea parametrilor de proces, intensitatea curentului de sudare sau tensiunea de sudare, face posibilă edificarea unei reglări a gradului de umplere, la

care, de exemplu, intensitatea curentului de sudare este comparată cu o valoare prescrisă, dinainte stabilită, corespunzătoare gradului de umplere dorit. La o abatere a valorii măsurate de la valoarea prescrisă, dinainte stabilită, se modifică corespunzător viteza de sudare și/sau randamentul de topire.

La procedeul de sudare cu arc electric, electrodul este pendulat transversal pe rostul cusăturii, între flancurile de rost, timp în care curentul de sudare și/sau tensiunea de sudare se măsoară în două locuri diferite ale mișcării rostului, iar diferența dintre cele două valori măsurate se compară cu o valoare precalculată care corespunde gradului de umplere dorit. Dependent de abaterea de la valoarea de reglare prescrisă, abatere între valoarea prescrisă și valoarea reală, se poate regla adaptiv la rost, în funcție de variația acestuia și parametrii de sudare. Obișnuit, acești parametri sunt viteza de sudare, viteza de avans a sârmei și cu aceasta intensitatea curentului, tensiunea și în cazul oscilației, amplitudinea. Acest tip de senzor nu este utilizat și pentru menținerea constantă a distanței de la pistolul de sudare la piesă.

Pentru umplerea unor secțiuni mai mari ale rostului la îmbinări cap la cap în 'V', a fost dezvoltată așa-numita "sudare stratificată". La acest procedeu, capul de sudare este deplasat transversal peste întreaga lățime a rostului, până când arcul electric atinge flancul rostului. Modificările parametrilor care apar acolo sunt detectate și această recunoaștere automată a apropierii arcului electric de flancul rostului produce inversarea mișcării transversale.

Deoarece rezultă astfel o măsurare a lățimii rostului, se poate regla dependent de lățimea rostului constatată local, avansul în direcția longitudinală a rostului, așa că se produce o umplere uniformă a rostului [69]

### 2.3.2.1 Cap de sudare cu două sârme.

La procedeul cu sârmă dublă sunt utilizați doi electrozi de sârmă izolați electric unul față de celălalt, dispuși unul lângă altul, motiv pentru care pe un

flanc de rost arde continuu câte un arc electric. Curentul de sudare care în mod obișnuit este furnizat de o sursă de curent continuu cu caracteristica de tensiune constantă este împărțit și este condus separat de cei doi electrozi de sârmă care sunt deplasați sincron. La o abatere a capului de sudare lateral față de mijlocul rostului, pentru unul dintre electrozii de sârmă se scurtează distanța dintre duza de contact și piesă, în timp ce pentru celălalt se lungeste. Acest lucru conduce prin modificări ale distanțelor de rezistență dintre duza de contact și piesă, la curenți parțiali modificați. Diferența dintre cei doi curenți survenită la poziționarea laterală a capului de sudare conduce la un semnal de curent. Semnalul diferențial măsurat este comparat cu o valoare prescrisă pentru poziția mediană și abaterea de reglaj rezultată este utilizată la comanda calării transversale a capului de sudare pe rost. Deasemenea, din aceste măsurători se determină mărimea vitezei de corecție a capului de sudare pentru o calare corectă pe rost. Poziționarea capului de sudare pe direcția verticală se petrece într-un mod asemănător. La o modificare a distanței capului de sudare rezultă pentru ambii electrozi de sârmă și ambele arcuri electrice o modificare de lungime, de același sens, și prin aceasta o modificare a sumei celor doi curenți parțiali. Această sumă se compară cu o valoare prescrisă pentru distanță și abaterea de reglaj rezultată este utilizată la comanda pe înălțime a capului de sudare.

O dezvoltare în continuare a acestui sistem de conducere a capului de suda-re face posibilă conducerea capului de sudare de-a lungul unor cursuri de rost curbat după dorință, chiar și curbe închise, la care sistemul garantează o orientare constantă a capului de sudare relativ la cursul rostului. La aceasta viteza de sudare de-a lungul rostului va fi menținută constantă [70, 71].

Acest sistem necesită o dispunere decalată a ambilor electrozi de sârmă la sudarea cusăturilor de colț în poziție orizontală. Privind în direcția de sudare, primul electrod de sârmă intersectează flancul vertical al rostului la o depărtare de câțiva milimetrii deasupra punctului de rădăcină. Dispozitivul de rotire a capului de sudare se poate roti, cu ajutorul unui electromotor, în jurul axei

dispuse vertical, astfel încât este posibilă o reglare a poziției celor două sârme față de rost.

Axa de rotație a dispozitivului de rotire intersectează axa electrodului din spate în planul orizontal al tablei de bază. Aceasta dispune face posibilă palparea cursului rostului, pentru că la o abatere laterală a rostului, se modifică lungimea liberă a electrodului din față și prin aceasta, diferența curenților parțiali.

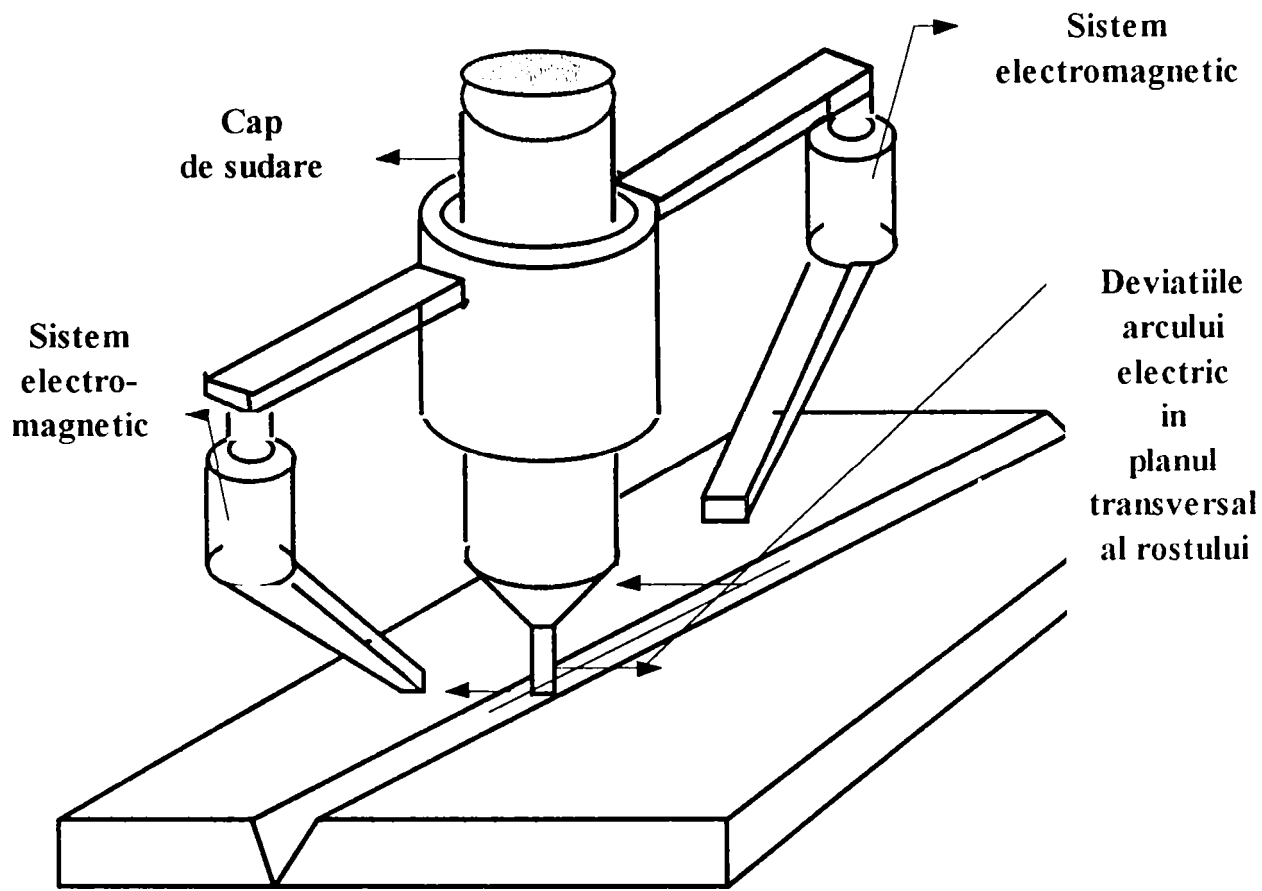
Utilizarea unor algoritmi de evaluare speciali face posibilă conducerea capului de sudare prin comandă de la arcul electric, de-a lungul cursului curbat al rostului, fără o programare prealabilă a traiectoriei [72]. Cu acest sistem de conducere a capului de sudare nu se poate realiza o dispunere paralelă a electrozilor de sârmă pentru atingerea unei adâncimi de pătrundere mai mare sau o dispunere decalată inversă a ambilor electrozi de sârmă.

### **2.3.2.2 Senzori cu deviație magnetică a arcului**

În acest caz un sistem electromagnetic este situat în apropierea capului de sudare realizând o deviație a arcului electric pe o direcție transversală rostului pentru sudare [73]. Deviația arcului se face într-un sens (direcție) și apoi în sensul opus (timpul unei oscilații complete fiind de circa 5 ms), timp ce nu influențează buna desfășurare a procesului de sudare și calitatea îmbinării sudate (figura 2.16).

Tensiunea (sau curentul) măsurată în timpul unei deviații la dreapta și apoi la stânga rostului este comparată cu o valoare stabilită (etalon) iar diferența obținută este utilizată pentru deplasarea capului de sudare (anularea erorii de deplasare) și menținerea acestuia în permanență pe mijlocul rostului (0,1 s).





**Figura 2.16 Senzor ELMA TECHNIK**

Acest tip de senzor este voluminos și așezat în apropierea capului de sudare ceea ce crează o serie de dezavantaje la sudare. Acest tip de senzor echipează mașini de sudare specializate și cel mai utilizat este senzorul ELMA TECHNIK.

În tabelul 2.3 se prezintă principalele tipuri de senzori de arc utilizați la sudare.

### **2.3.3 Senzori optici**

Senzorii optici sunt cei mai moderni senzori utilizați la sudare având avantajul că lucrează la distanță de capul de sudare, dar utilizarea practică este limitată de prețul mare de cost. Progresele înregistrate în ultima perioadă timp de

către senzorii optici au crescut rapid ocupând primul loc printre cercetările în domeniu.

<b>PRINCIPII</b>	<b>Urmarire de rost</b>	<b>Localizare de rost</b>	<b>Tip de senzor</b>
Deviatie prin cimp magnetic	DA	NU	Elma Technick
Utilizarea parametrilor regimului de sudare	DA	NU	Cincinnati Milacron
			Yaskawa
			IGM
			Esab (Weldguide )
			OTC
			Shin Meiwa
			Closs
			Westinghouse Electric Corp.
			Kobe Steel
			Daikin
			Mitsubishi
			Cybotech Corp
			Unimation
			Advanced Robotics Corp.
			CRC (Thruarc System)
Hitaachi (ACCS)			
ACMA			
Nippon Seikojo			
FANUC			
Aachen University			
Cap de sudare cu doi electrozi	DA	NU	

**Tabelul 2.3 Senzori de arc**

Cu toate acestea euforia dezvoltării acestor senzori s-a stins când s-a observat că prețul de cost rămâne ridicat și nu justifică utilizarea acestora decât în cazurile în care nu pot fi utilizați senzori de arc și tactili.

Principiile utilizate de acești senzori sunt foarte variate, iar dintre acestea cele mai cunoscute sunt următoarele:

- observare.
- măsurarea intensității luminoase (de arc).
- triangulație.

### **2.3.3.1 Senzori optici de observare**

Aceste sisteme de senzori pot fi utilizate atât pentru observare înainte de sudare (adică pentru localizarea rostului) cât și pentru urmărirea capului de sudare în timpul procesului de sudare.

#### **2.3.3.1.1. Sisteme optice de observare înainte de sudare.**

Mijlocul de observare poate fi la post fix sau încorporat în robot. În ambele cazuri principiul de funcționare este același. Sistemul este utilizat pentru reglarea poziției piesei și pentru deducerea, apoi (prin calcule) a traiectoriei reale a îmbinării de sudat.

Sistemele de observare utilizate sunt identice cu cele de la asamblare sau de la controlul automat. Condițiile de luminare sunt funcție de diferitele tipuri de sisteme de vizionare (nivelul de întunecare gri, sistem binar...). În general, în timpul sudării, lumina este suprimată și un obturator protejează camera de razele luminoase ale arcului. Precizia sistemului este legată de rezolvarea sistemului de achiziționare a imaginii și de câmpul de observare.

Vizionarea dublă este cea obținută printr-un mijloc unic de vizionare care furnizează o imagine plană (2 dimensiuni) a porțiunii observate. Pentru piesele

mici, poate fi utilizată o cameră unică la post fix [74]. Dacă piesa este mai groasă (mare) sau dacă se dorește o reglare a traiectorie se pun în funcțiune mai multe camere situate în diferite locuri.

Sistemele de urmărire care sunt disponibile în momentul actual pe piață, iau în calcul mai multe camere și fac posibilă această fixare (calare) multipunct. O altă soluție constă în fixarea camerei chiar pe robot. În acest caz va trebui să se țină cont de precizia sa pentru a defini precizia globală a sistemului. De exemplu dispozitivul HAGE & HEWIT [75] funcționează pe baza recunoașterii îmbinării înainte de sudare. Dispozitivul este constituit dintr-o cameră CCD și dintr-un proiector halogen cu filament de tungsten. Forma particulară a îmbinării de detectat a permis vizualizarea prin reflexie, a razei luminoase spre cameră, îmbinarea apărând ca o zonă clară (luminoasă) pe imagine (figura 2.17).

Vizionarea este ușurată de o iluminare locală care înlătură problemele de variație datorate iluminării naturale, urmărirea îmbunătățindu-se dacă se utilizează o vizionare selectivă.

Numim vizionare selectivă un sistem de vizionare sensibil numai la o parte din razele luminoase. În practică, în fața obiectivului camerei este plasat un filtru de interferență care este sensibil numai la lumina având lungimea de undă corespunzătoare acestui filtru. În general este utilizată o luminare laser [76] pentru a forma un plan luminos care interceptează piesele de sudat.

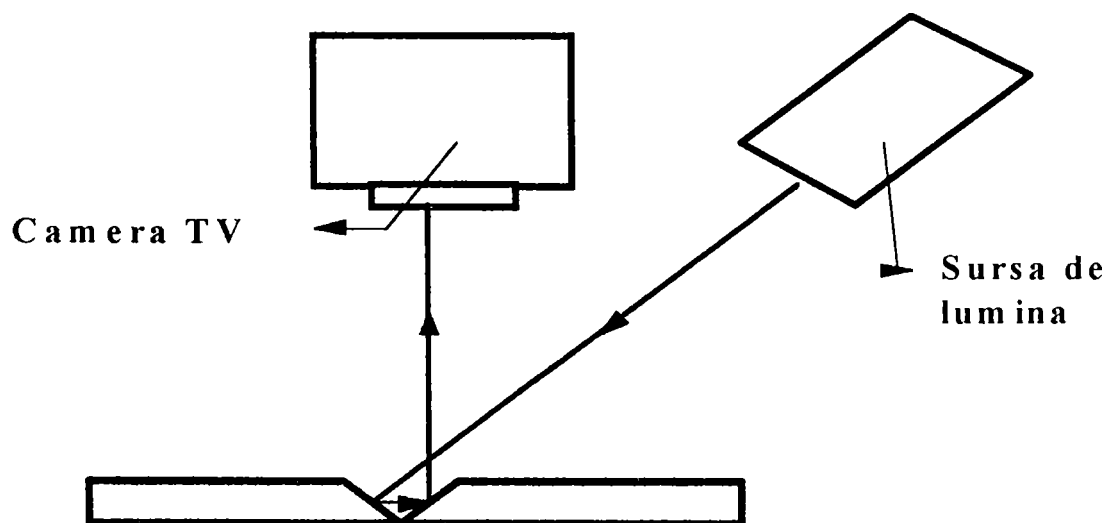


Figura 2.17. Senzor optic simplu

PRINCIPII			Urmarire de rost	Localizare de rost	Tip de senzor
O B S E R V A R E	DUPA SUDARE	2D	NU	DA	Karlsruhe
					University of Newcastle
		Selectiv	NU	DA	Automatix
		Stereoviziune	NU	DA	Automatix
	I N T I M P U L S U D A R I I	Camere TV conventionale	DA	NU	Westinghouse
					ENSAM Bordeaux
					Welding Institute of U.K.
					Osaka University
					Fraunhofer Institut
					Yaskawa
					Harbin Institute of Technology (China)
					Eindhoven University of Technology
					CEA / STA -DEIN
					Welding Institute of Canada
					Auburn Laboratory
Infrarosii	DA	NU	General Electric		
			HGH		
			Boc Limited		

**Tabelul 2.4 Senzori optici de observare**

Pentru a repera anumite puncte caracteristice ale pieselor, la unele lasere poate fi asociată o cameră de urmărire. Diferența unghiulară între sursa emitatoare și axa camerei permite deasemenea, prin triangulație, accesul la unele informații privind distanța.

O aplicație pusă în practică de AUTOMATIX, constă în reperarea îmbinărilor unei caroserii de automobil și măsurarea mărimii lor.

O altă aplicație care funcționează la GENERAL MOTORS [77], folosește în același timp o luminare suplimentară și o rază laser proiectată.

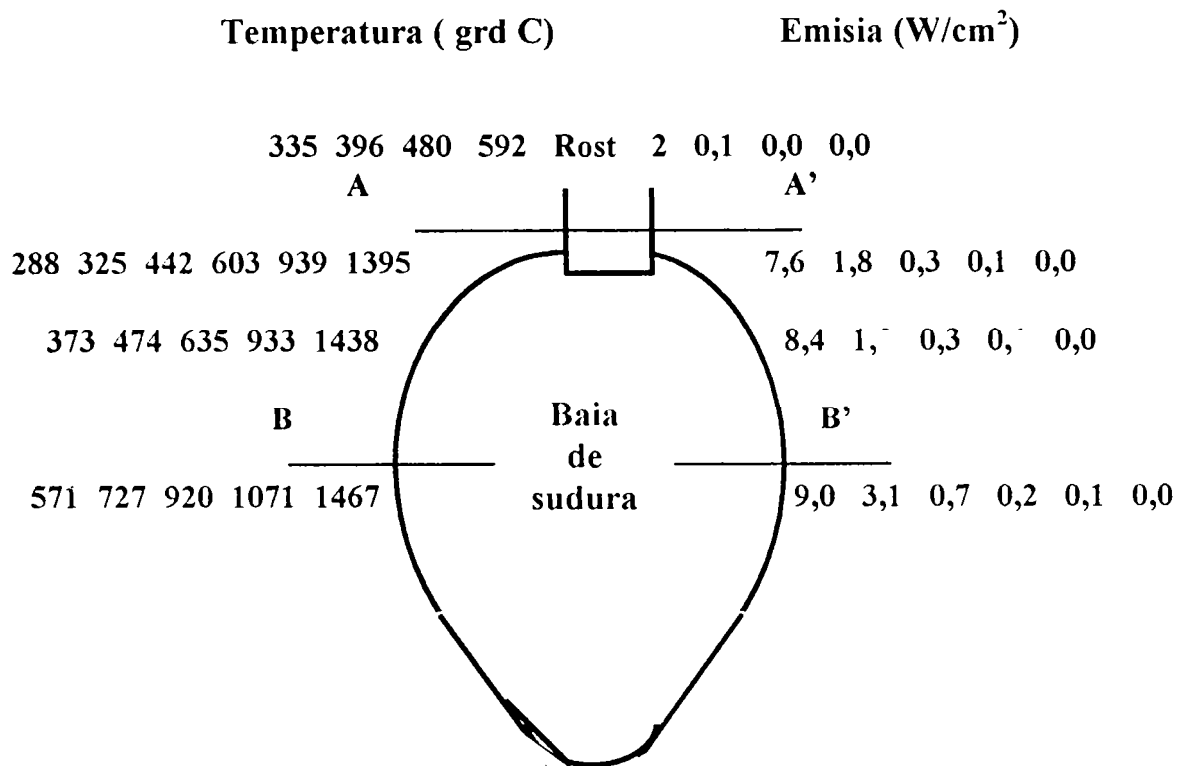
Unul dintre mijloacele folosite pentru a realiza o percepție stereo, este utilizarea a două camere dispuse în unghiuri diferite de vedere, dar vizând aceeași țintă. Acest sistem [78,79] permite deci o refixare în trei dimensiuni a piesei de sudat.

### **2.3.3.2. Senzori optici de arc.**

Vizualizarea propriuzisă a arcului se poate face fie cu camere convenționale (VIDICON, CCD,...), fie cu senzori sau camere cu infraroșii, care pot fi montate pe capul de sudare. În cazul utilizării de camere convenționale vizionarea arcului este practică în special pentru sudarea la distanță realizată în medii periculoase [80]. În acest caz, camerele se dispun în apropierea arcului și imaginea este formată și vizualizată pe un terminal video unde se operează vizual controlul operației de sudare.

#### **2.3.3.2.1. Senzori în infraroșu.**

Funcționarea acestor senzori se bazează pe razele infraroșii emise de baia de metal topit, valoarea emisiei fiind în funcție de temperatura punctului piesei cercetate (figura. 2.18. ) [81, 82].



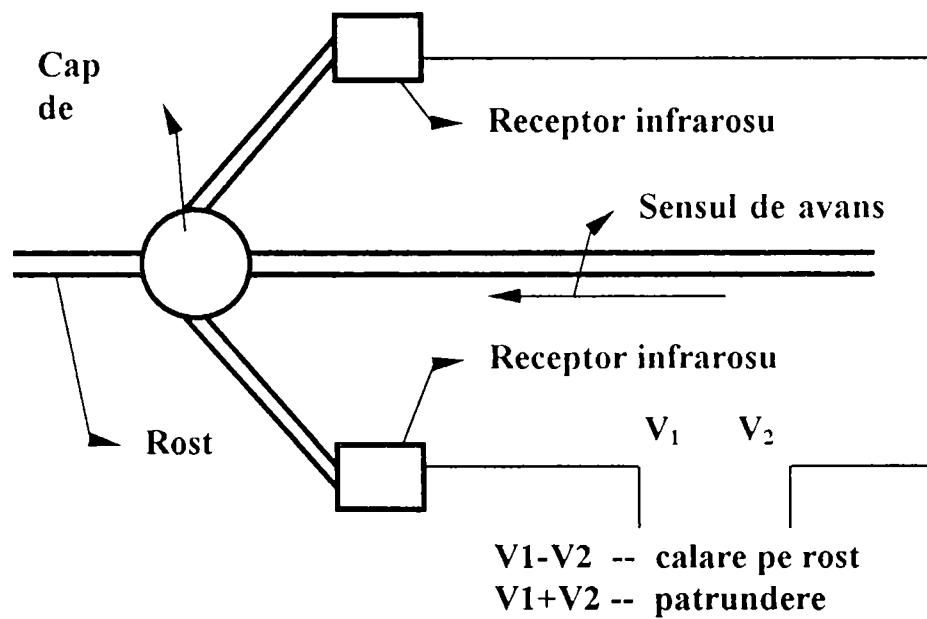
**Figura 2.18. Temperatura și valoarea emisiei infraroșii în apropierea capului de sudare.**

Pentru urmărirea rostului de sudare au fost realizate trei tipuri de senzori după cum urmează:

- cu măsuratori punctuale
- cu măsuratori liniare
- cu măsuratori de suprafață

În cazul măsurătorilor punctuale se utilizează doi receptori de semnal, care urmăresc două puncte situate în apropierea capului de sudare, de o parte și de cealalta a rostului (figura 2.19).

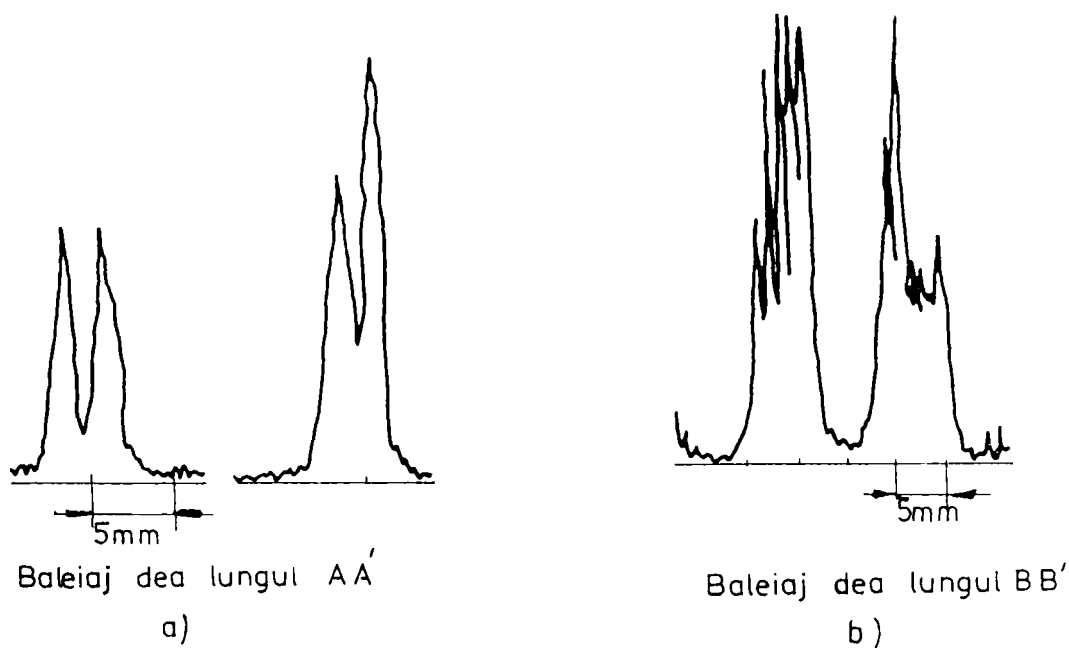
Un astfel de senzor a fost dezvoltat și utilizat de GENERAL ELECTRIC [83] și permite urmărirea rostului prin măsurători diferențiale. Prin compararea valorilor ( $V_1; V_2$ ) se asigură calarea capului de sudare pe rost ( $V_1 - V_2$ ) și penetrația cordonului de sudură ( $V_1 + V_2$ ). Acest sistem simplu are aplicații limitate [84].



**Figura 2.19. Senzor optic punctiform**

Alte tipuri de senzori își bazează funcționarea pe analiza distribuției temperaturii de-a lungul unei linii (AA',BB'), în acest mod putându-se determina poziția rostului și lățimea băii. În figura 2.20 este prezentat modul de variație liniară a temperaturii în zona de sudare

Analizând figura 2.20 se poate observa că în funcție de valorile temperaturilor înregistrate și a modului lor de variație, se poate determina poziția rostului de sudare. Pornind de la aceste observații Institutul de Sudură din Canada a realizat un senzor care este prezentat în figura 2.21.

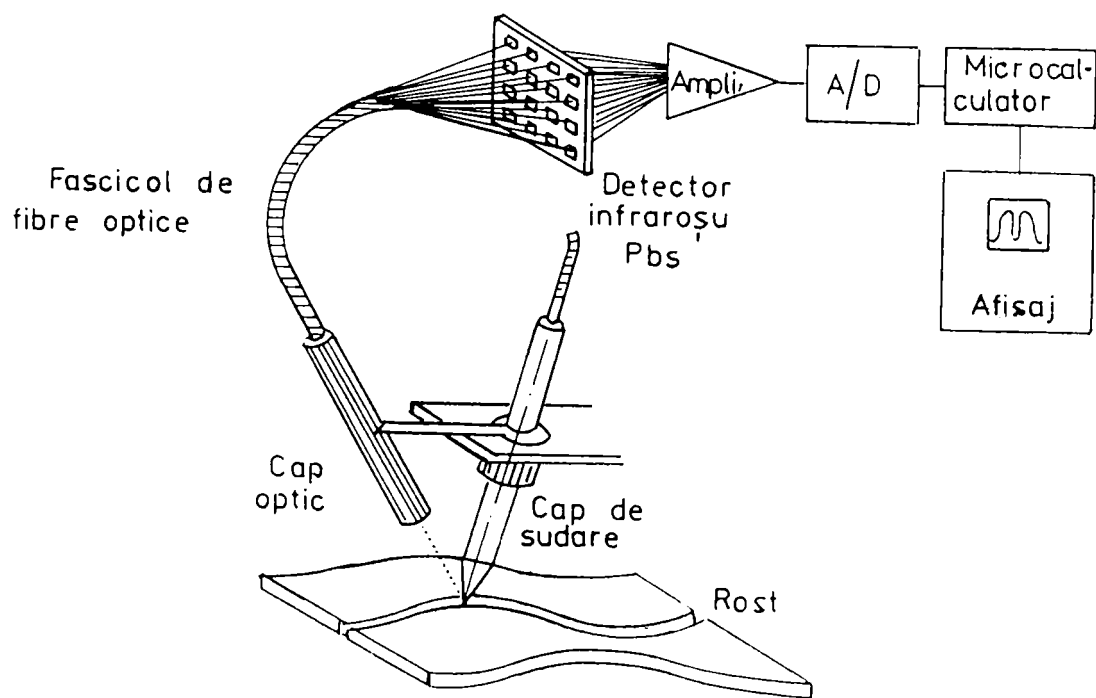


**Figura 2.20. Variația temperaturii în zona de sudare.**



Un fascicol de fibre optice transmite semnal luminos până la un detector infraroșu (o matrice de captatoare elementare). Fiecare captator elementar este atașat unei fibre optice pentru formarea unei imagini simplificate, care permite o tratare rapidă a informației [85].

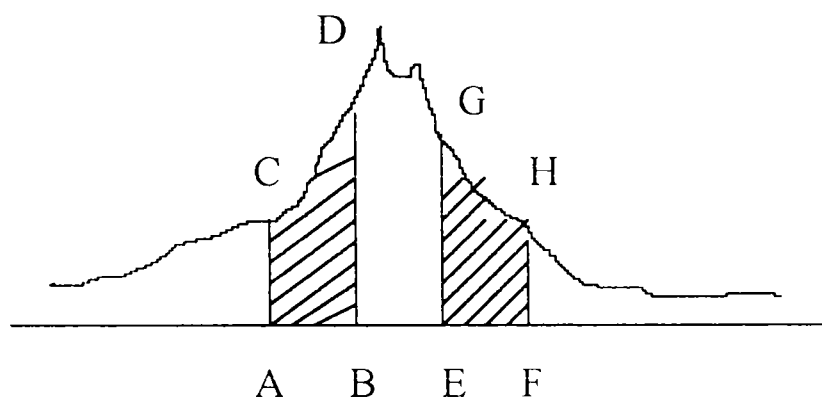
Utilizarea acestor principii stau și la baza senzorilor dezvoltati de General Electric [83] și a senzorului HGH [82].



**Figura 2.21 Senzor cu infraroșii CANADIAN WELDING INSTITUTE.**

O variantă a senzorului HGH [86] utilizează numai două porțiuni ale curbei profilului termic (figura 2.22).

Pentru o anumită îmbinare sudată operatorul (programatorul) decide valorile A, B, E, F, care determină suprafețele ABCD și EFGH care sunt memorizate. Toleranțele de variație ale acestor suprafețe sunt introduse în microprocesor și sunt comparate cu situațiile receptionate în timpul procesului de sudare.



**Figura 2.22 Principiul senzorului HGH**

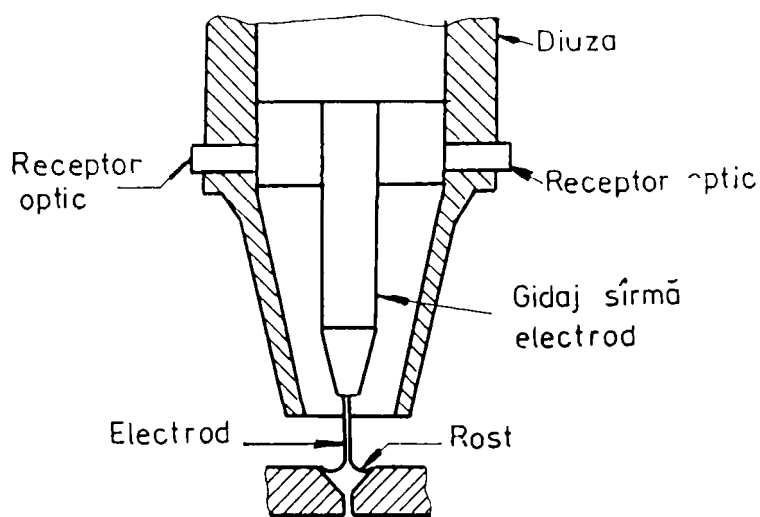
Aceste comparații determină dacă profilul termic obținut de la locul de sudare este în toleranțele autorizate. În caz contrar se comandă corecțiile de rigoare pentru deplasarea capului de sudare în poziția optimă de sudare. Tot în acest domeniu a fost realizat și senzorul AUBURN [87] (de către laboratoarele Auburn) și care este utilizat la sudarea TIG. Particularitatea acestui senzor constă în mișcarea de oscilație (8ms) pe care o execută capul de sudare perpendicular pe rost.

### **2.3.3.2.2. Senzori optici de intensitate luminoasă.**

În cazul acestor senzori este utilizată lumina arcului electric fie în mod direct fie utilizând și surse suplimentare (laser). În funcție de modul în care este utilizată lumina arcului electric se întâlnesc următoarele tipuri de senzori:

- cu lumină retrodifuzată
- cu lumină reflectată
- cu contract

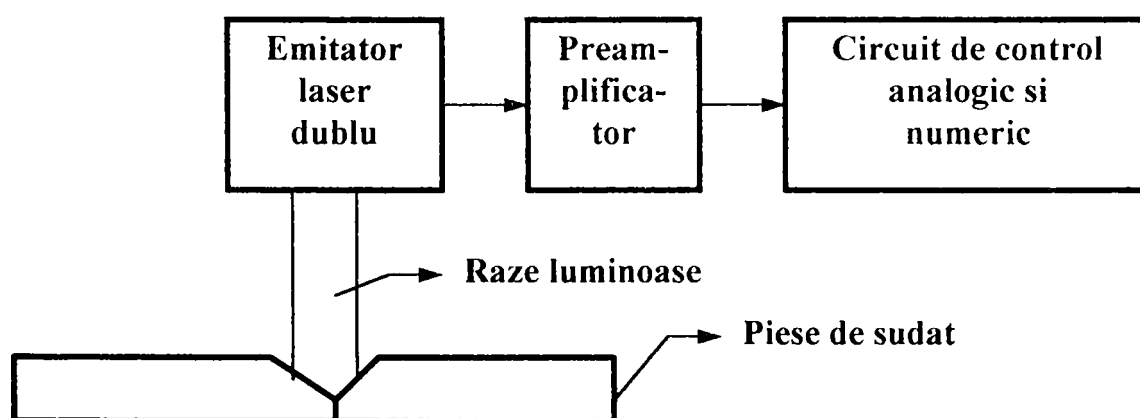
În acest domeniu MESSER GRISHEIM [88] a realizat un senzor care are în componență doi receptori plasați pe capul de sudare (figura 2.23) de o parte și de alta a acestuia, prin intermediul cărora este măsurată intensitatea luminoasă a



**Figura 2.23 Senzor optic cu măsurarea intensității luminoase  
(MESSER GRIESHEIM)**

arcului electric. Prin măsurarea diferențială a intensității furnizate de arc, se poate determina poziția capului de sudare (stînga sau dreapta) față de rost cât și depărtarea capului de sudare față de piese.

În acest caz este dificil a se face distincție între lumina radiodifuzată și cea reflectată și de aceea se măsoară intensitatea luminoasă globală. Există senzori care utilizează două raze laser ce sunt dirijate spre flancurile rostului (figura 2.24) [89]. Intensitățile razelor reflectate sunt măsurate de fotodiode și în funcție de acestea se fac corecțiile poziției capului de sudare în raport cu rostul pentru sudare.

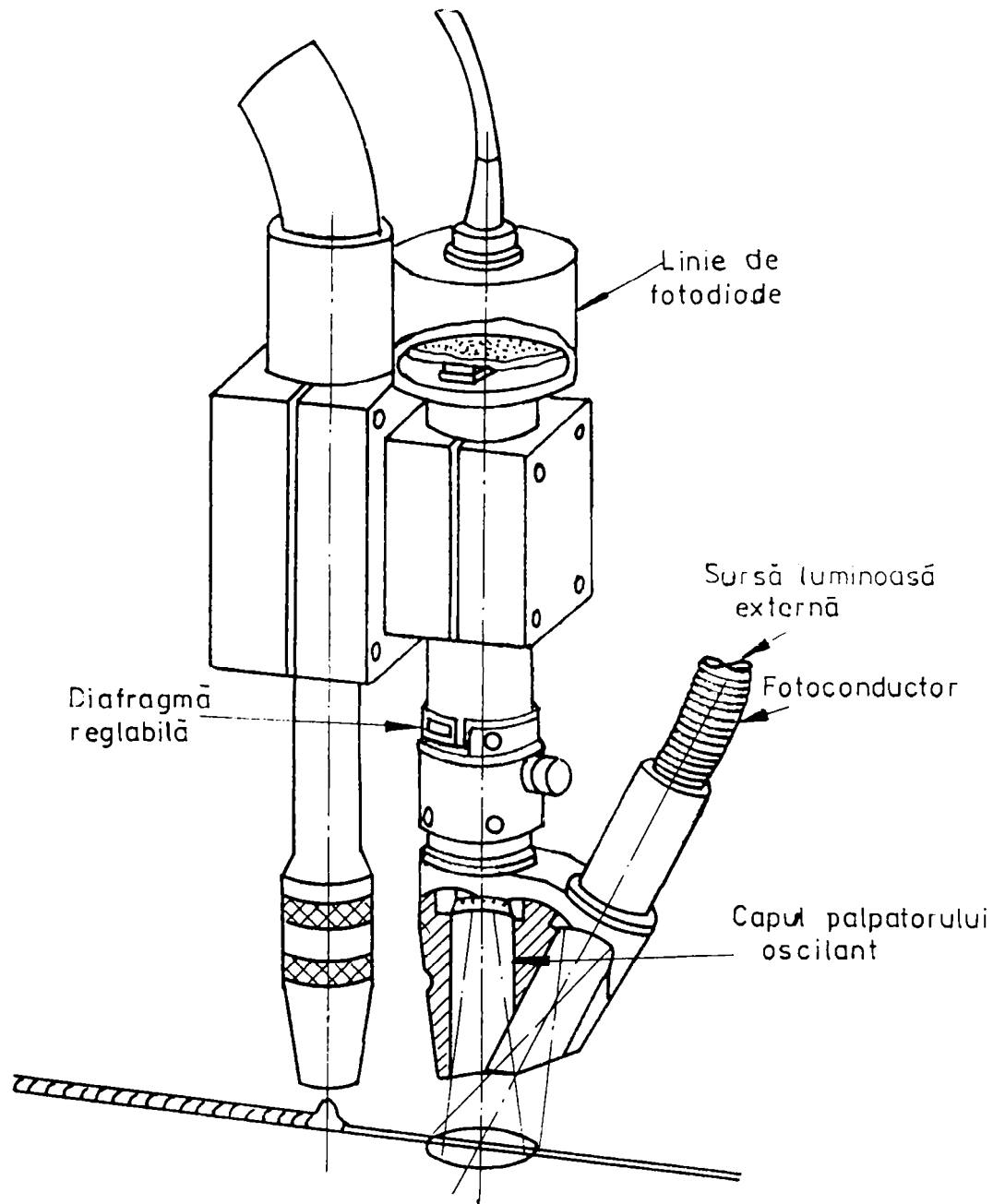


**Figura 2.24 Principiul senzorului optic cu două raze laser.**

Acest tip de senzor poate asigura o precizie de 0,3 mm suficientă pentru operațiile de sudare.

Senzorul DREWS STARKE [90] utilizează suprafața sensibilă a unei linii de fotodiode care vizualizează suprafața rostului pentru sudare, aceasta fiind iluminată de o sursă externă (figura 2.25 ).

Prin analiza cantității de lumină receptionate de fiecare fotodiodă din linie se poate localiza cu precizie mijlocul rostului pentru diferite tipuri de rosturi.



**Figura 2.25 Senzor optic DREWS STARKE.**

PRINCIPII		Urmare de rost	Localizare de rost	Tip de senzor
MASURAREA	Retrodifuziune	DA	NU	Messer Griesheim
		DA	DA	Aachen
	Reflexie	DA	NU	General Electric
				Rockwell / NASA
LUMINOASE	Contrast	DA	NU	Aachen
				CEA / UGRA
				Mitsubishi
				Mitsui
				Cyclomatic
				GKN - Caterpillard Tractor
Swedish Institut of Goteborg				
Institute for Industrial Automatic Control of Warshaw				

**Tabelul 2.5. Senzori optici de arc**

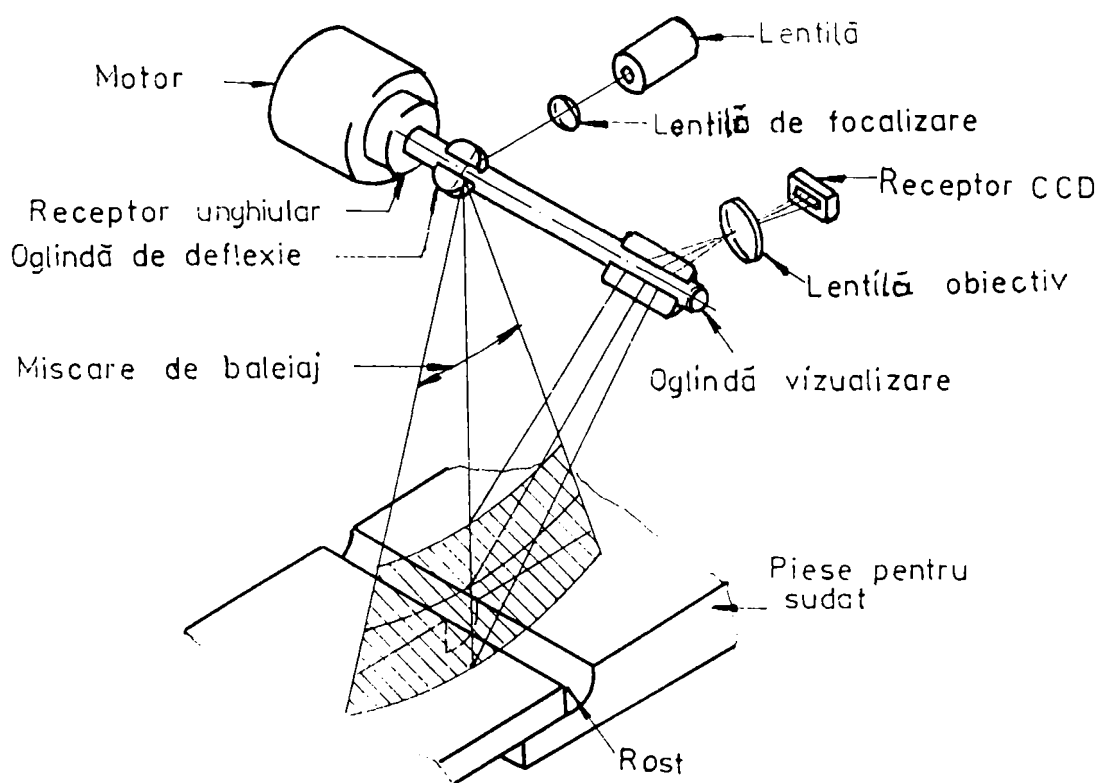
### 2.3.3.3. Senzori optici de triangulație.

Această categorie de senzori permite determinarea atât a distanței cap de sudare - piesă cât și urmărirea rostului de sudare. Senzorii optici de triangulație au fost dezvoltati într-o gamă mare de variante. Dintre aceștia cei mai importanți sunt:

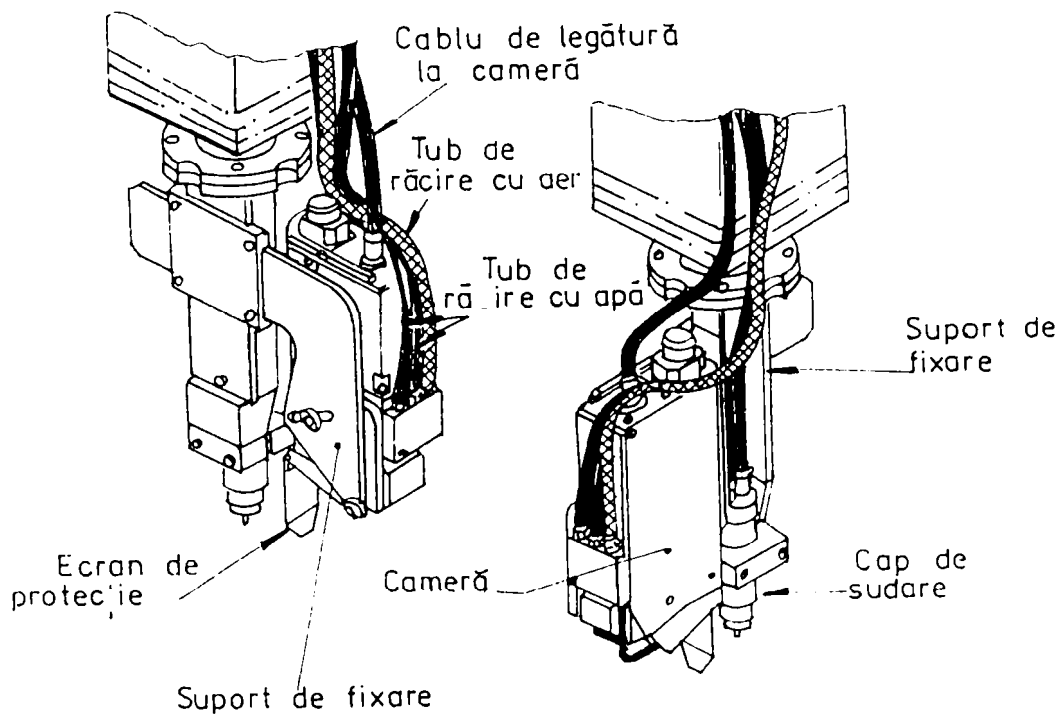
- senzorul VEVEY [97].
- senzorul CEGB [98,99].
- senzorul SEAMIPLOT (OLDELFT) [100].
- senzorul SATURN [101].

Senzorul SEAMIPLOT (OLDELFT) este cel mai cunoscut din această grupă. Principiul de funcționare este prezentat în figura 2.26 și utilizează două oglinzi, una pentru formarea unui plan luminos incident și alta pentru reflectarea semnalului către receptor [100].

Baleajul se efectuează la frecvența de 10 Hz și reluarea profilului se face prin compararea diferitelor puncte succesiv măsurate ca urmare a momentului de baleaj al oglinzilor. Acest senzor poate funcționa în timpul operației de sudare între el și arcul electric interpunându-se un ecran de protecție. El echipază roboții CYROVISION și KUKA (figura 2.27).



**Figura 2.26 Schița de principiu a senzorului OLDELFT.**



**Figura 2.27 Senzor optic OLDELFT.**

În tabelul 2.6. se prezintă senzori optici de triangulație utilizați la sudare.

### **2.3.4. Senzori care utilizează alte principii de detecție.**

Acești senzori au o arie foarte restrânsă de utilizare, fiind utilizați doar la aplicații specifice.

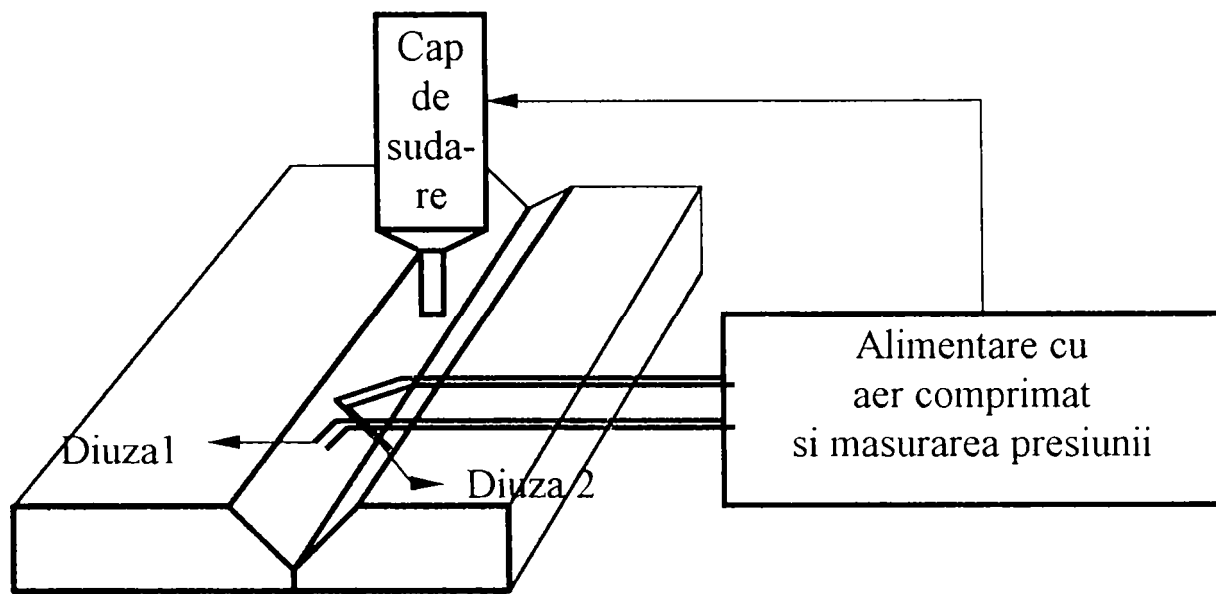
#### **2.3.4.1. Senzori cu fluid.**

Principiul de lucru al acestor senzori constă în măsurarea presiunii pe care un gaz o exercită asupra pieselor de sudat pentru a menține capul de sudare la o anumită distanță de piesă sau în poziția dorită în raport cu rostul pentru sudare. Principiul de lucru pentru un senzor cu fluid utilizat la urmărirea unui rost în 'V' este prezentat în figura 2.28 [67].

PRINCIPII		Urmare rost	Localizare rost	Tip de senzor	
T R I A N G U L A T I E	1 D	NU	DA	Yaskawa	
				Perceptron	
				Soro / Renault Automation	
				Asea	
				Kuka	
	Baleiaj mecanic	DA	NU	Vevey	
		DA	DA	CEGB	
	2D	Oglinda	DA	DA	Mitsubishi
					Institut Tehnical Cybernetics Sofia
					Caterpillar Tractor
					Mitsubishi
					General Electric (MIG trak)
					OLDELFT(Seam Pilot, Cyrovision)
					INRIA
					CEA / CTAS
					ASEA (Lasertrak)
					Servo Robot (Saturn)
	Lentila	NU	DA	DA	NTT Tech. Trans. Corporation
					Aachen Univ. of Technology
					Fraunhofer Institut
RVSI (S.a.w.s.)					
Unimation Kawasaki					
SRI					
Farrand Optical					
Automatix (Robovision 2)					
CRIF					
ITMI					
3 D	DA	DA	DA	Comex	
				Alcaatel / CGA-HBS	
				NRCC	
				CERSA	
				CGE Marcoussis	
3 D	NU	DA	DA	ELCO Robotics	
				Metamachines (Metatorch)	
3 D	NU	DA	DA	Kyoto University	

**Tabelul 2.6. Senzori optici de triangulație**





**Figura 2.28. Senzor pneumatic.**

Precizia dată de acest senzor este scăzută și în plus există riscul perturbării arcului electric la sudare.

#### **2.3.4.2. Senzori de înaltă frecvență.**

Acest tip de senzori a fost dezvoltat de societatea CEERI și funcționează pe baza măsurării diferențiale a semnalelor de înaltă frecvență prin două antene mobile situate de o parte și de alta a capului de sudare. Acest senzor este destinat urmăririi îmbinărilor cap la cap, dar volumul mare al acestuia și dificultățile de reglaj îl fac să nu fie utilizat în aplicațiile industriale .

#### **2.3.4.3. Senzor ultrasonic.**

Acest tip de senzor comportă două transductoare ultrasonice plasate de o parte și de alta a rostului. Semnalele de răspuns sunt captate și funcție de acestea se poate determina deplasarea rostului. În acest domeniu a fost realizat un senzor de către CLEVELAN MACHINE CONTROLS care urmărește rostul prin baleiaj mecanic al senzorului în fața capului de sudare.

### 2.3.4.4. Senzori capacitivi.

Acest senzor utilizează un proximetru capacitiv care execută o mișcare oscilantă deasupra rostului la aproximativ 20 mm de piese. În figura 2.29. este reprezentată organizarea acestui senzor care comportă o zonă centrală sensibilă

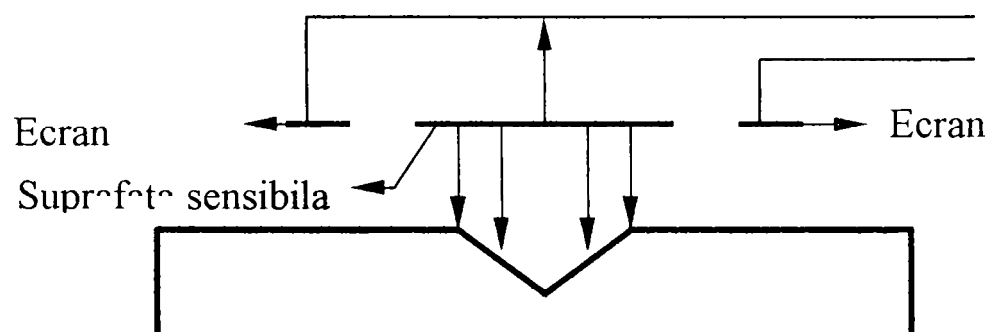


Figura 2.29. Senzor capacitiv.

cu un diametru de 20 mm și două ecrane laterale cu rol de canalizare a liniilor de câmp. Acest senzor este foarte sensibil dar sunt în curs de realizare noi tipuri.

În tabelul 2.7. se prezintă senzori utilizați la sudare care se bazează pe aceste ultime principii de detecție.

<b>PRINCIPII</b>	<b>Urmarire de rost</b>	<b>Localizare de rost</b>	<b>Tip de senzor</b>
Fluiditate	DA	NU	
Hiperfrecventa	DA	NU	CEERI
			Binzel
Ultrasunete	DA	NU	University of Oxford
			Cleveland Machine Controls
			Brunel University
Capacitiv	DA	NU	Carnegie Mellon University

**Tabelul 2.7. Senzori diverși**

## **Cap 3. Elaborarea programului experimental de cercetare a condițiilor urmării stabile a rosturilor pentru sudare utilizând senzorii de arc și tactili.**

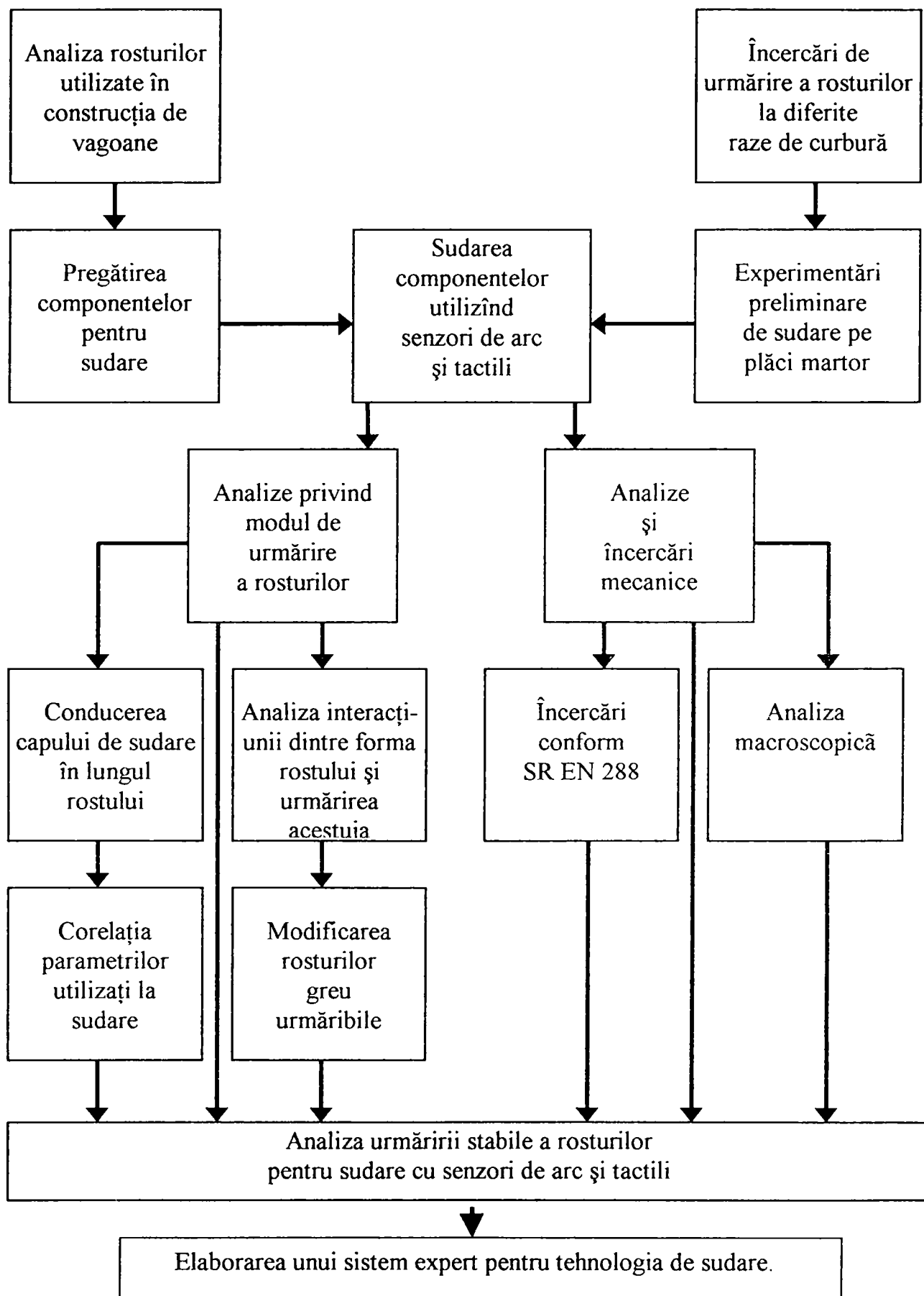
### **3.1.Considerații generale asupra programului experimental.**

În procesul de asamblare și sudare al construcțiilor sudate apar abateri de la formele prescrise ale rosturilor care sunt amplificate de deformațiile ce apar în timpul procesului de sudare. În cazul proceselor de sudare automatizate și robotizate este nevoie de corectarea poziției capului de sudare, funcție de fiecare situație concretă (deviație de la traseul stabilit anterior). Acest lucru poate fi realizat prin intermediul senzorilor în cadrul lucrării fiind utilizat un senzor de arc și un senzor tactil.

Cercetările experimentale au fost realizate în SC ASTRA VAGOANE SA cuprinzând un program complex de analize și încercări. S-au analizat un complex de ansamble sudate, fabricate de această societate luându-se în calcul atât utilizarea unor subansamble sudabile actual robotizat cât și cele propuse a fi sudate în viitor.

Programul experimental urmărește analiza actuală a rosturilor pentru sudare, măsura în care acestea pot fi urmărite cu senzorii disponibili, condițiile de sudare pentru a obține îmbinări sudate de calitate, și transformarea formei rosturilor pentru ca urmărirea acestora de către capul de sudare să se facă în condiții optime.

Programul experimental este prezentat în figura 3.1.



**Fig.3.1. Programul experimental.**

Scopul programului experimental este de a analiza fiecare subansamblu sudat în parte , și a se studia modul în care îmbinările acestuia pot fi realizate (sudate) în condiții corecte de deplasare și poziționare a capului de sudare în raport cu rostul de sudare astfel încât să se obțină îmbinări sudate de calitate optimă (conform condițiilor tehnice). De asemenea în situații deosebite sau stabilit condițiile și modificările necesare pentru realizarea în condiții optime a îmbinărilor sudate.

### **3.2. Principalele tipuri de rosturi cercetate.**

În vederea cercetării dificultății modului în care rosturile utilizate la sudare sunt urmărite, s-a făcut o analiză a tuturor ansamblurilor posibil de sudat cu urmărirea rostului prin intermediul senzorilor.

Din desenele de execuție a acestor ansamble s-au extras rosturile utilizate la sudare pe:

- tipuri de rosturi.
- grosimi de materiale.
- modul de pregătire al îmbinării.

În cadrul programului experimental s-au ales din totalitatea rosturilor utilizate cele mai reprezentative rosturi utilizate în construcția de vagoane care acoperă toată gama ansamblelor sudate robotizat în acest domeniu.

Pentru aceste rosturi au fost analizate:

- gradul de urmărire a fiecărui tip de rost.
- influența traseului rostului asupra urmăririi stabile.
- modificarea celor greu urmăribile într-o variantă urmăribilă mai ușor.

- tehnologia optimă de sudare (regim de sudare, ordine de sudare, tip de senzori utilizați, etc.).

În cadrul programului experimental s-a urmărit modul de interacțiune dintre senzor și tipul rostului de sudare, adică capacitatea senzorului de a conduce capul de sudare în lungul rostului de sudare.

Pentru anumite tipuri de rosturi senzorul nu conduce la o urmărire stabilă apărând posibilitatea devierii de la traseul rostului. În aceste condiții s-a impus gasirea unor rosturi (neconventionale) pentru sudare care să conducă la rezultate bune.

De asemenea a fost analizat modul în care traseul (cursul) rostului influențează urmărirea stabilă. În acest sens s-a studiat modul în care capul de sudare este condus de către senzor la diferite raze de curbură (interioare și exterioare), determinându-se forma traseului de rost optim pentru o urmărire stabilă.

Au fost cercetate următoarele raze de curbură:

- raze interioare.

- senzor de arc.

- senzor tactil.

- raze exterioare.

- senzor de arc.

- senzor tactil.

Încercările s-au făcut pentru îmbinări cap la cap și de colț.

Urmărirea traseului de rost este influențată și de modul de prindere cu sudură a pieselor. În acest sens a fost experimentată influența grosimii și lungimii punctelor de prindere cu sudură asupra modului în care capul de sudare este condus în lungul rostului. S-a analizat consecințele unor puncte de prindere executate incorect și modul de evitare a unor defecte în îmbinările sudate.

Folosirea senzorilor de rost la sudarea robotizată elimină o serie de neajunsuri legate de abaterile de asamblare și de deformațiile din timpul procesului de sudare conducând la obținerea unor îmbinări sudate de calitate în conformitate cu documentația tehnică a produselor .

### **3.3. Metodologia de investigare a ansamblelor sudate cercetate.**

Pe baza experimenarilor s-au putut stabili tehnologiile de sudare cu regimuri optime pentru ansamblele posibil de sudat robotizat în construcția de vagoane. Aceste ansamble sunt:

- Longeron boghiu Y 25.
  - varianta șanfren clasic.
  - varianta șanfren modificat.
- Traversa crapodina boghiu Y 25.
  - urmărire cu senzor de arc.
  - urmărire cu senzor tactil.
  - modificarea rosturilor pentru urmărire stabilă.
- Tepușa vagon platformă.
  - urmărire cu senzor de arc.
  - urmărire cu senzor tactil.
  - stabilire ordine de sudare optimă.
- Carcasă tampon.
  - urmărire cu senzor tactil.
  - modificare rost pentru urmărire stabilă.
- Traversă crapodină sasiu.



- urmărirea cu senzor de arc.
- urmărirea cu senzor tactil.
- modificarea rosturilor pentru urmărirea stabilă.
- Longeron boghiu Y 32.
  - asamblare optimă.
  - urmărirea cu senzori tactili și de rost a subansamblelor componente.

După sudarea subansamblelor acestea au fost verificate dimensional, analizându-se mărimea deformațiilor, calitatea îmbinărilor sudate și modul în care senzorul utilizat a condus capul de sudare în lungul rostului. De asemenea au fost efectuate pentru fiecare tip de îmbinare fișa de omologare a tehnologiei de sudare conform SR EN 288.

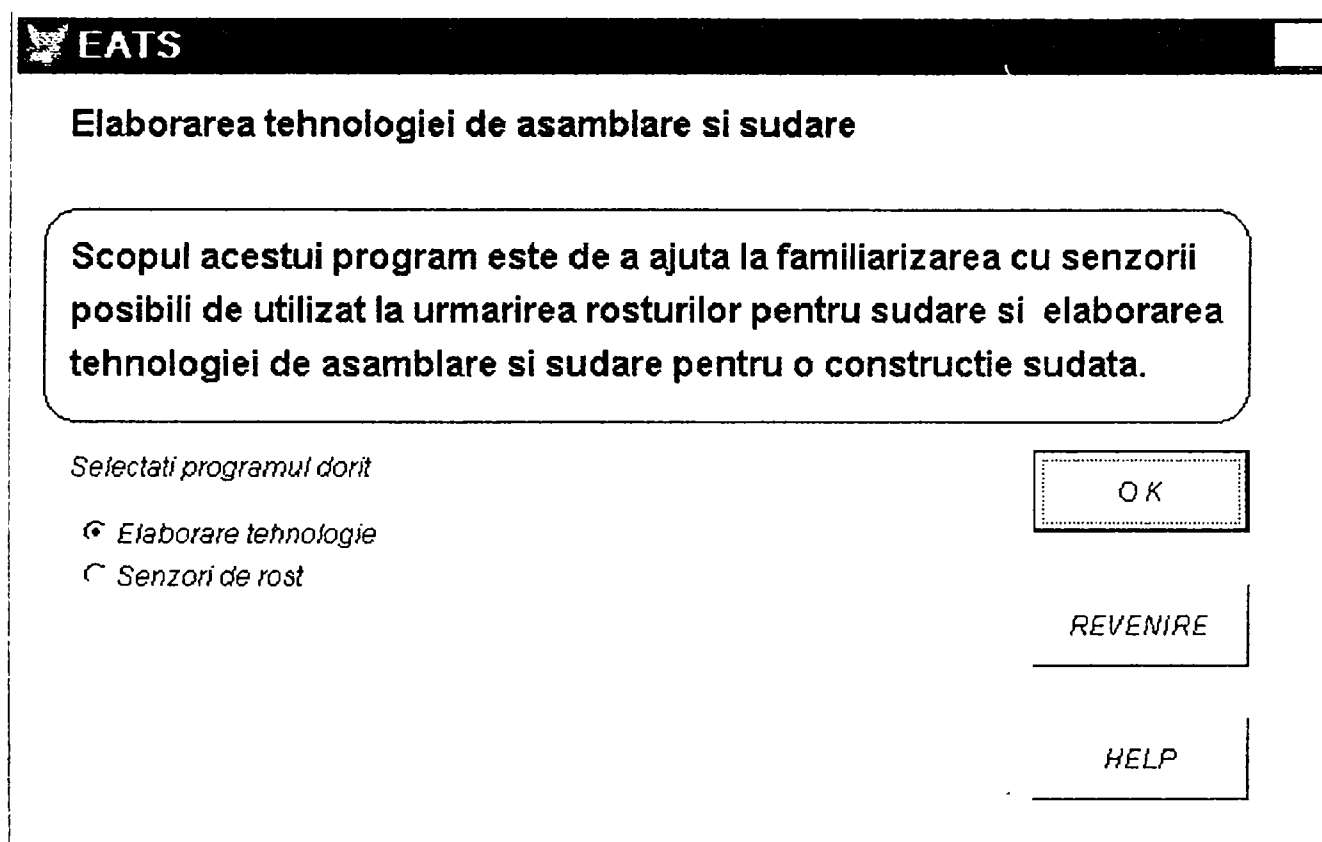
În cazul unor subansamble programul a fost completat cu analiza deformațiilor ce se produc în timpul sudării și influența lor asupra urmăririi stabile a rostului pentru sudare.

### **3.4 Proiectarea unui sistem informatic pentru elaborarea tehnologiei de sudare.**

Pentru ca rezultatele obținute în urma cercetărilor să fie utilizate efectiv în procesele de producție a apărut necesitatea realizării unor programe care să includă rezultatele actualei lucrări, și care să permită elaborarea tehnologiei de asamblare și sudare pentru o construcție sudată. Acest program trebuie să fie conceput ca un tot unitar care să cuprindă toate problemele specifice ce apar la elaborarea unei tehnologii și să aibă un caracter larg în sensul cuprinderii tuturor

procedeele de sudare. Sistemul informatic a fost realizat pe două direcții principale, astfel :

- Sistem informatic pentru identificarea senzorilor de rost.
- Sistem informatic pentru elaborarea tehnologiei de sudare.



**Fig.3.2** Prezentarea ferestrei generale a sistemului informatic.

Sistemul informatic pentru identificarea senzorilor de rost pentru urmărirea rosturilor la sudare are ca scop atât prezentarea senzorilor pentru urmărirea rostului cât și oferirea soluțiilor pentru alegerea celui mai bune variante pentru situația dată.

Sistemul informatic pentru elaborarea tehnologiei de sudare abordează o vastă problemă în vederea rezolvării tuturor problemelor pe care le cere elaborarea pe calculator a tehnologiei de asamblare și sudare. Pentru rezolvarea

acestor probleme au fost concepute opt blocuri în structura programului după cum urmează:

- Introducere date.
- Modificare date.
- Listare imprimantă.
- Consultare pe ecran.
- Întreținere fișiere.
- Salvare fișiere.
- Final tehnologie.
- Help.

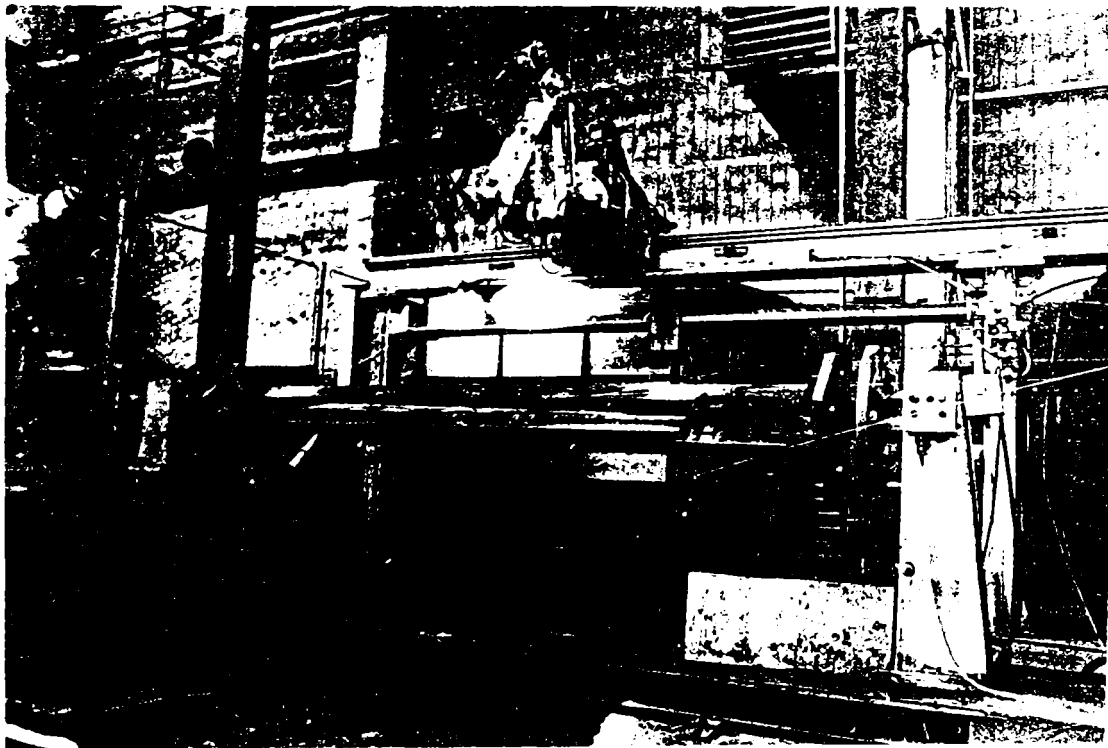
Programul ține seama și de interdependențele dintre diferitele compartimente ale unei societăți producătoare de structuri sudate, asigurând fiecărui compartiment datele necesare pentru desfășurarea activității acestuia. Concepția programului permite de asemenea legătura cu alte programe de la care să preia sau să ofere date.

## CAP. 4. DESCRIEREA INSTALATIEI UTILIZATE LA EXPERIMENTĂRI

Instalația utilizată este o celulă flexibilă de sudare cu robot adaptiv folosită în construcția de vagoane pentru sudarea unor subansamble reprezentative [102].

Instalația se compune din ( vezi fig. 4. 1):

- robot OTC V01.
- echipamentul pentru sudare.
- senzor LINE MASTER.
- instalații auxiliare.



**Figura 4.1** Instalație robotizată de sudare

## 4.1. Robotul pentru sudare OTC -VO1

Robotul OTC VO1 din punct de vedere al construcției mecanice este un robot de sudare de tip antropomorf cu șase grade de libertate (figura 4.2). Acționarea fiecărei axe este realizată de un grup de acționare format din servomotor de curent alternativ, reductor de turație și traductor de poziție. Articulațiile 1, 2, 4 sunt acționate direct de reductor, articulația 3 este acționată prin reductor și un sistem de pârghii tip paralelogram deformabil, articulația 5 este acționată cu ajutorul unei curele dințate, articulația 6 este acționată prin intermediul unui sistem de curele dințate și un mecanism de roți dințate conice.

Traductoarele de poziție sunt reductoare incrementare în codul Graycode cu ajutorul unor acumulateoare sunt folosite ca niște traductoare absolute, prin aceasta eliminându-se procesul de nesincronizare la fiecare repornire.

Sarcina utilă pe care o poate manevra robotul este relativ mică, de circa 3 daN, aceasta fiind suficientă funcției de bază a acestui robot, adică transportarea capului de sudare. Principalele caracteristici ale robotului sunt:

-Viteza unghiulară pe axe.

$$w_1 = 110 \text{ grade/sec.}$$

$$w_2 = 100 \text{ grade/sec.}$$

$$w_3 = 125 \text{ grade/sec.}$$

$$w_4 = 280 \text{ grade/sec.}$$

$$w_5 = 270 \text{ grade/sec.}$$

$$w_6 = 400 \text{ grade/sec.}$$

-Viteza liniară maximă.

$$v_1 = 600 \text{ cm/min.}$$

-Spațiul de lucru

$$\text{axa 1} = 340 \text{ grade}$$

$$\text{axa 2} = 50 \text{ grade}$$

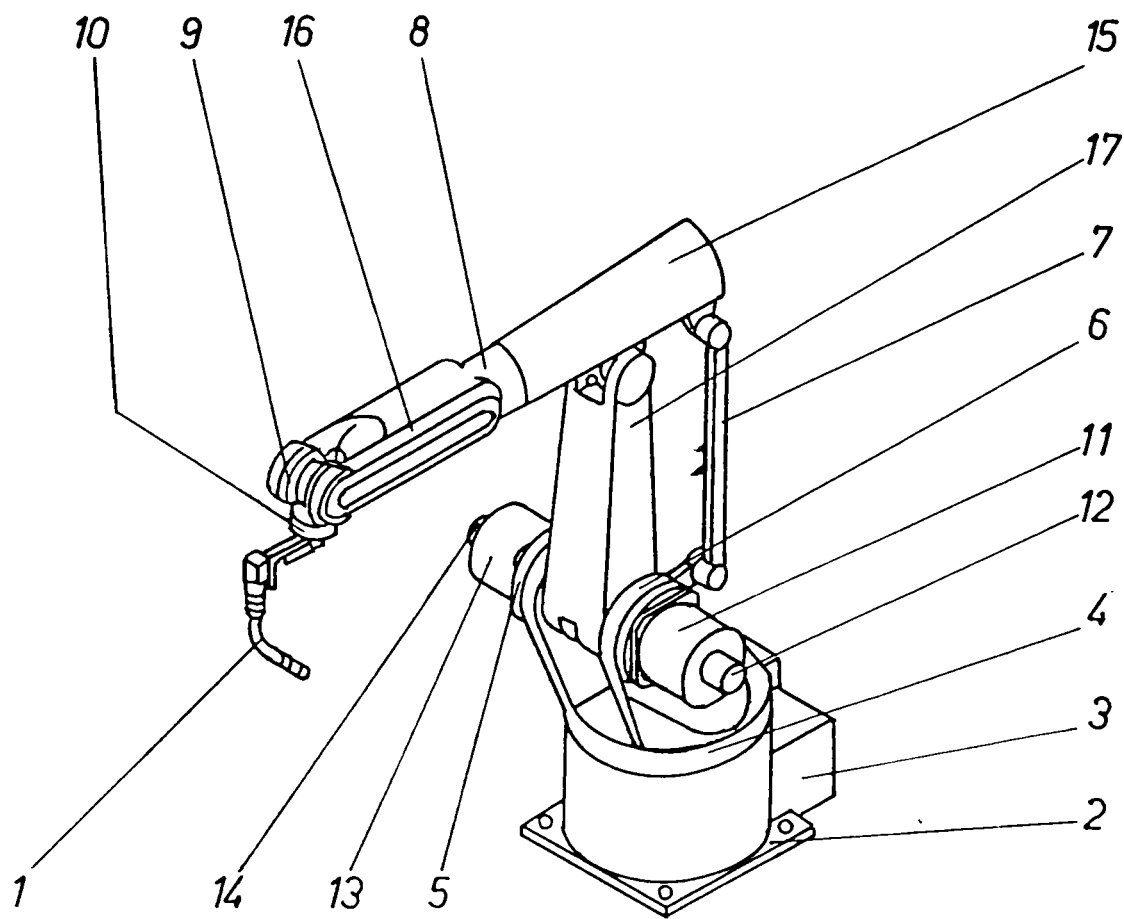
axa 3 = 300 grade

axa 4 = 200 grade

axa 5 = 280 grade

axa 6 = 400 grade

Modul de lucru este prezentat în continuare. Pentru a ajunge electorul la punctul programat în funcție de amplasarea punctului în spațiu, se comandă mișcarea acelor axe a căror coordonate robot sunt diferite de coordonatele robot ale punctului programat. Vitezele axelor sunt astfel calculate ca mișcarea tuturor axelor să se termine în același timp. Aceste calcule sunt făcute de procesoarele de axe pe baza informațiilor furnizate de unitatea centrală. În caz că se cere o interpolare (liniară sau circulară) vitezele și mișcările axelor sunt astfel calculate încât TCP să parcurgă traiectoria cerută cu viteza programată. Pentru atingerea unui punct programat de către o axă, unitatea centrală transmite noile coordonate și viteza procesorului de axe care transmite informațiile acestea la variatorul motorului. Variatorul aplică tensiunea alternativă de frecvență variabilă ( în funcție de viteza cerută) către motor. Mișcările motorului sunt sesizate de traductorul de rotație care transmite către variator și procesorul de axe poziția axei. În funcție de viteza de variație a poziției, variatorul corectează frecvența tensiunii de alimentare a motorului dacă este cazul, pentru a asigura viteza prescrisă. Când axa ajunge în apropierea punctului comandat, procesorul de ax comandă variatorul să execute decelarea și oprirea motorului în momentul în care s-a atins punctul programat . În momentul în care s-a atins punctul, procesorul de axe comunică unității centrale terminarea mișcării și așteaptă următoarea comandă. Când robotul execută interpolarea (liniară sau circulară) traseul este împărțit în eșantioane scurte, coordonatele eșantioanelor și vitezele sunt comunicate către procesorul de ax de către unitatea centrală.



- |                                       |                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Cap de sudare.                     | 11. Motor axa 3.                     |
| 2. Placă de bază.                     | 12. Tractor poziție axa 3.           |
| 3. Cutia de conexiune .               | 13. Motor axa 2.                     |
| 4. Articulația 1.                     | 14. Tractor poziție axa 2.           |
| 5. Articulația 2.                     | 15. Carcasă motor axa 4,5,6.         |
| 6. Articulația 3.                     | 16. Carcasă curele distrib. axa 5,6. |
| 7. Brațul de acționare articulația 3. | 17. Braț articulație 2.              |
| 8. Articulația 4.                     |                                      |
| 9. Articulația 5.                     |                                      |
| 10. Articulația 6                     |                                      |

**Figura 4.2. Robot O.T.C. V01**

## 4.2 Echipamentul de sudare

Echipamentul pentru sudare constituie o parte importantă a instalației de sudare necesară operațiilor de sudare. Echipamentele de sudare MIG/MAG constituie sisteme complexe atât în ceea ce privește părțile componente cât și modul de comandă și reglare ai parametrilor tehnologiei de sudare, în comparație cu echipamentele clasice ale sudării manuale cu electrozii înveliți.

Acest echipament este alcătuit din următoarele părți componente (figura 4.3):

- sursa de sudare
- dispozitivul de avans al sârmei electrod
- pupitrul de comandă
- pistoletul de sudare
- alimentarea cu gaz de protecție
- instalația de răcire

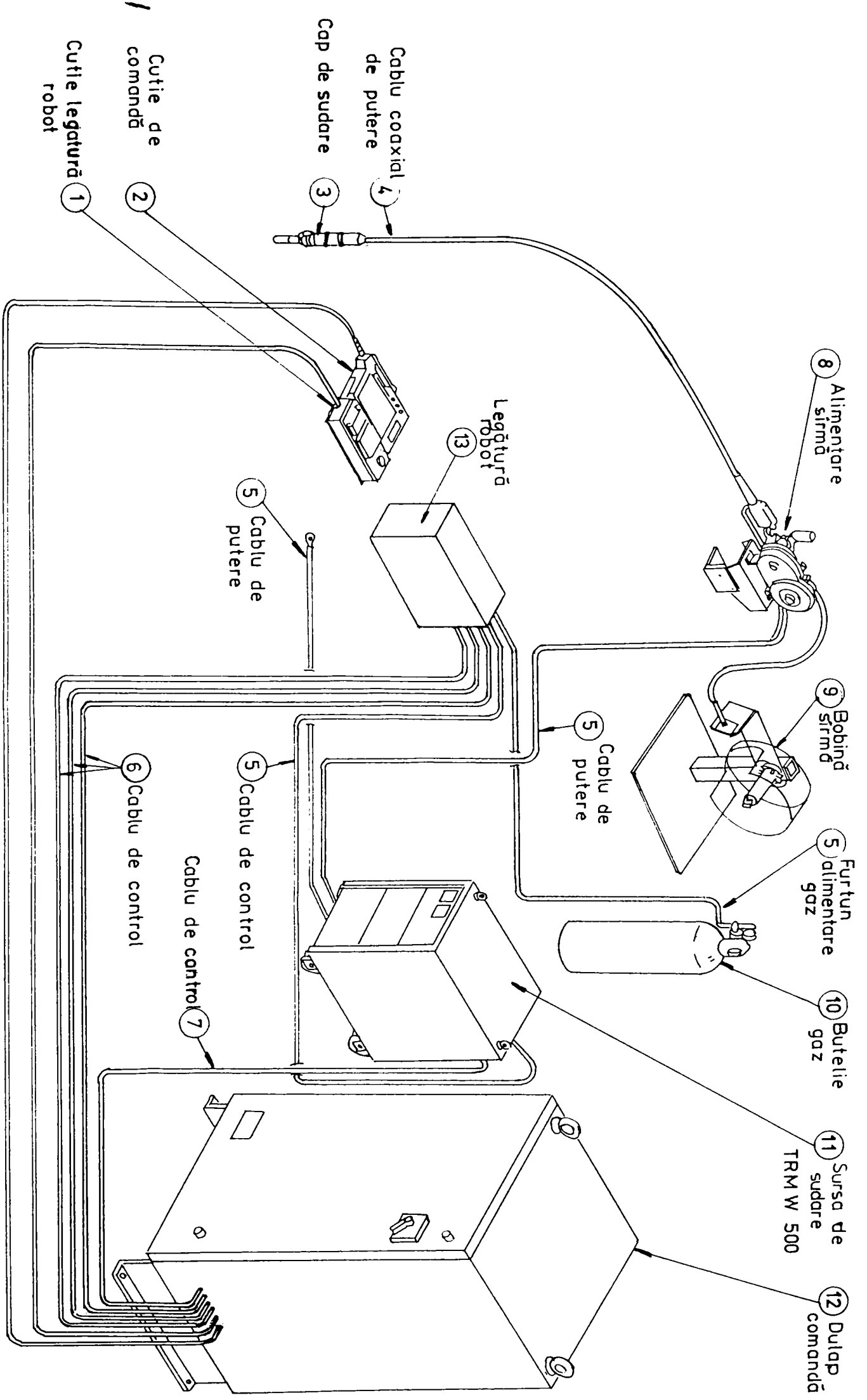
### 4.2.1 Sursa de sudare

Sursa de sudare utilizată este o sursă de curent continuu (redresor), de producție japoneză de tip TRMW500. Particularitatea principală a surselor de sudare MIG/MAG este forma caracteristicii externe  $U_a = f(I_s)$ . Din motive de asigurare a fenomenului de autoreglarea arcului electric, forma caracteristicii externe a sursei este rigidă sau ușor coborâtoare [114], conform figurii 4.4.

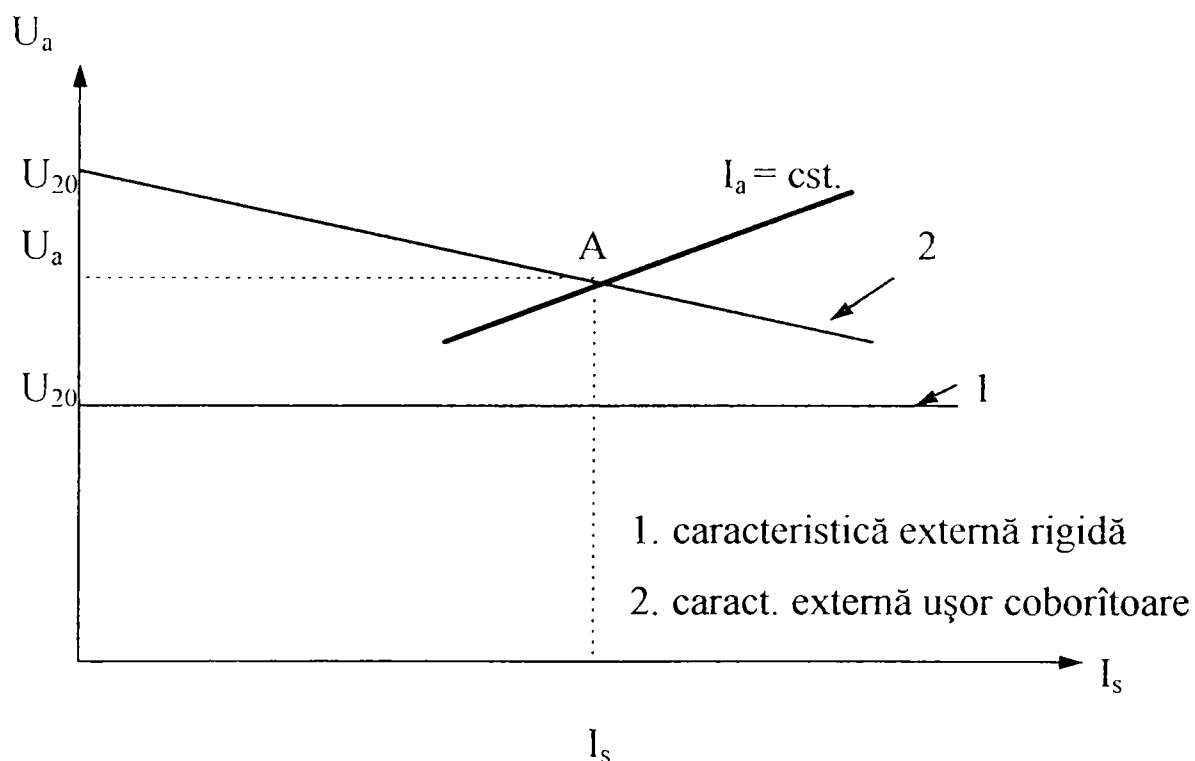
Principalele caracteristici ale sursei de sudare sunt:

- |                                   |                 |
|-----------------------------------|-----------------|
| -Puterea de alimentare            | - 31 KVA        |
| -Valoarea tensiunii de alimentare | - 220/380/415 V |
| -Frecvența                        | - 50/60 Hz      |





-Valoarea curentului maxim de ieșire	- 500 A
-Domeniul curentului de ieșire	
-arc pulsatoriu	- 60 -500 A
-arc scurt	- 60 -400 A
-Domeniul tensiunii de ieșire	- 15 -42 V
-Valoarea ciclului de lucru	- 60 %
-Temperatura maximă	- 115 grd.C
-Greutatea	- 220 kg.
-Dimensiuni	- 540x655x1125



**Figura 4.4 Caracteristica externă a sursei**

Instalația este prevăzută cu un sistem de control care poate asigura condiții optime de sudare pentru material și diametrul sârmei ce se folosește. Diametrele de sârmă ce se pot utiliza sunt cuprinse în intervalul 0,8 -1,6 mm.

Sursa este prevăzută cu inverter ce înlocuiește inductanța surselor clasice, prin aceasta realizându-se reglarea curentului de scurtcircuit și a formei de

creștere a acestuia. Creșterea curentului este realizată electronic prin comanda inverterului ceea ce permite modificarea cu ușurință și în limite mai largi a inductivității prin noțiunea de “dinamică” exprimată în procente față de valoarea de referință. Sursa de sudare este prevăzută cu borne de ieșire pentru legare la capul de sudare la masă și de legătură cu cutia de comandă. De asemenea se găsesc pe suprafața exterioară mufele pentru conectarea sistemului de răcire cu apă [103].

Sursa pentru sudarea tranzistorizată cuprinde un redresor trifazat și un regulator cu tranzistori serie și cu reacție inversă liniară. Redresorul asigură curentul continuu constant, care este apoi controlat de către regulator astfel încât arcul să fie alimentat cu un curent monopolar având forma de undă dorită (de exemplu curent continuu netezit sau cu formă de undă modulată). Domeniul curentului este între 0 și 500 A.

### 4.3 Senzorul “LINE MASTER”

Senzorul “LINE MASTER” a fost dezvoltat pentru îmbunătățirea calității urmăririi rostului pentru sudare și implicit pentru obținerea unei calități foarte bune atât structural cât și dimensional pentru îmbinarea sudată [104]. De asemenea prin sesizarea mai rapidă și mai exactă a poziției rostului de sudare se lărgeste posibilitatea sudării automate și robotizate. Un astfel de senzor verifică continuu linia de sudare. Linia rostului de sudare se corectează în mod automat în timp real chiar dacă este deviată datorită unor erori de prelucrare a piesei sau datorită unor erori de prelucrare a piesei sau datorită tensiunii termice.

Acest senzor are două funcții:

- a) funcția de a detecta și corecta deviația rostului efectiv în timp real față de rostul învățat (*funcția de urmărire*).
- b) funcția de a detecta și corecta deviația de la poziția de începere a sudării (*funcția de detectare prin atingere*).

Prin combinarea celor două funcții de mai sus se poate realiza o urmărire a rostului de calitate, cu toate deviațiile rostului de la forma inițială, deviații datorate atât problemelor de ansamblare cât și a celor legate de deformația piesei în timpul sudării. Pe lângă aceste funcții principale acest senzor mai oferă și alte funcții facultative.

Funcția de urmărire a rostului este o funcție principală și presupune o mișcare de detectare a deviației piesei de lucru și de corectare a poziției capului de sudare astfel încât acesta să fie în poziție optimă pentru sudare.

Funcția de sesizare prin atingere este de asemenea o funcție principală și constă în mișcări de detectare a deviațiilor piesei sau poziției inițiale a piesei și în acest fel corectarea punctului de început și sfârșit al cordonului de sudură.

Funcțiile de bază și expresiile secvențelor de date sunt prezentate în tabelul 4.1.

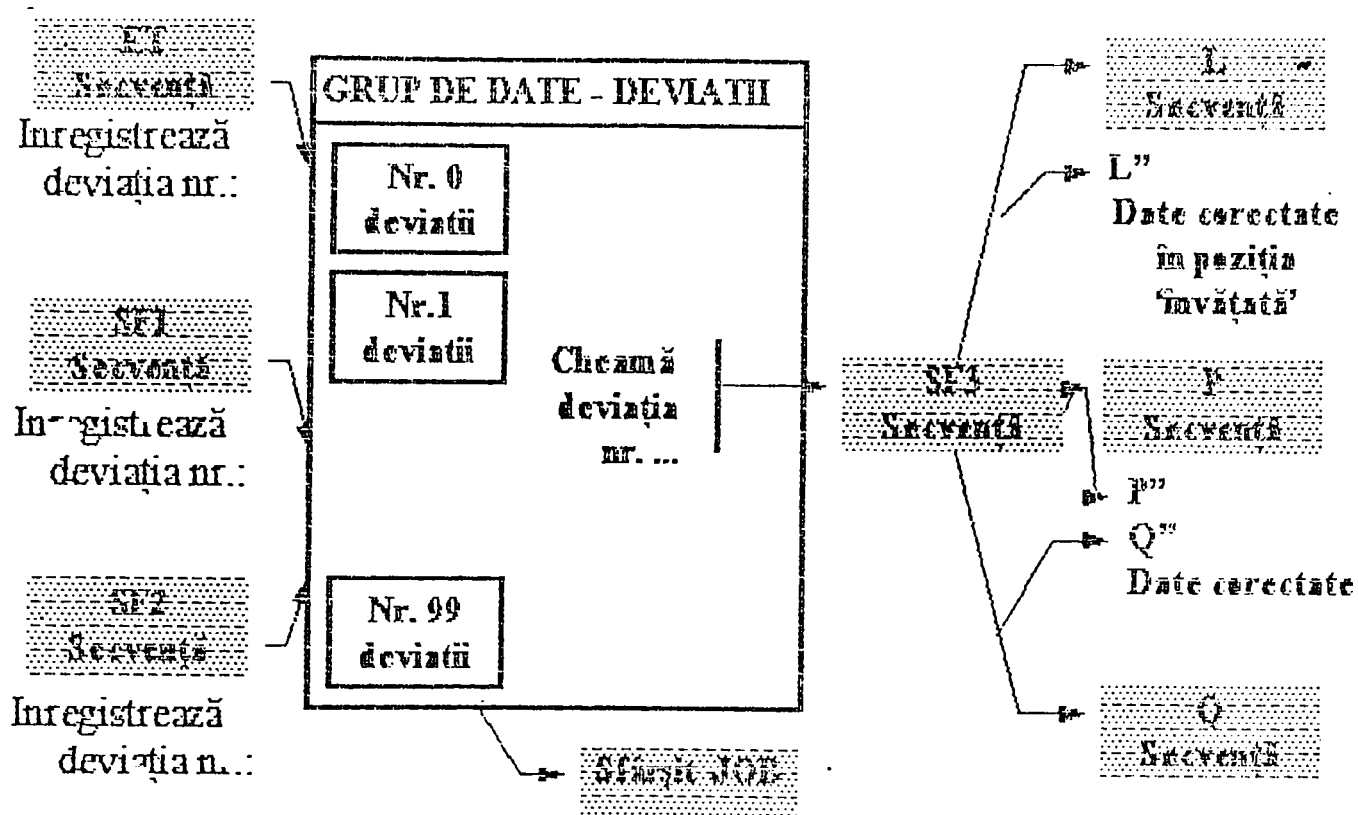
Funcția de urmărire a rostului cuprinde:

- începerea urmăririi- ST
- sfârșitul urmăririi - ET

Funcția de sesizare prin atingere cuprinde:

- calibrarea lungimii sârmei - SF0
- căutarea unidimensională - SF1
- căutarea modelată - SF2
- chemarea de calibrare - SF3

“ Line Master”-ul are funcția de înregistrare a calibrării și “ call “ calibrare care s-a dezvoltat recent. Folosind această funcție, se poate determina nu numai punctul de începere a sudurii dar și punctul de sfârșit și poate fi corectată lungimea sudurii. Înregistrarea deviației se referă la înregistrarea deviației detectate după ce a fost înregistrată cu un număr pentru o înregistrare viitoare. Chemarea deviației se referă la citirea deviației înregistrate pentru a corecta poziționarea secvenței. Schema de bază este prezentată în figura 4.5.



**Figura 4.5. Schema de bază a senzorului LINE MASTER.**

Deviațiile detectate de “ Sfirșitul urmăririi “ ( ET ), “ Căutarea unidirecțională “ (SF ) în timpul operației automate vor fi înregistrate cu număr de înregistrare. Aceste deviații sunt menținute de la începutul operației automate până la sfirșitul muncii ( urmăririi rostului ). Datele vor fi șterse la sfirșitul muncii.

Senzorul este aplicabil la sudarea unui domeniu larg al grosimii tablelor de la tabla subțire de 1,6 mm la sudarea tablelor grase utilizând curenți mari de sudare și sîrma de 1,6 mm .

Designul flexibil permite ca LINE- MASTERS să fie utilizat la metode de sudat cu protecție de CO<sub>2</sub>, MAG, MAG pulsat cu reglare posibilă într-un domeniu larg de condiții de sudare. Reglarea parametrilor este simplificată prin “ funcția de editare simplificată “. Să reglezi 5 parametrii la început și să depui o picătură o dată este tot ce este necesar pentru introducerea automată a parametrilor optimizați.

În continuare se prezintă în sinteză cîteva caracteristici ale senzorului LINE-MASTERS și anume:

- hardware
- software

-funcția de urmărire ( Tabelul 4.2.)

-funcția de sesizare a atingerii ( Tabelul 4.1 ).

Nr	Domeniu	Caracteristică	Funcție
1	Performanță	Metodă de etectare	Atingere cu sîrma. Curent de înaltă tensiune.
		Mișcare de urmărire	Urmărire modelată standard
		Viteză de urmărire	10-99 cm/min
		Precizie de urmărire	+/-0.5mm
2	Domeniu de aplicare	Materialul piesei	Orice material sudabil
		Grosimea tablei	min. 4.5mm
		Starea suprafeței	curată
		Planeitatea suprafeței	+/-2mm
3	Funcția	Protecția contra căderilor	Protecție selectivă și învățare în siguranță
		Corectarea poziției	Corectarea punctelor de început și sfîrșit. Urmărirea traseului.
		Corectarea preciziei	Corectarea lungimii sîrmei la mers în gol.
		Control operațional	Afișarea rezultatelor.
		Controlul informațiilor	Editarea datelor de bază și control.
		Modele de urmărire	50 modele

**Tabelul 4.1. Descriere software. Funcția de sesizare a atingerii.**

Nr	Domeniu	Caracteristică	Funcție
1	Performanța	Metoda de detectare	Sesizarea arcului
		Viteza de deplasare	max 150cm/min
		Precizia de localizare	+/-1.0mm
		Capacitatea de urmărire maximă	1mm/s sau 5grade
		Traseu de sudare	Liniar si circular
2	Domeniu de aplicabilitate	Metoda de sudare	MIG/MAG
		Diametrul sîrmei	0.8-1.6mm
		Unghiul diuză-piesă	Poziție unghiulară la 1/2 rost
		Unghiul de împingere	10 grade
		Unghiul de tragere	10 grade
		Poziția de sudare	Toate pozițiile
		Amplitudinea pendulării	Min. 1.5mm
		Frecvența pendulării	1-10 Hz
		Durata remanentă a pendulării	0 secunde
		Material	Sudabil
		Grosime piesă	Minim 2mm pentru rost T și 4.5 pentru rost V.
3	Funcție	Protecție contra căderilor	Protecție selectivă și detectarea intensității arcului.
		Deplasare	Deplasarea compensată și anticipativă. Corecție rotațională. Aotocontrol.
		Reglare parametrui	De la pupitrul de comandă.

**Tabelul 4.2 Descriere software. Funcția de urmărire.**

Prelucrarea de principiu a semnalelor pentru adoptarea orientării capului de sudare față de cursul rostului prin comandă de la arcul electric este independentă de principiul senzor arc electric. Pentru obținerea unor mărimi de poziționare utilizabile pentru conducerea capului de sudare, capul de sudare este pendulat mecanic transversal pe rost cu frecvență și amplitudine constantă. În fazele de deviere maximă sunt măsurate curentul de sudare și/sau tensiunea de sudare, iar valorile măsurate sunt prelucrate și memorate. Dacă suflaiul se găsește în mijlocul rostului, atunci distanța, în pozițiile de pendulare externă, de la țeava de contact la flancul respectiv de rost, este identică. Diferența a două valori măsurate obținute pe flancurile de rost, reprezintă o măsură pentru poziția relativă a capului de sudare față de mijlocul rostului. Devierea capului de sudare spre dreapta sau spre stânga, față de mijlocul rostului furnizează rezultate de măsurare care indică devierea după valoare și semn. Din aceste valori măsurate se creează o mărime de reglare pentru corectarea poziției capului de sudare care va atrage executarea unei mișcări de reglare în direcție laterală.

În mod asemănător funcționează reglarea de distanță și anume prin edificarea unei valori medii a valorilor măsurate pentru mărimile caracteristice ale procesului, obținute la ambele flancuri de rost și prin compararea cu o anumită valoare prescrisă, dată în avans.

Intensitatea curentului de sudare va deveni mărimea care stabilește distanța, deoarece la caracteristica exterioară căzătoare a sursei de curent de sudare, modificări ale distanței față de piesă conduc, în esență, la modificări ale curentului de sudare. Sesizarea suplimentară a tensiunii de sudare servește la înlăturarea influențelor cauzate de scurt circuite. Evaluarea semnalelor de proces furnizate de procesul de sudare are loc în unitatea de comandă a senzorului arc electric. După ce semnalele de proces, curent de sudare și tensiune de sudare, au parcurs amplificatoarele separatoare ce servesc la separarea galvanică a conexiunilor următoare ale procesului de sudare, semnalul curent de sudare este pregătit în continuare, adică se înlătură scurtcircuitele. Pentru a evita efectele



nefavorabile ale transferurilor neregulate de picături, care apar în domeniul arcului electric scurt, asupra semnalelor de măsură obținute în fazele “ de ardere “ ale arcului electric, măsurătorile au fost în general întrerupte la apariția unui scurt circuit în timpul fazei de sudare [105 ]. După pregătirea cu succes, semnalul curent de sudare este condus la două integratoare care sesizează fiecare, pe flancuri, semnalul de curent timp de 40 ms iar rezultatul îl conduc mai departe la componente tipizate Sample si Hold. Desfășurarea în timp a acestui procedeu de măsurare este garantată de comanda desfășurării procesului, la care coordonarea mișcării de pendulare se face printr-un semnal sincron de pendulare. Prin integrarea semnalului curent de sudare, în domeniul flancurilor rosturilor, se atinge o predispoziție la perturbări mai mică, deoarece atât oscilațiile de scurtă durată ale curentului, cât și zgomotul semnalului cauzat prin procesul de sudare, atîrnă în balanță numai cu o parte foarte mică.

Scăderea semnalelor furnizate de cele două componente tipizate Sample si Hold produce o mărime dependentă de abaterea laterală a capului de sudare. Pentru a se putea obține un decalaj lateral definit al suflaiului, de exemplu la sudarea în mai multe straturi, valoarea reală se compară cu o valoare prescrisă diferită de zero, pentru poziția laterală. Adunarea semnalelor Sample si Hold conduce la un semnal ce depinde de distanța verticală, care, după compararea cu o valoare prescrisă a distanței pe verticală, servește ca mărime de poziționarea pe direcția verticală. Prin adunarea semnalelor se evită mișcările de poziționare pe direcția verticală a capului de sudare, la o localizare defectuoasă a acestuia, deoarece creșterea distanțelor cap de sudare - piesă au un efect compensator.

#### **4.4. Instalații auxiliare**

Pentru buna funcționare a instalației de sudare pe lângă dotările prezentate anterior aceasta cuprinde o serie de instalații auxiliare cum ar fi:

- modul de translație
- manipulatoarele de poziție

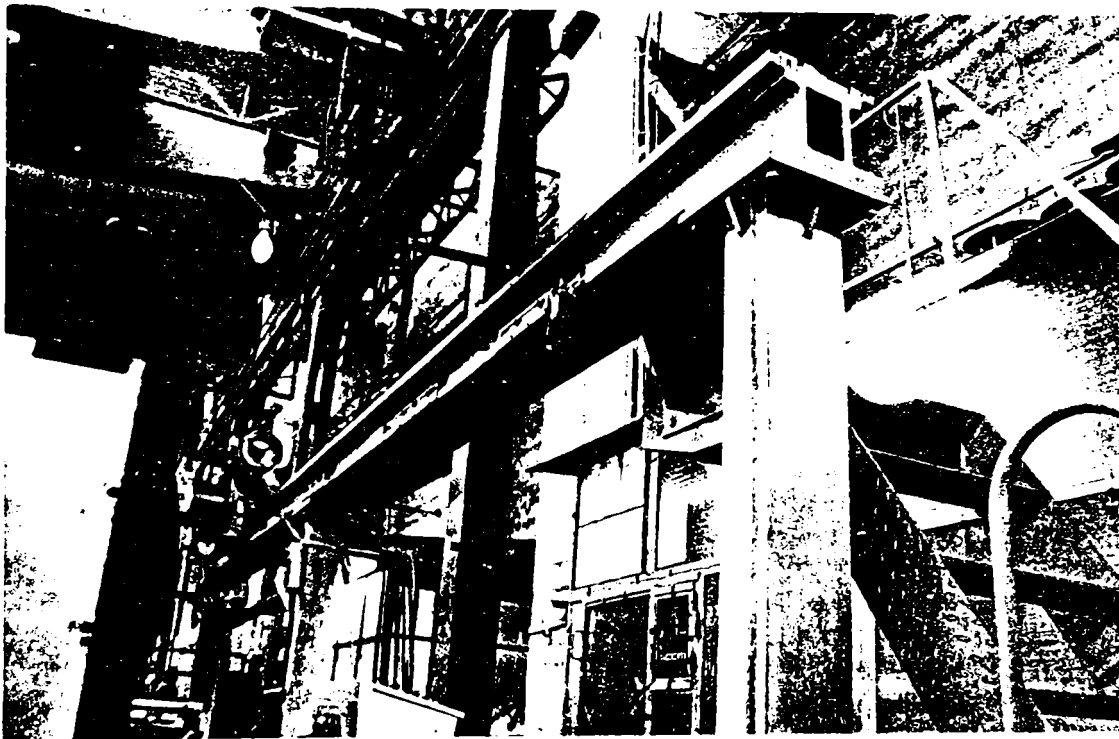
-dispozitivele de orientare și fixare

-pupitrul de comandă

-panoul local

Modul de translație are rolul de a asigura deplasarea robotului în poziție optimă pentru ca acesta să execute sudarea pieselor programate. Modul de translație (vezi figura 4.6 ) se compune din:

-cărucior de translație care se deplasează prin intermediul a douăsprezece role dintre care șase fixe și șase reglabile. Antrenarea căruciorului se



**Figura 4.6. Modul translație**

realizează prin intermediul unei transmisii motoreductor, roată dințată, lanț cu role și zale scurte. Căruciorul are în componență o placă prin intermediul căreia se fixează robotul pentru sudare.

-suportul translației care asigură deplasarea căruciorului ce susține robotul pe o lungime de maxim 7,5 m la cota de 2360 mm față de baza stîlpului

-ansamblul limitatorilor de translație asigură poziționarea căruciorului în 5 poziții de lucru ale robotului cu ajutorul unor senzori inductivi de proximitate care asigură comanda pentru frînarea respectiv oprirea motorului.

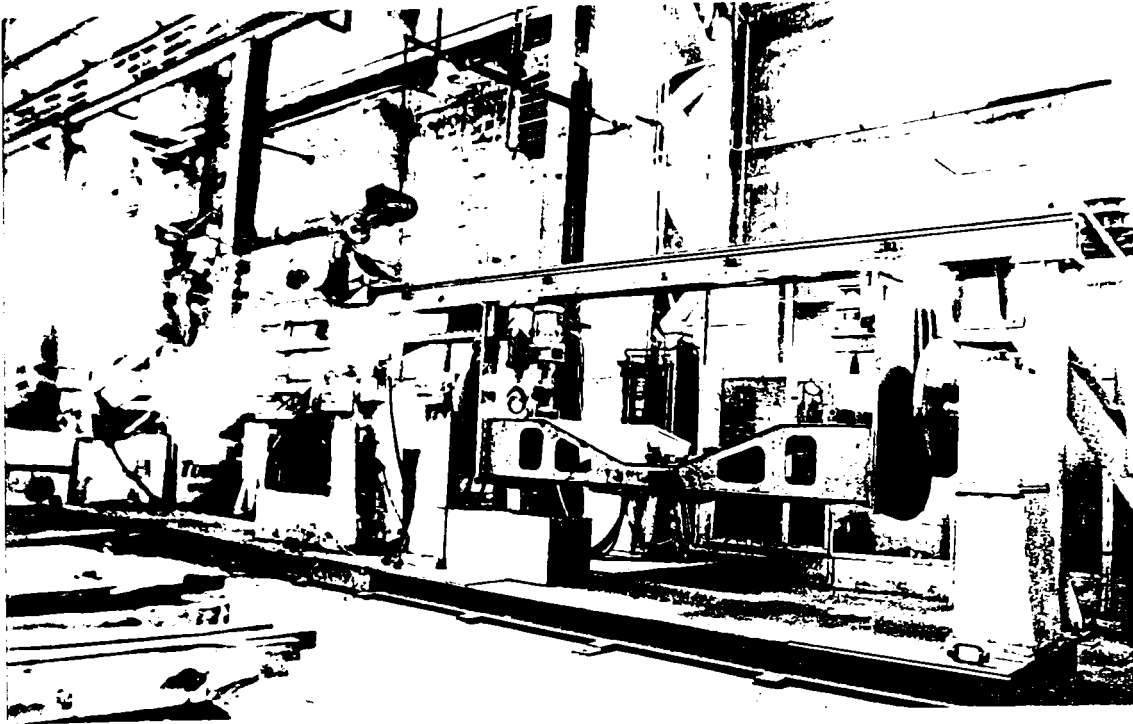
Pentru poziționarea finală și fixarea în poziții de lucru, a fost prevăzut un dispozitiv de indexare cu cilindru pneumatic, echipat cu senzori inductivi pentru confirmarea pozițiilor pistonului. Protecția pentru depășirea limitelor de cursă admisibile pentru translație este asigurată de limitatoare mecanice ( tampoane ) și de limitatoare electromecanice de cap de cursă.

Manipulatoarele de poziție sunt destinate rotirii și poziționării dispozitivelor ce susțin piesele care se sudează. Sunt realizate două manipulatoare câte unul pentru fiecare loc de muncă. Cele două locuri de muncă asigură lucrul simultan al robotului, adică în timp ce într-unul dintre locurile de muncă se sudează în celălalt se face alimentarea cu piesa care se va suda. Antrenarea se realizează prin intermediul unui sistem motoreductor transmisie prin curele trapezoidale. Poziționarea manipuletoarelor se face cu ajutorul unor senzori inductivi de proximitate care asigură, comanda pentru frînare respectiv pentru oprirea motorului în pozițiile de încărcare și sudare. Pentru poziționarea finală, respectiv protecția contra depășirii cursei de rotire sunt prevăzute sistemele prezentate anterior la modulul de translație.

Dispozitivele de orientare și fixare se montează între platourile manipuletoarelor și sunt destinate asigurării și conservării poziției de sudare (figura 4.9). Aceste dispozitive se realizează în funcție de forma și dimensiunile pieselor ce se sudează deci se poate spune că aceste dispozitive nu sunt universale ci sunt aplicații concrete pentru fiecare piesă sau grupuri de piese asemănătoare. Fiecare cilindru pneumatic este echipat cu senzori inductivi de proximitate pentru sesizarea strîngerilor și desfacerilor.

Pupitrul de comandă este destinat comenzii și interferenței cu robotul industrial, manipuletoarele și dispozitivele electropneumatice ce intră în componența instalației de sudare. Comenzile de deplasare a manipuletoarelor ( translație +

rotație ) precum și cele de comandă a dispozitivelor electropneumatice sunt date prin intermediul panoului operator.



**Figura 4.7. Manipulatoare de poziție și dispozitive de orientare și fixare.**

Instalația de sudat are două panouri locale montate pe cele două manipulatoare de rotație și asigură comenzile de strângere și destrângere a subansamblelor.

O bună funcționare a acestor sisteme este strict necesară pentru obținerea unor îmbinări sudate de calitate în conformitate cu cerințele caietului de sarcini a produsului.

# Cap.5. CERCETAREA URMĂRIII ROSTURILOR CŪ SENZORI DE ARC ȘI TACTIL ÎN CONSTRUCTIA DE VAGOANE.

## 5.1. Studiul localizării și urmării rosturilor utilizând senzori de arc și tactili.

La sudare este foarte important localizarea corectă a piesei și rostului de sudare precum și conducerea capului de sudare în lungul rostului.

Punctul de începere a sudării trebuie examinat în mod automat de către senzorul de contact. Sesizarea prin atingere este o metodă de sesizare pentru detectarea deviației piesei de lucru cînd sîrma atinge piesa. Dacă lungimea sîrmei nu se schimbă poate fi detectată deviația exactă, dar în practică lungimea sîrmei se schimbă efectiv în timpul sudării. De aceea, este necesară corectarea lungimii sîrmei prin detectarea diferenței lungimii sîrmei față de punctul de referință fixat.. Detectarea lungimii ( extensiei ) sîrmei se referă la lungimea sîrmei care se măsoară la capătul pistolului. Lungimea sîrmei detectate va fi comparată cu lungimea sîrmei detectate în timpul învățării și este folosită ca dată pentru corectarea lungimii sîrmei în căutarea unidirecțională și căutarea modelată. Diferența între punctul de căutare învățat prezentat în figura 5.1(a) și locul în care sîrma atinge piesa de lucru în operația automată prezentată în figura 5.1(b), este deviația lungimii sîrmei.

Această funcție permite detectarea unei piese după o direcție stabilită prin program. Pentru un robot utilizat la sudare există următoarele cinci direcții de cautare:

- deplasarea după axa Y în sens pozitiv.
- deplasarea după axa Y în sens negativ.
- deplasarea după axa X în sens pozitiv.
- deplasarea după axa X în sens negativ.

-deplasarea după axa Z în sens negativ.

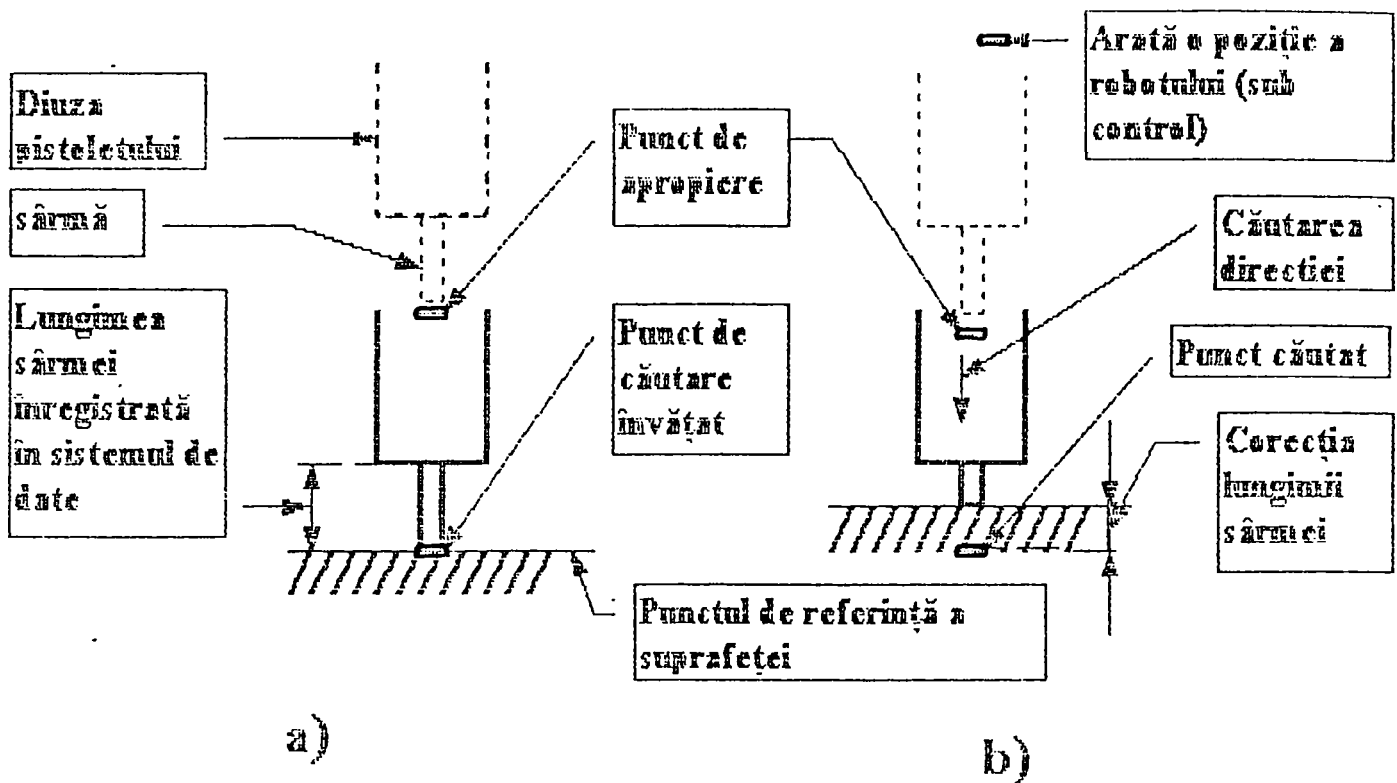
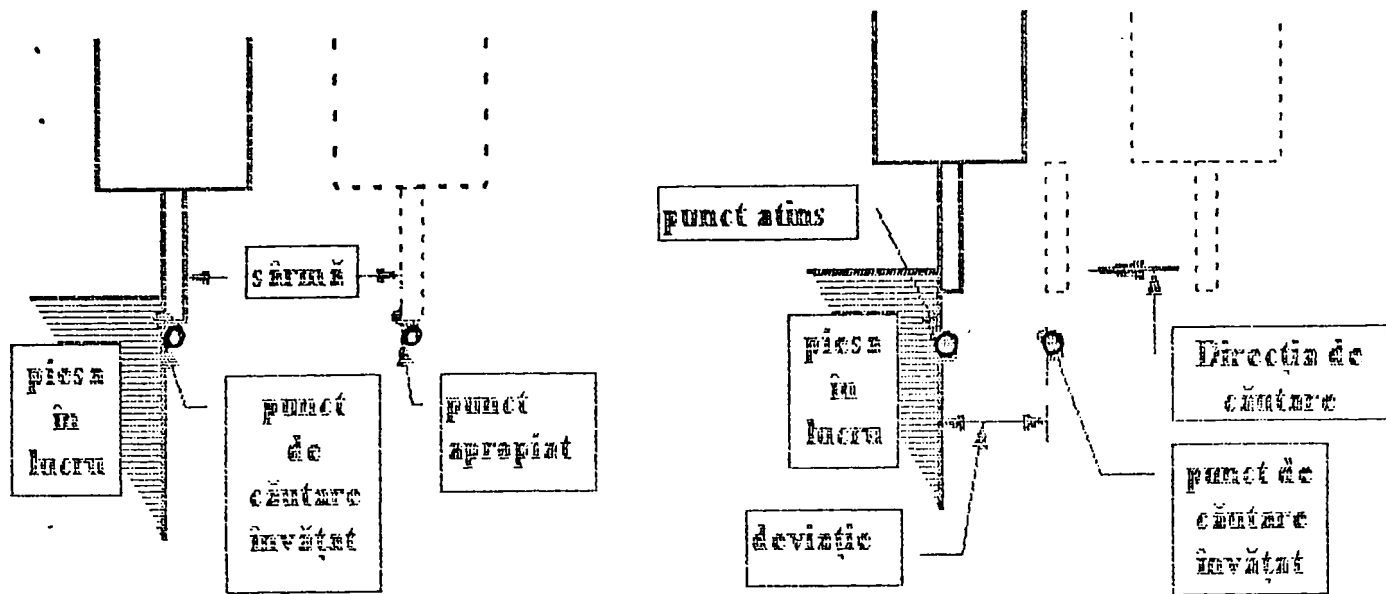


Figura 5.1. Cautarea piesei după axa Y în sens negativ.

Deoarece lungimea sârmei diferă înainte și după sudare, lungimea sârmei detectate înaintea sudării este fără valoare ea fiind înlocuită cu lungimea momentană. ( Datele prelucrate înainte de sudare sunt anulate după sudare).

Senzorul este prevăzut și cu funcția de urmărire unidimensională în acest mod fiind posibile aplicații complexe. De exemplu o combinație de urmăriri unidimensionale poate fi aplicată la o piesă complexă dificil de detectat într-o urmărire modelată standard. Pe de altă parte, folosirea o singură dată a urmăririi unidirecționale poate să șunteze în timpul găsirii punctului de început al rostului. Urmărirea unidirecțională este un mod de detectare a devierii într-o direcție dată printr-o mișcare de urmărire în acea direcție. Căutarea unidirecțională este o metodă de căutare prin detectarea deviației piesei de lucru după o direcție dată.

Distanța dintre punctul de căutare învățat (figura 5.2.a) și punctul care atinge sârma în operația automată (vezi figura 5.2.b) poate fi obținută ca o deviație. Această metodă de căutare nu este afectată de lungimea sârmei, de aceea lungimea sârmei nu se corectează.



a) Învățarea unui punct  
de căutare.

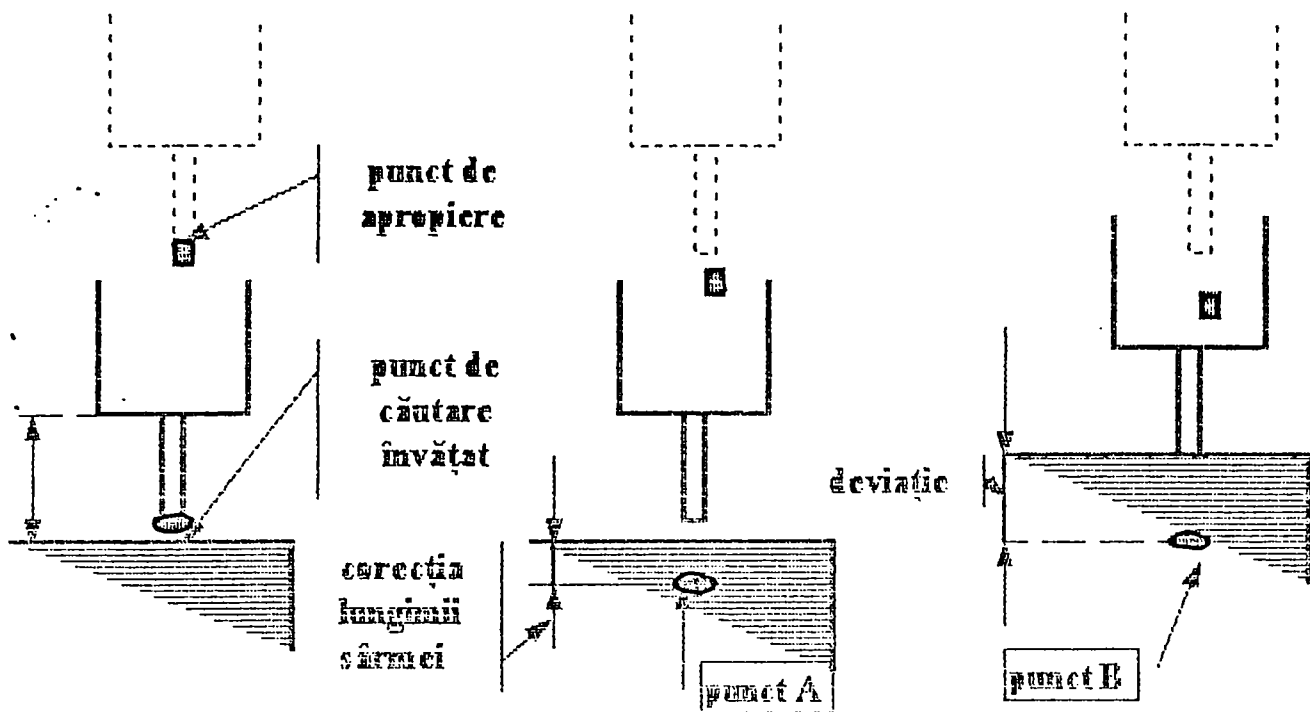
b) Sesizarea atingerii  
în operația automată.

**Figura 5.2. Învățarea punctului de căutare și sesizare prin atingere.**

Cînd căutarea este făcută pe direcția pistolului după cum se arată în figura 5.3, distanța dintre punctul de căutare învățat și punctul în care sîrma atinge piesa este obținută ca o deviație. În acest caz dacă lungimea sîrmei se schimbă, diferența de lungime a sîrmei va fi detectată ca o deviație chiar dacă piesa de lucru este plasată în aceeași poziție. Pentru a preveni acest lucru trebuiesc introduși parametri de corecție.

Pentru a grăbi detecția punctului de începere a sudării este nevoie de modele de urmărire optimizate care să permită operatorului să aleagă modelul optim de urmărire întrunind necesitățile aplicațiilor la care este utilizat.

Au fost încercate mai multe modele standard avînd o mare frecvență de utilizare, alegându-se cinci modele standard, iar înainte de urmărire se fixează (reglează) modelul de urmărire cel mai apropiat de situația dată, acest lucru conducând la o mișcare de urmărire rapidă. Cele mai generale piese pot fi tratate în mod satisfăcător cu această urmărire.



a) Învățarea unui punct de căutare.

b) Sesizarea prin atingere în operația automată (când piesa de lucru nu este deviată).

c) Sesizarea prin atingere în operația automată (când piesa de lucru este deviată)

Figura 5.3. Căutarea unidirecțională după o direcție dată.

În figurile de mai jos se utilizează următoarele simbolizări:

———— = mișcare de urmărire (căutare)

----- = mișcare de poziționare

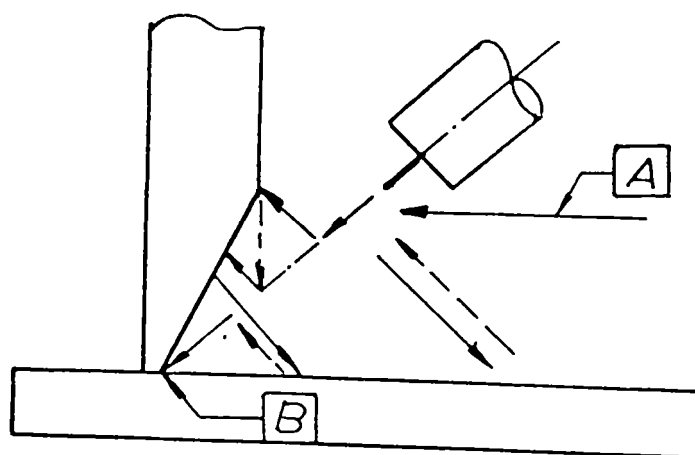
A = punct învățat prin urmărire modelată

B = punct de începere a sudurii detectat prin urmărire modelată

Cele cinci modele standard pe care senzorul le utilizează sunt:

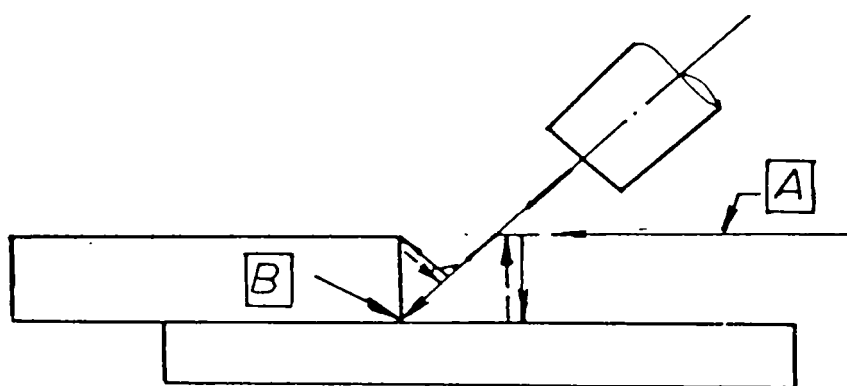
a) Îmbinare plană, orizontală de colț.rost U/V(figura 5.4)





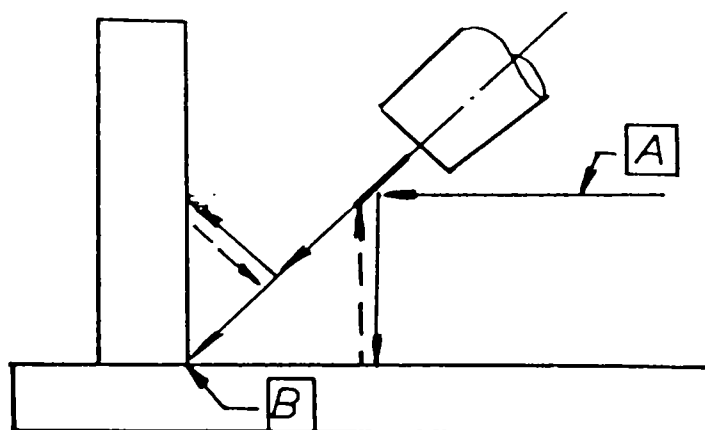
**Figura 5.4. Modul de gășire a unei suduri de colț (U,V) orizontală.**

b) Îmbinare suprapusă ( tablă grasă , figura 5.5).



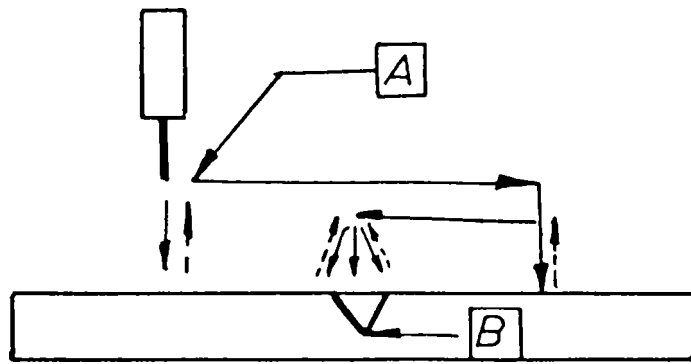
**Figura 5.5. Modul de gășire a unei îmbinări de colț prin suprapunere.**

c) Îmbinare orizontală ( figura 5.6 )



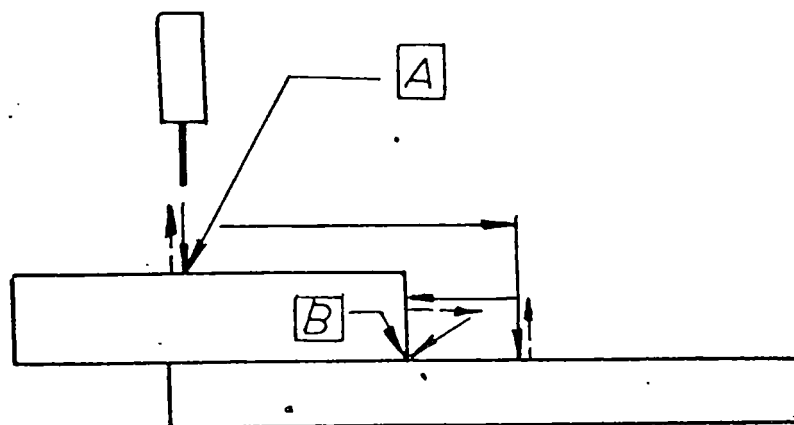
**Figura 5.6. Modul de gășire a unei îmbinări de colț cu rost neprelucrat.**

d) Tablă subțire rost diferit ( figura 5.7.)



**Figura 5.7. Mod de găsiere rost la table cap la cap**

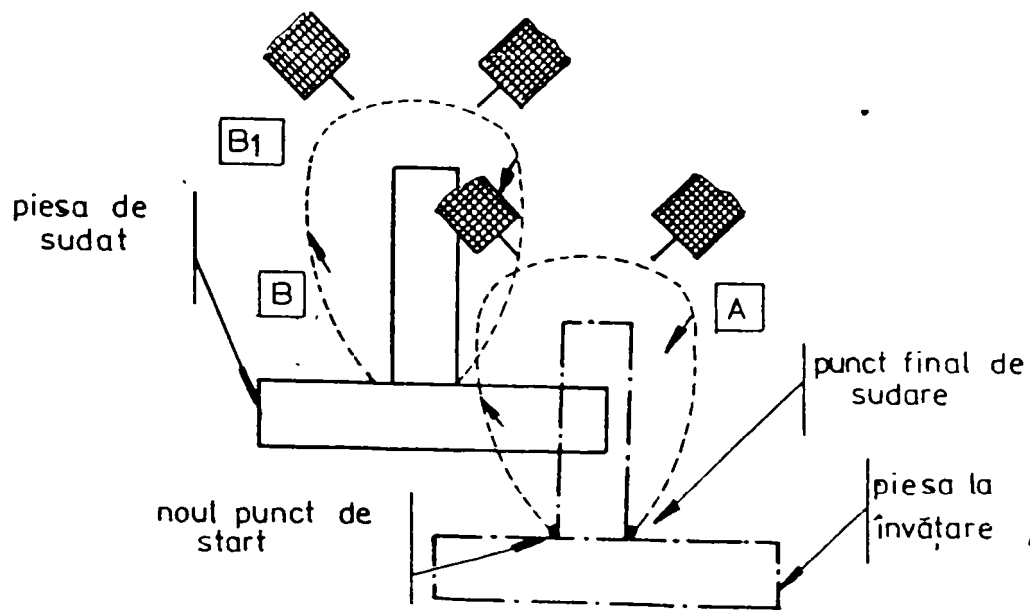
e) Îmbinare suprapusă ( tablă subțire, figura 5.8 ).



**Figura 5.8. Modul de găsiere a rostului pentru o îmbinare de colț prin suprapunere pentru table subțiri.**

Un punct de aproape este corectat cu devierea detectată. Acesta corectează cursul de apropiere la un curs pus în concordanță cu actuala poziție a piesei împiedicând interferența unei piese și a robotului datorită unei deviații a piesei ( figura 5.9 ).

Alte puncte de început a sudurii deviate în paralel ( pentru suduri paralele) sunt corectate cu devierea detectată într-un anumit punct. Aceasta permite să se sudeze din punctul corect fără o mișcare de urmărire ( căutare ) rezultând o scurtare a duratei ciclului.



**Figura 5.9. Corectarea punctului de start a sudării.**

Punctul de start trebuie să fie detectat numai pentru prima dată. A doua oară și mai departe, punctul de început al sudării este corect automat.

Senzorul sesizează o modificare a lungimii piesei de sudat la urmărirea unidimensională iar lungimea de sudare se corectează prin recepționarea acestei deviații la punctele de început și sfârșit ale sudării.

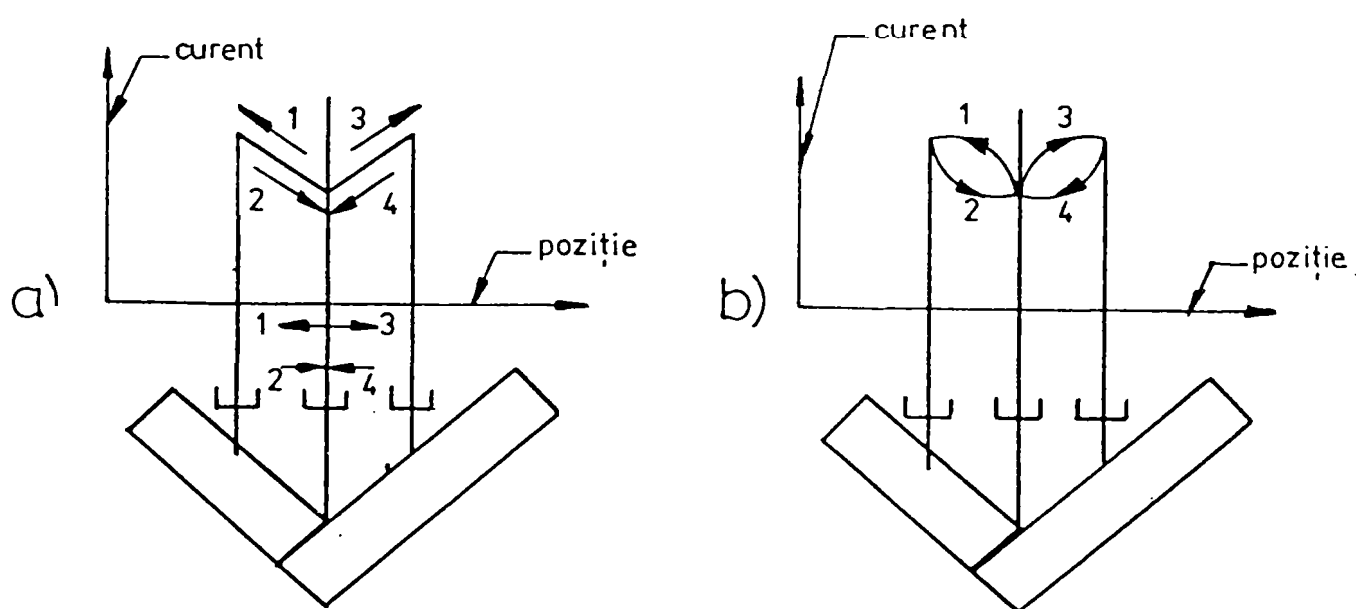
Sesizarea și corectarea traseului rostului se poate face cu mare viteză prin intermediul senzorului de arc, acest deziderat fiind atins prin realizarea unei pendulări de mare viteză (10 Hz), datorită structurii originale a capului. În consecință timpul ciclului poate fi scurtat în mod drastic. Sensibilitatea de detectare este bazată pe teoria sesizării dinamice a arcului iar poziția de sudare nu influențează urmărirea de către senzor a traseului de sudare.

Detecția de mare exactitate, nu depinde de poziția băii topite și este realizată de “algoritmul de detecție” original al lui Daihen care este bazat pe “teoria sesizării dinamice a arcului”. Aceasta permite o sesizare de mare viteză în

toate pozițiile de sudare incluzând sudarea verticală descendentă în care linia de sudare nu poate fi detectată din cauză că de obicei, baia topită curge în jos.











Un senzor de arc detectează linia de sudare prin monitorizare curentului de sudare variat prin mișcare ondulatorie care încrucișează rostul. În trecut a fost obținută în mod static o relație între avansul sârmei și viteza de sudare, dar acum noua teorie Daihen numita "*Teoria sesizării dinamice a arcului*" permite să se capteze fenomenul real de arc în mai multă amănunțime adăugând un element dinamic fenomenului de arc și anume viteza schimbării în avansul sârmei. Ca un rezultat al acesteia, sensibilitatea detectării liniei de sudare este mult îmbunătățită iar domeniul de aplicabilitate de sudare de mare viteză și sudarea tablelor subțiri este extins substanțial.




În figura 5.10 este prezentată reglarea parametrilor prin conceptul tradițional (a) și conceptul Daihen(b).



**Figura 5.10. Comparatie între conceptul convețional și conceptul DAIHEN.**









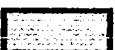




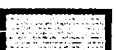
Procesul de sudare influențează sensibilitatea de urmărire a senzorilor prin caracteristicile specifice procesului. În tabelul 5.1 sunt prezentate aceste influențe.




Perturbațiile	Senzor de arc	Senzor tactil
căldură		
radiații optice		
stropiri		
fum		
protecție		

LEGENDA:  - puțin perturbat  - perturbare medie  - foarte perturbat

**Tabelul 5.1. Nivelul de sensibilitate al senzorului în raport cu perturbațiile procesului de sudare.**

Sensibilitatea de urmărire a senzorilor este influențată și de condițiile de sudare (tabelul 5.2).

Perturbațiile	Senzor de arc	Senzor tactil
starea suprafețelor		
defecte de nivel		
prinderi cu sudură		
straturi depuse anterior		
început și sfârșit de rost		
trecerea de la un tip de rost la altul		
legatura cu utilajul		

LEGENDA  - favorabil  - puțin perturbat  - perturbat

**Tabelul 5.2. Nivelul de sensibilitate al senzorului în raport cu condițiile de sudare.**

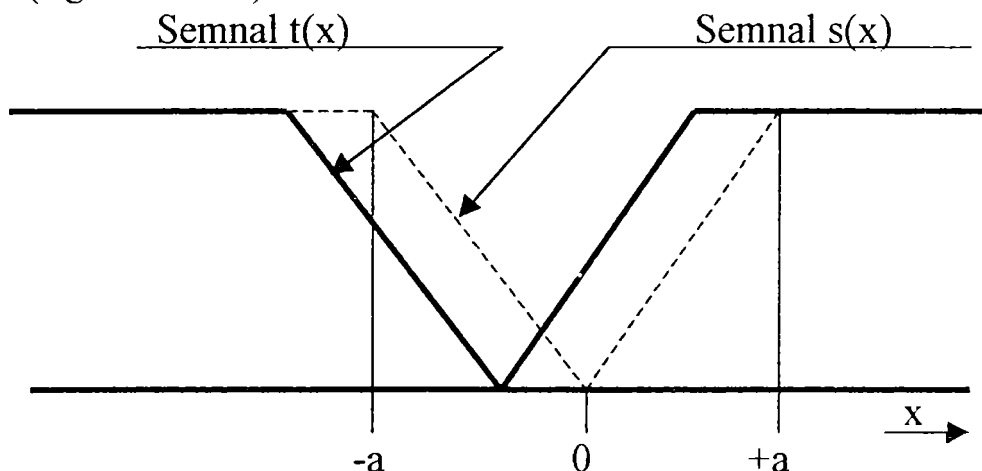
Pentru urmărirea rostului senzorul monitorizează variația curentului de sudare funcție de lungimea arcului ( $l_a$ ) și lungimea liberă a sîrmei electrod ( $l_{el}$ ) care determină distanța dintre diuză și piesă ( $D$ ).

$$D = l_a + l_{el}$$

În acest mod se determină sensivitatea curentului de sudare ( $S_e$ ) funcție de modificările distanței  $D$ , care practic trebuie să aibă valori de 3...6%.

$$S_e = \frac{dI_s}{dD} \cdot \frac{1}{I_a} \cdot 100 \quad \%$$

Pentru localizarea rostului trebuie utilizați algoritmi prin care sistemele de comandă ale roboților să poată prelua informațiile și să coordoneze deplasarea capului de sudare. Senzorul utilizat compară în permanență un semnal  $s(x)$  înregistrat în punctul de măsurare cu un semnal  $t(x)$  memorizat pentru un rost standard (figura 5.10A)



**Fig 5.10A Semnalul utilizat de senzorul de arc.**

Eroarea de aliniere se calculează cu relația:

$$E_a = \int_{-a}^0 |t(x) - s(x)| \cdot dx - \int_0^a |t(x) - s(x)| \cdot dx$$

Eroarea de lățime este dată de relația:

$$E_l = \int_{-a}^a |t(x) - s(x)| \cdot dx$$

## 5.2. CARACTERISTICILE ROSTURILOR DE SUDARE

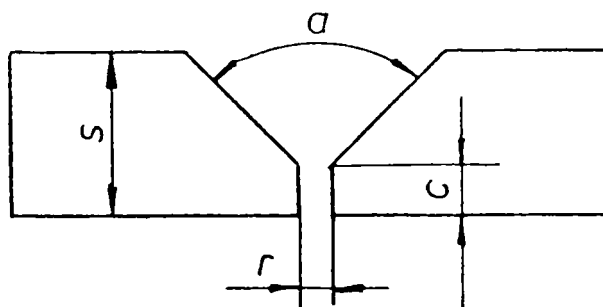
Prin rost se înțelege spațiul care se creează între marginile componentelor în vederea sudării. [ 106 ]. El este necesar pentru a facilita operațiile de sudare, pentru a asigura pătrunderea cusăturii pe toată grosimea componentelor și pentru a putea topi metalul de bază.

Pentru rostul în V ( figura 5.11. ) elementele sale sunt:

-a = unghiul rostului. Rolul său este de a facilita accesul arcului electric între componentele ce se sudează.

-r = deschiderea rostului. Rolul său este de a permite penetrarea metalului topit pe toată grosimea de sudat

-c = peretele rostului; rolul său este de a preveni arderea metalului de bază atunci când se execută prima trecere a arcului electric.



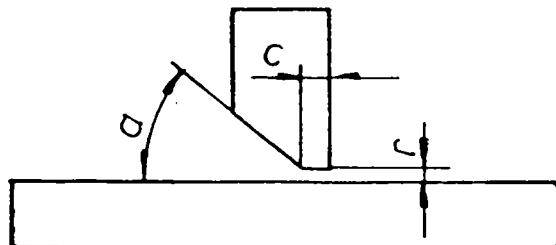
**Figura 5.11. Rostul în V și elementele sale geometrice.**

În cazul cusăturilor de colț în care piesa este prelucrată elementele rostului T ( fig.5.12.) sunt următoarele:

-a = unghiul rostului realizat între partea prelucrată a piesei și suprafața alăturată a celeilalte piese.

-r = deschiderea rostului și reprezintă distanța dintre cele două piese.

-c = peretele rostului și reprezintă partea neprelucrată a piesei.



**Figura 5.12. Elementele rostului în T**

Valorile acestor elemente ale rostului sunt foarte importante în obținerea unei îmbinări de calitate.

### 5.2.1. Forme de rosturi utilizate în construcția de vagoane.

În construcția de vagoane sunt utilizate o mulțime de forme de rosturi, acestea fiind astfel alese astfel încât la sudare pătrunderea sudurii să fie pe toată grosimea componentelor.

Analizând rosturile utilizate în construcția de vagoane acestea se pot clasifica în:

a) *cap la cap*

a1) fără prelucrarea rostului

a11) cu spațiu între piese  $< 1$  mm

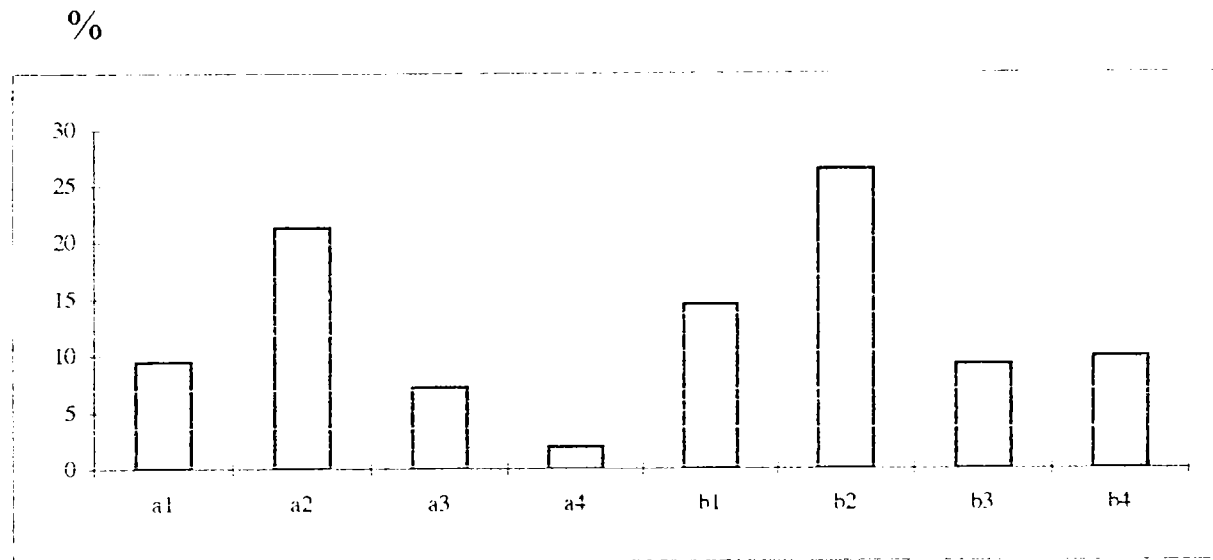
a12) cu spațiu între piese  $> 1$  mm

a2) cu prelucrare în Y



- a3) cu prelucrare în K
- a4) cu prelucrare în U
- b) *de colț*
  - b1) fără prelucrarea pieselor
  - b2) cu prelucrare în Y
  - b3) cu prelucrare în K
  - b4) prin suprapunere

Gadul de utilizare a fiecărui tip de rost este prezentată în figura 5.13.



**Fig. 5.13. Gradul de utilizare a fiecărui tip de rost.**

Caracteristicile geometrice principale ale rosturilor pot varia de la o piesă la alta datorită ansamblării pieselor. Aceste erori se remarcă în special pe înălțimea rostului (dezaxări între piese) sau pe lățimea rostului. Aceste variații ale rostului trebuie sesizate de senzori și corectată poziția capului de sudare.

Posibilitățile sensorului de arc de a urmări anumite tipuri de rosturi sunt prezentate în tabelul 5.3.

Important în analiza urmării rostului cu senzori este traseul rostului adică forma drumului pe care trebuie să-l parcurgă capul de sudare. Majoritatea rosturilor de sudare sunt rectilinii sau formate de segmente liniare racordate prin raze de racordare de diferite dimensiuni funcție de configurația piesei (de exemplu figura 5.14. a,b).

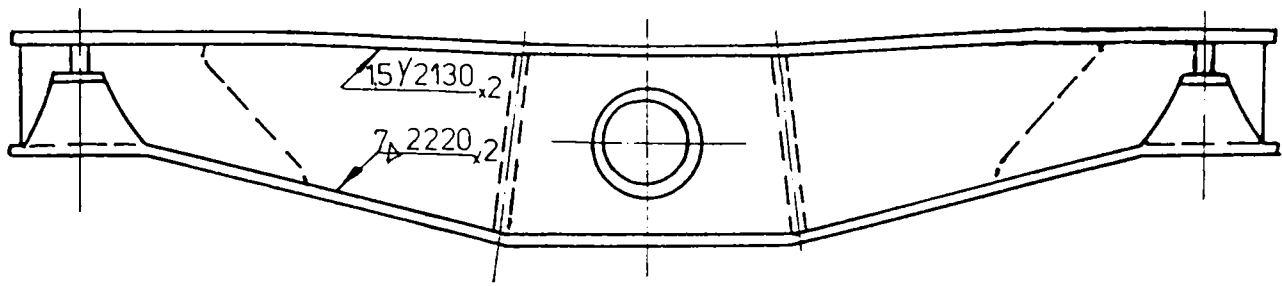
De asemenea traseul rostului la multe ansamble sudate au o formă circulară sau formată din segmente circulare (fig.5.14.c).

Din experimentări a rezultat că urmărirea unui traseu de rost cu senzori tactili și de arc ridică probleme în zonele de curbură sau inflexiuni în rest traseul rostului nepunând probleme de urmărire. Cea care influențează foarte mult urmărirea la utilizarea senzorilor de arc și tactili este secțiunea transversală a rostului. În timpul experimentărilor au fost verificate rosturile ce au putut fi urmărite fără probleme și rosturi ce au fost dificil de urmărit, existînd pericolul părăsirii rostului de către capul de sudare. În acest din urmă caz s-a căutat o formă a secțiunii transversale a rostului care deși iese din tiparele rosturilor tradiționale au condus la rezultate foarte bune atît din punct de vedere al urmării rosturilor cît și din punct de vedere al calității îmbinării sudate.

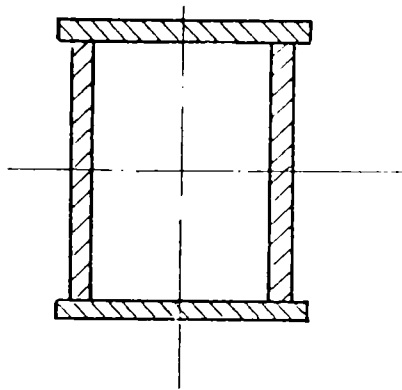
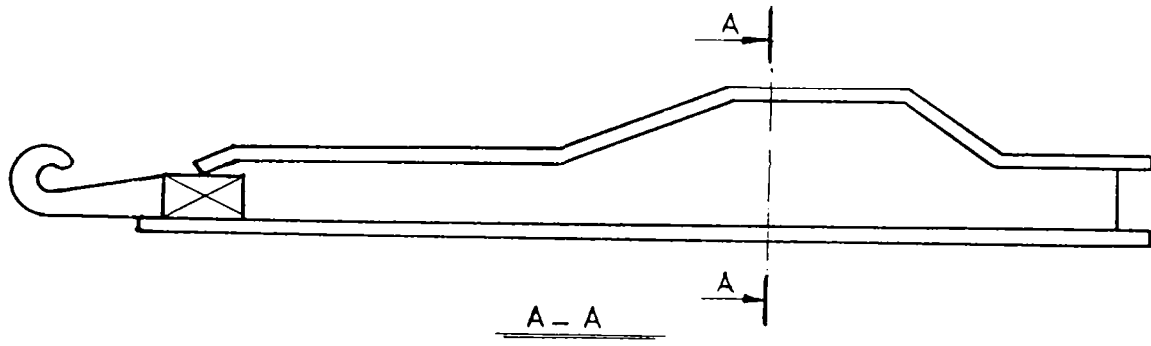
Tip de Tip de senzor	Tip de rost								
	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>
Senzor tactil	■	■	□	□	□	□	□	□	□
Senzor de arc	■	□	■	□	□	□	□	□	□

LEGENDA : □ - posibil □ - dificil ■ - imposibil

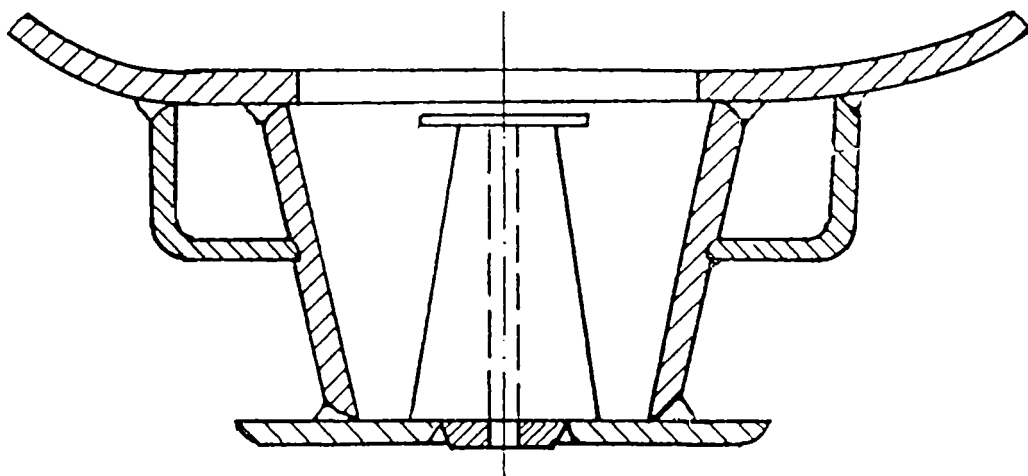
**Tabelul 5.3. Posibilitățile de urmărire a rostului cu senzori tactil și de arc.**



a)



b)



c)

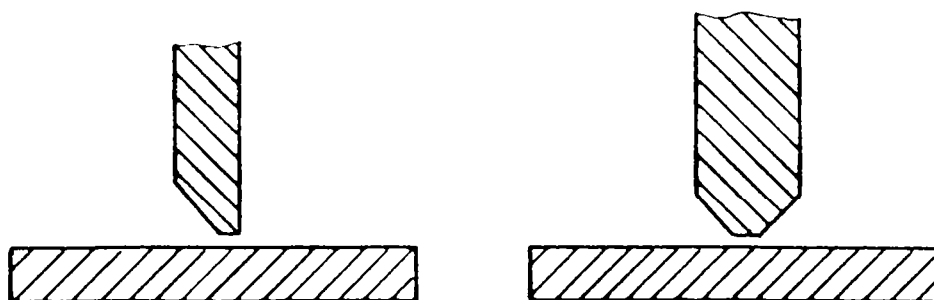
Figura 5.14. Traseu de rost pentru piese utilizate în construcția de vagoane.

În construcția de vagoane urmărirea rosturilor trebuie să se facă precis datorită claselor de calitate impuse îmbinărilor sudate de către caietele de sarcini ale produselor și normativelor naționale și internaționale. Din aceste motive s-a impus fie utilizarea rosturilor cu urmărire sigură fie găsirea altor modalități de urmărire a acestor rosturi.

Utilizarea numai a rosturilor urmăribile nu este posibilă datorită condițiilor de proiectare și formei pieselor. În construcția ansamblelor sudate pentru vagoane se pot utiliza o mulțime de forme de rost, dar ele sunt specificate fiecărei piese. Din aceste motive nu pot fi utilizate numai un număr restrâns de rosturi care să poată fi urmărite de senzori de arc sau tactili. Pentru o urmărire sigură este necesar luarea unor măsuri în cazul rosturilor care nu pot fi urmărite cu senzorul de arc cum ar fi:

- modificarea formei rosturilor.
- utilizarea altui tip de senzor.

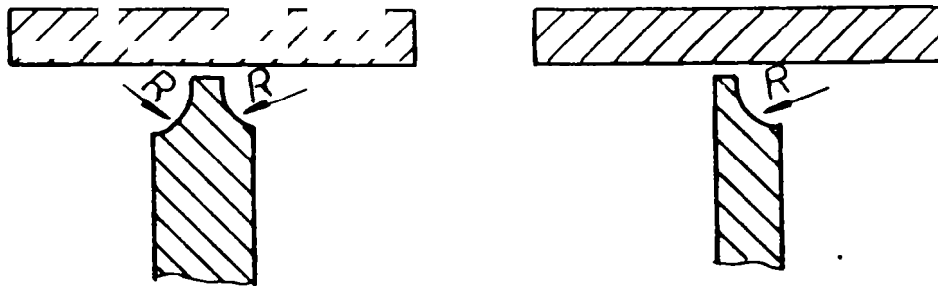
Soluția cea mai favorabilă în cazul unui rost care nu poate fi urmărit este modificarea lui într-un rost special (diferit de rosturile tradiționale). Acest lucru permite obținerea unei urmăriri bune și deci a unei îmbinări sudate de calitate. Spre exemplu pentru îmbinări de colț de tipul celor prezentate în figura 5.15. senzorul de arc nu poate urmări traseul rostului.



**Figura 5.15. Rosturi care nu sunt urmărite de senzorii de arc.**

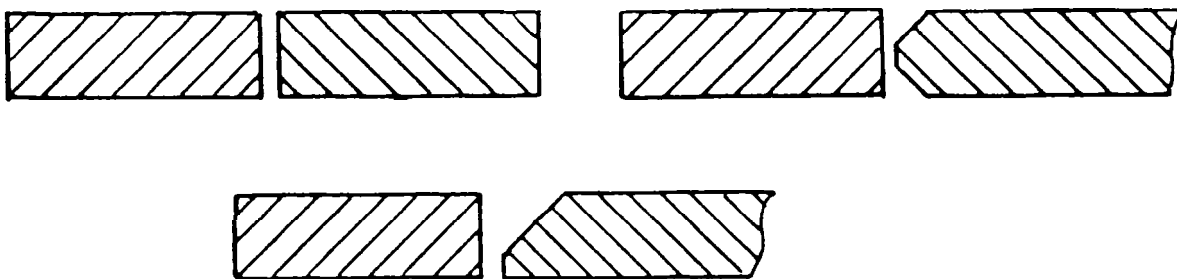
Pentru a putea fi urmărite, aceste rosturi pot fi transformate în modul prezentat în figura 5.16. Aceste rezultate au fost obținute în urma încercărilor pe

mai multe probe sudate (anexa 3) la care s-au urmărit atât modul în care este urmat traseul rostului cât și modul de realizare a unei pătrunderi corecte a sudurii.



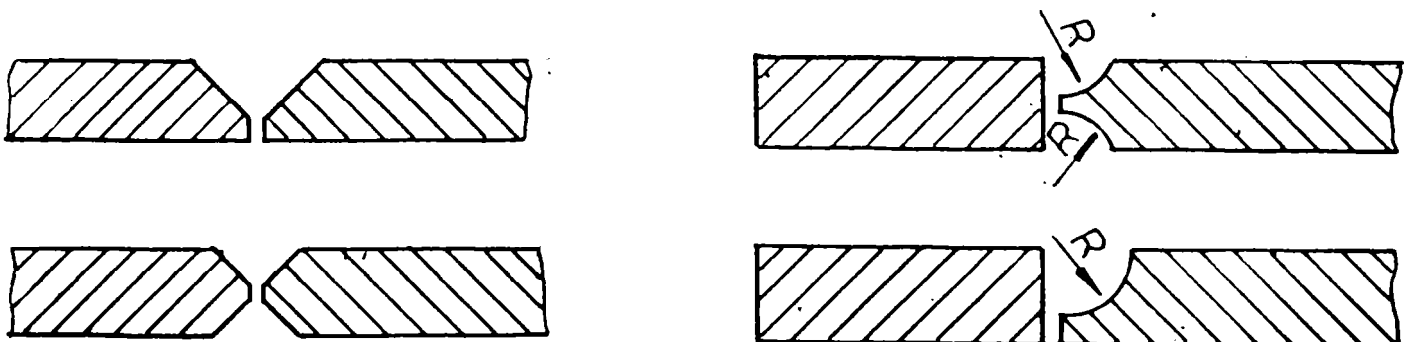
**Figura 5.16. Rosturi modificate pentru urmărire.**

În cazul sudurilor cap la cap de tipul celor prezentate în figura 5.17. senzorul de arc nu poate urmări traseul rostului.



**Figura 5.17. Rosturi cap la cap neurmăribile cu senzor de arc.**

În urma evaluării încercărilor s-a stabilit forma optimă a rosturilor pentru ca acestea să poată fi urmărite în bune condiții (fig.5.18).



**Figura 5.18. Rosturi modificate pentru urmărire cu senzor de arc.**

Toate aceste modificări de rosturi precum și condițiile de sudare sunt descrise pe larg în capitolul 6.

În cazul în care nu este posibilă modificarea formei rosturilor pentru urmărirea cu senzori de arc se poate utiliza pentru urmărirea traseului rostului senzorul tactil. Acest senzor nu percepe deformațiile pieselor în timpul procesului de sudare, și deci poate fi utilizat doar la piese cu rigiditate mare și îmbinări sudate cu pretenții mai mici.

### 5.3. Caracteristicile materialelor de adaos utilizate.

Pentru experimentări a fost utilizată sîrmă cu diametru  $D = 1,2$  mm tip S12Mn1Ni1Ti produsă de C.M. Cîmpia Turzii și sîrma tip SG2 produsă de firma Metalka Ljubiana [ 107,108 ].

Compoziția chimică a sîrmei S12Mn1SiNi1Ti și a sîrmei SG2 sunt prezentate în tabelul 5.4. iar caracteristicile mecanice obținute prin depunere utilizînd această sîrmă în mediu de gaz protector 80% Ar + 18 % CO<sub>2</sub> sunt prezentate în tabelul 5.4.

Nr. crt	Calitate sîrmă	C %	Mn %	Si %	Cr %	Ni %	Al %	P max	S max
1	S12Mn 1Ni1Ti	max 0,12	1,40- 1.70	0.60- 0.90	max 0.15	0.9- 1.2	-	0.03	0.03
2	SG2	max 0,10	1.40- 1.50	0.60- 0.90	-	-	0.002	0.025	0.025

**Tabelul 5.4. Compoziția chimică a sârmelor utilizate la experimentări.**

Nr crt	Calitate sîrmă	Rc N/mm <sup>2</sup>	Rr N/mm <sup>2</sup>	δ %	Reziliență KV-40grdC
1	S10Mn1Si1Ni1Ti	439	586	32,2	58, 60, 56
2	SG2	445	532	28,0	84, 63, 55

**Tabelul 5.5. Caracteristicile mecanice ale metalului depus cu sîrmele utilizate la experimentări.**

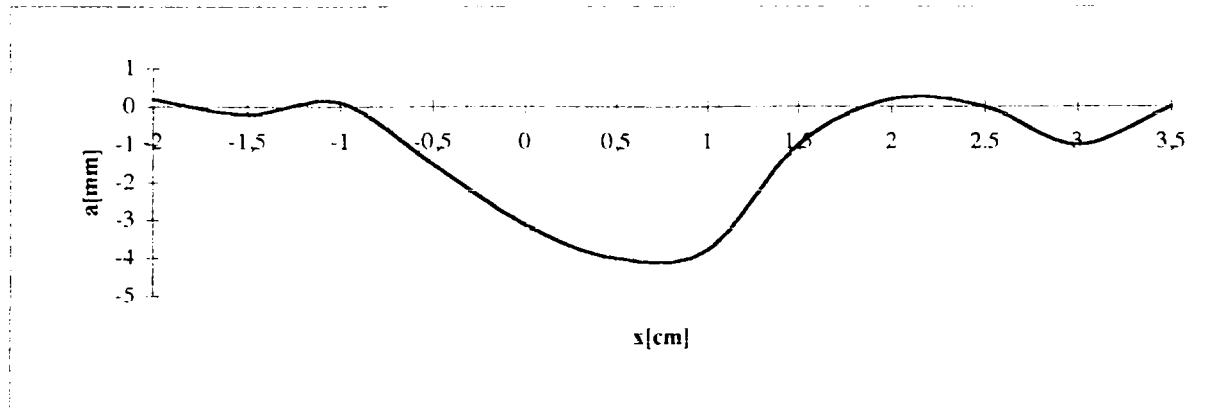
## **5.4 CERCETAREA CONDIȚIILOR URMĂRII STABILE A ROSTURILOR DE SUDARE ÎN CONSTRUCȚIA DE VAGOANE.**

### **5.4.1. Cercetări pentru conducerea capului de sudare la diferite raze de curbă.**

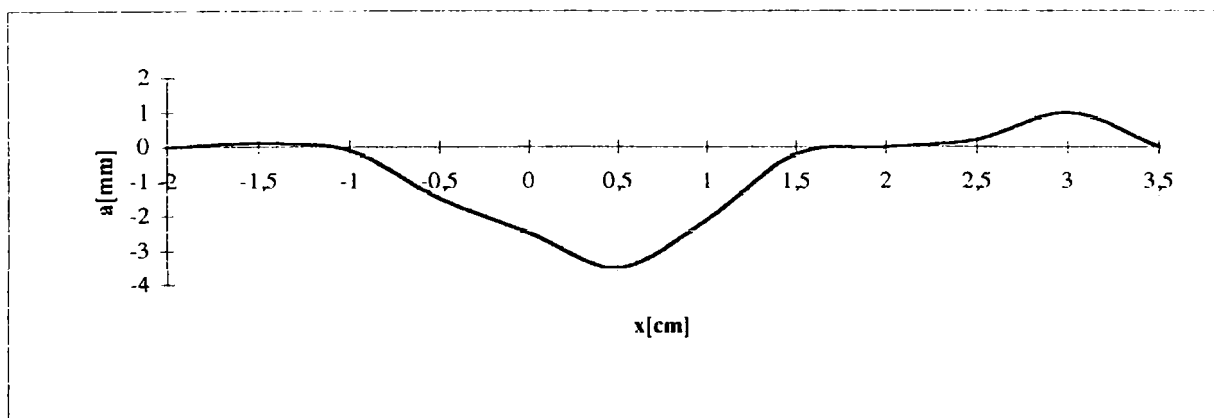
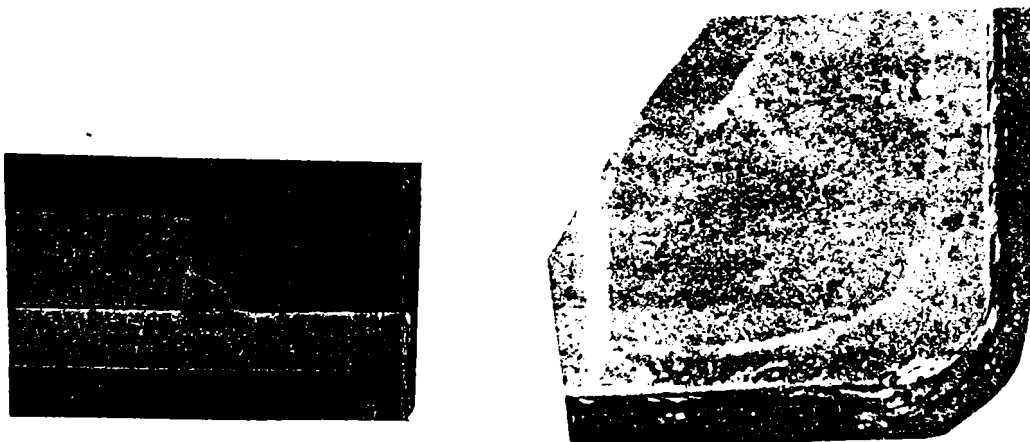
Pentru demonstrarea capacității precum și pentru aflarea limitelor de instalare a sistemului dezvoltat de conducerea capului de sudare, au fost sudate piese cu diferite raze de contur. Pe lângă îmbinările suprapuse au putut fi luate în considerare îmbinări în V cap la cap de formă curbă precum și îmbinări de colțjumătate V. Aceste piese au fost sudate în poziție orizontală respectiv în jgheab. Pentru reglarea parametrilor sistemului este necesară o capacitate de reacție cât se poate de ridicată a sistemului de conducere a capului de sudare, care necesită factori de amplificare ridicați și care se opune cu acesta direct cerinței de funcționare stabilă, fără oscilații și fără (sau cu minime) oscilații cu amplitudine depășită la colțuri și în curbe.

Ca și compromis între aceste cerințe ar fi să se tindă spre o reglare la care sistemul de conducere a capului de sudare încă nu oscilează așa numită “limită de stabilitate” [109]. Prin cercetări au fost deduse cu privire la cele mai mici raze sudabile, serii de parametri care au fost optimizate la cea mai mare capacitate de reacție posibilă a celei de-a șase axe. Pentru documentarea drumului parcurs de capul de sudare în timpul sudării, s-a prevăzut în programul PC de evaluare, memorarea pe discul fix a datelor de poziție retransmise de unitatea de comandă a robotului spre PC. Informațiile de parcurs astfel obținute sunt furnizate de traductoarele incrementale ale mecanicii robotului, după care are loc o recalculare în coordonatele carteziane de către unitatea de comandă a robotului.

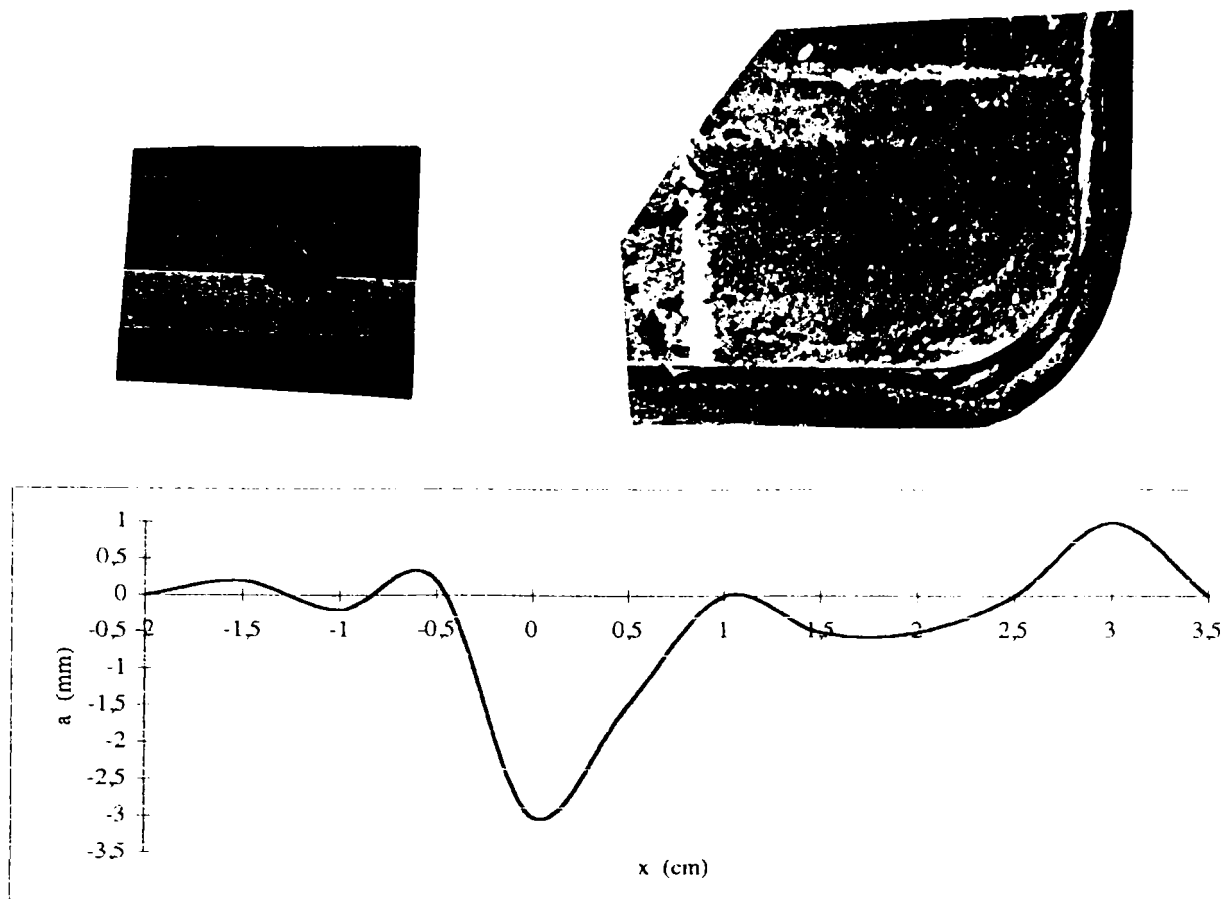




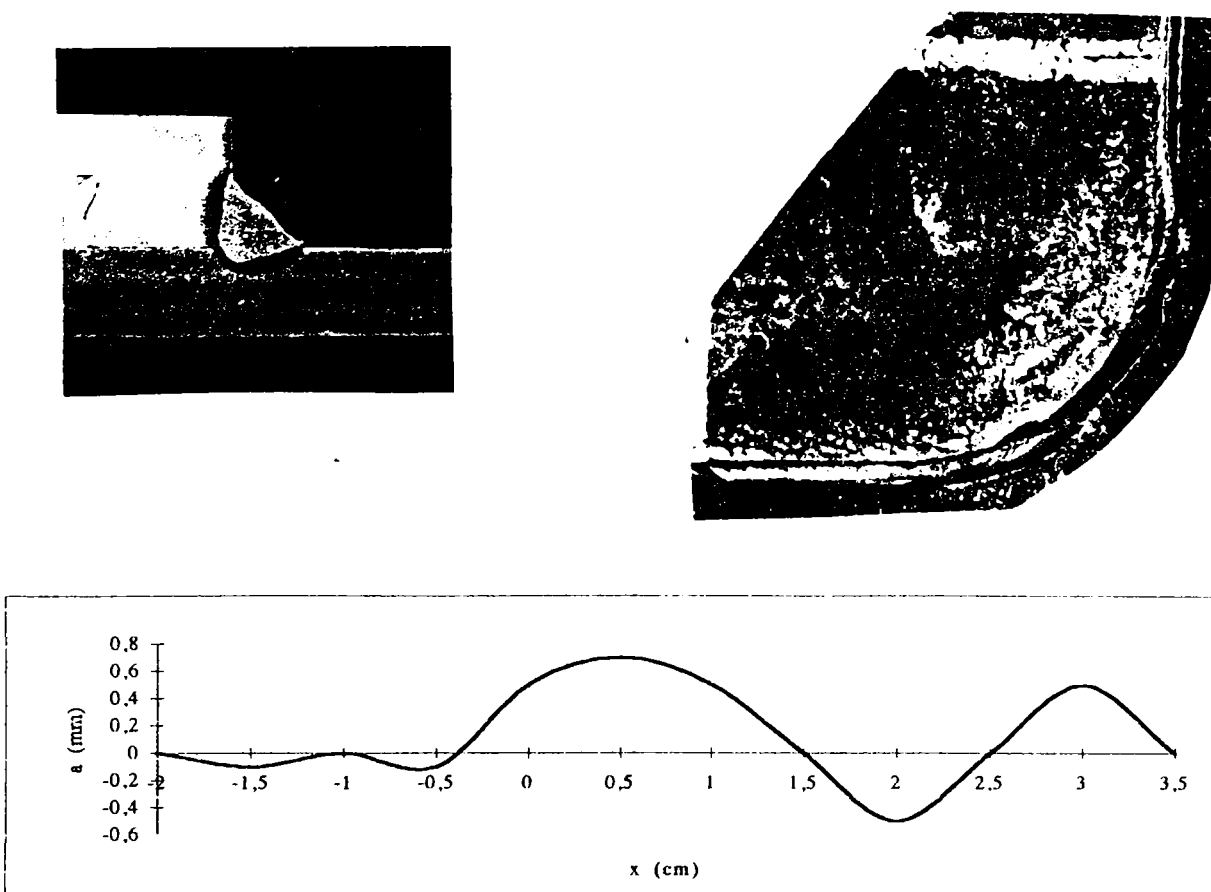
**Figura 5.19. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor tactil a îmbinărilor de colț pentru rază exterioară de 10 mm.**



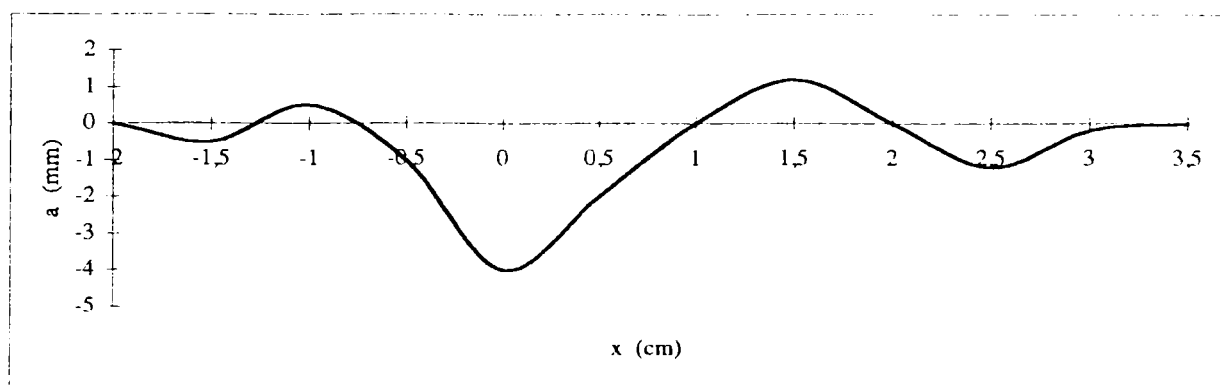
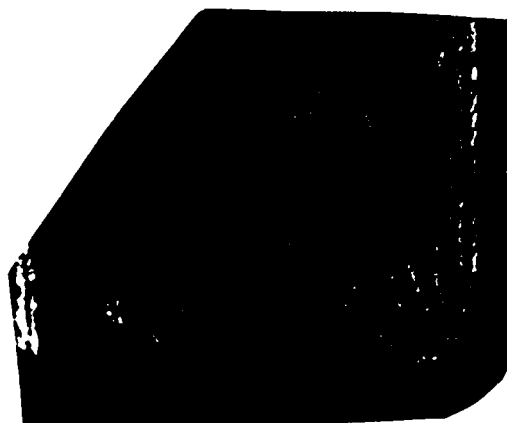
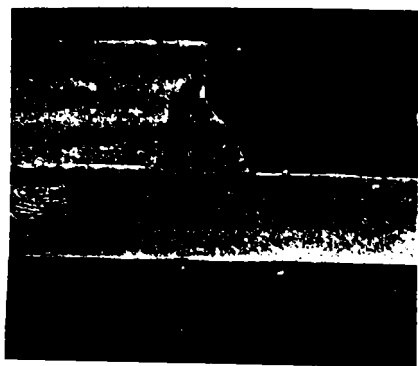
**Figura 5.20. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor tactil a îmbinărilor de colț pentru raze exterioare de 20 mm.**



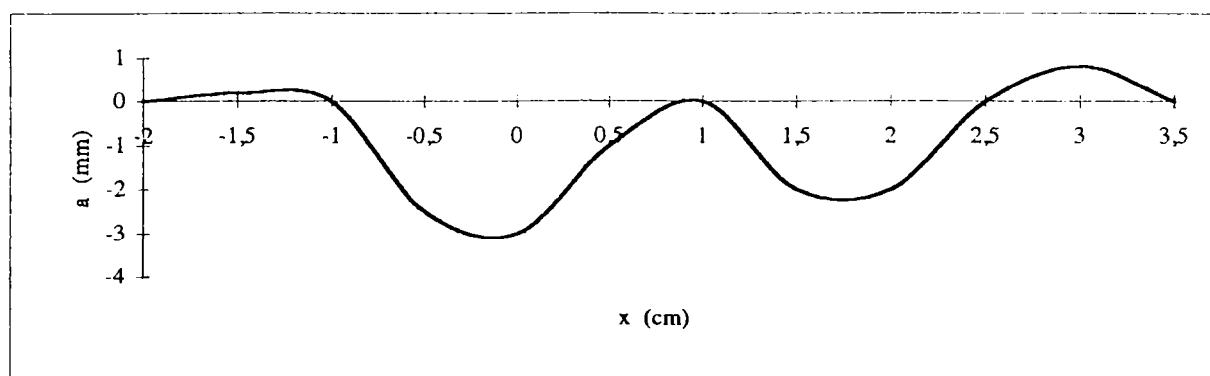
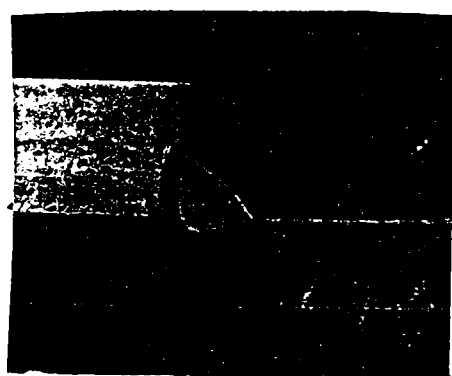
**Figura 5.21. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor tactil a îmbinărilor de colț pentru rază exterioară de 30 mm.**



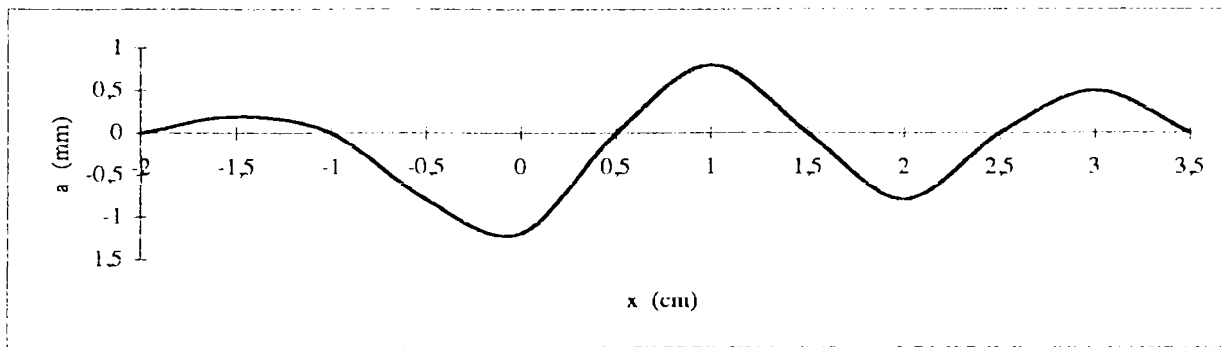
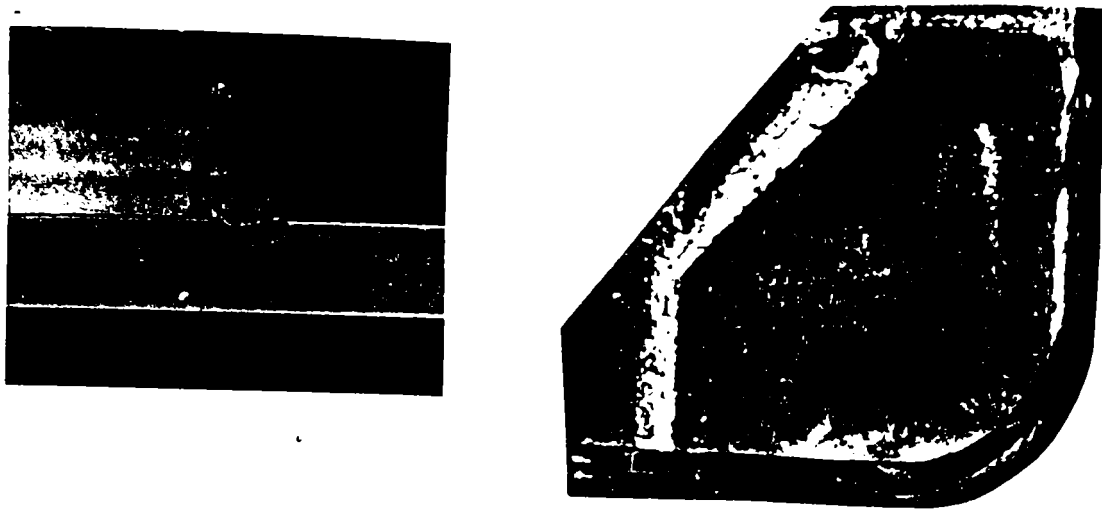
**Figura 5.22. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor tactil a îmbinărilor de colț pentru rază exterioară de 50 mm.**



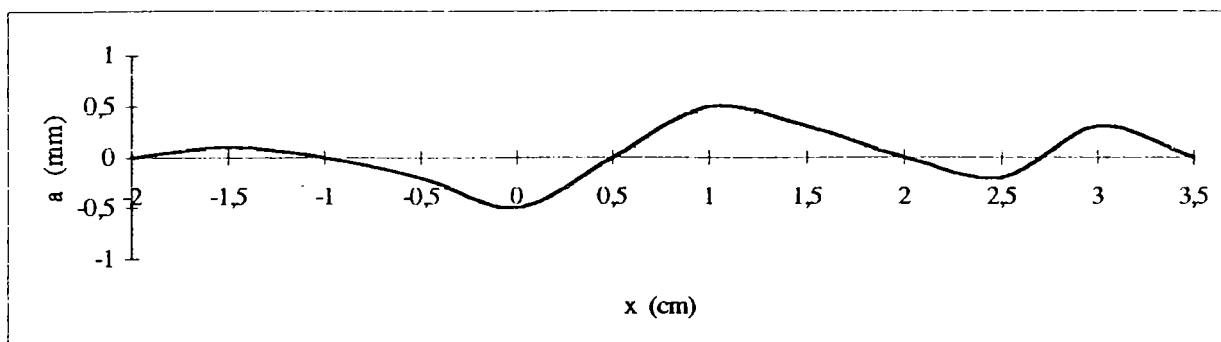
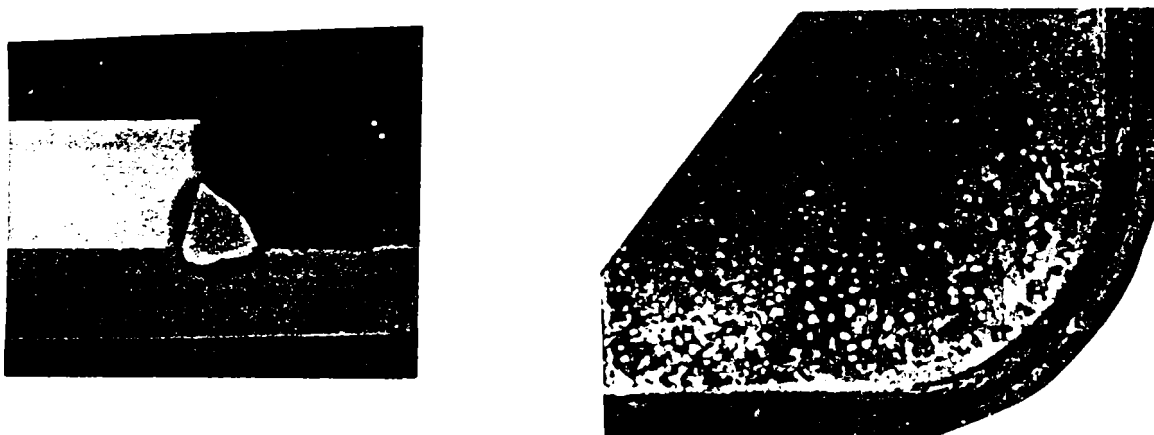
**Figura 5.23. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor de arc a îmbinărilor de colț pentru raze exterioare de 10 mm.**



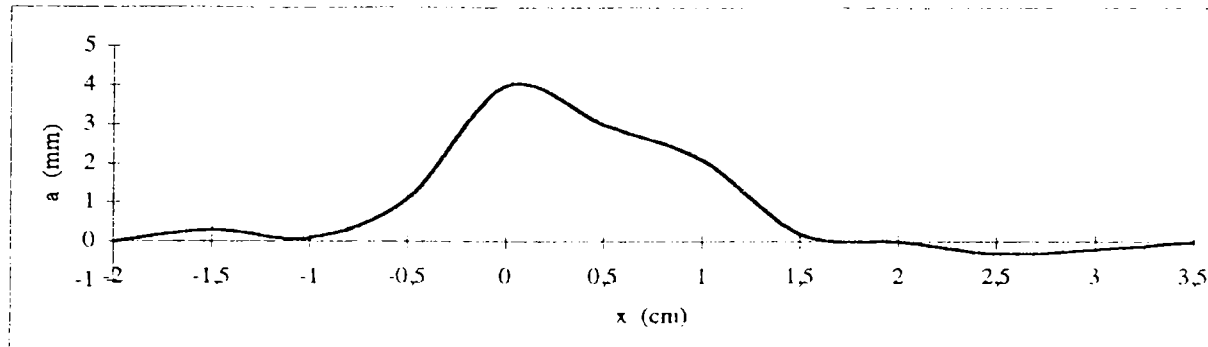
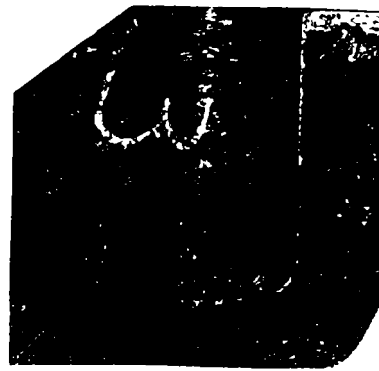
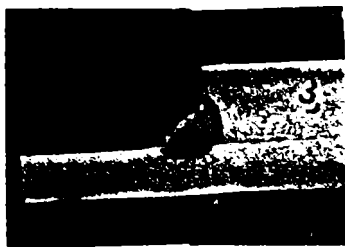
**Figura 5.24. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor de arc a îmbinărilor de colț pentru raze exterioare de 20 mm.**



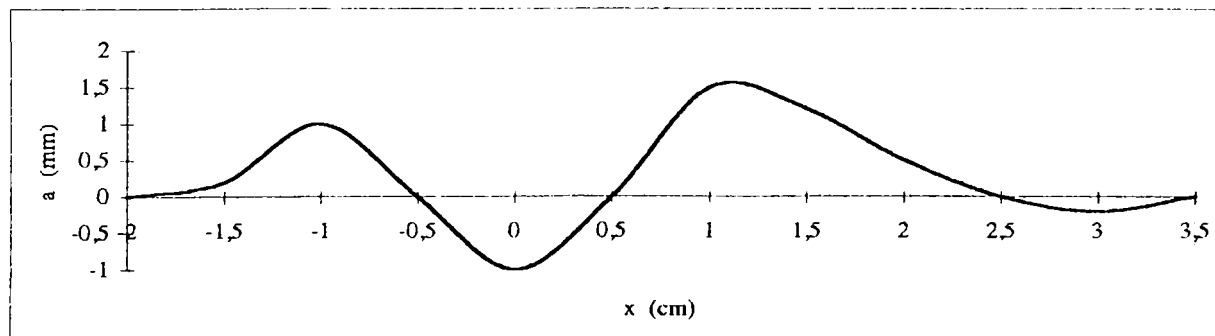
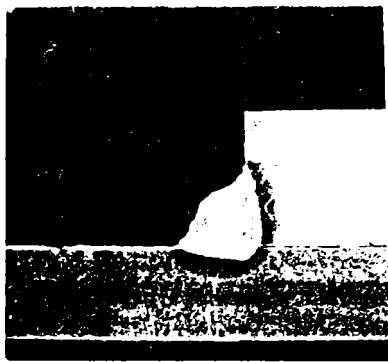
**Figura 5.25. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor de arc a îmbinărilor de colț pentru raze exterioare de 30 mm.**



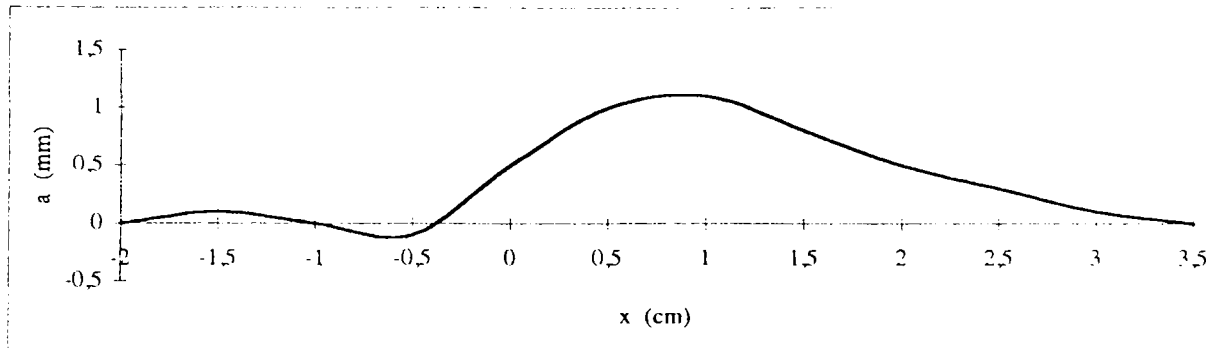
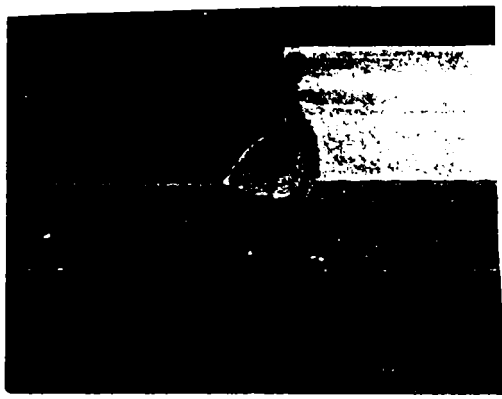
**Figura 5.26. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor de arc a îmbinărilor de colț pentru raze exterioare de 50 mm.**



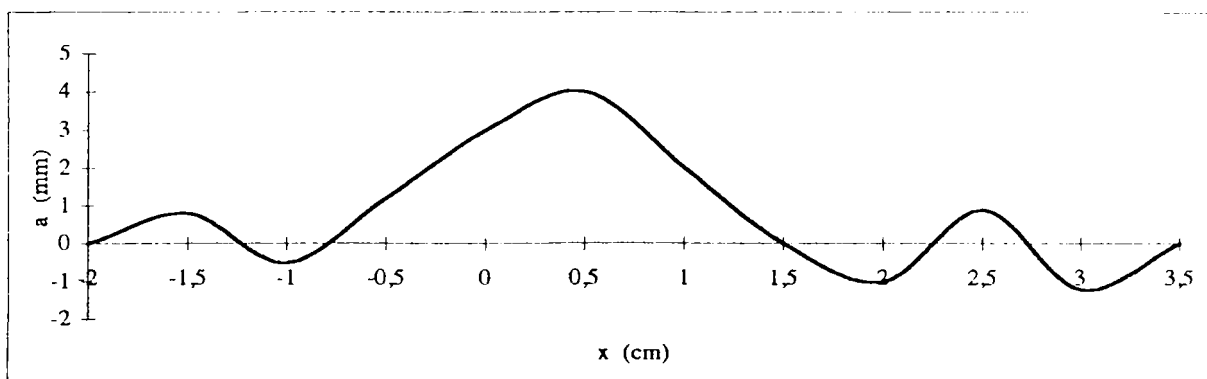
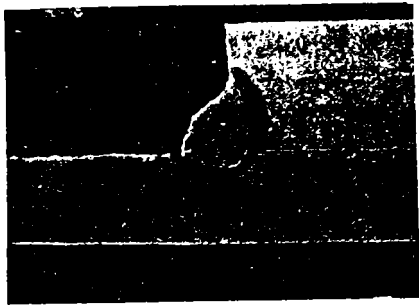
**Figura 5.27. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor de arc a îmbinărilor de colț pentru rază interioară de 10 mm.**



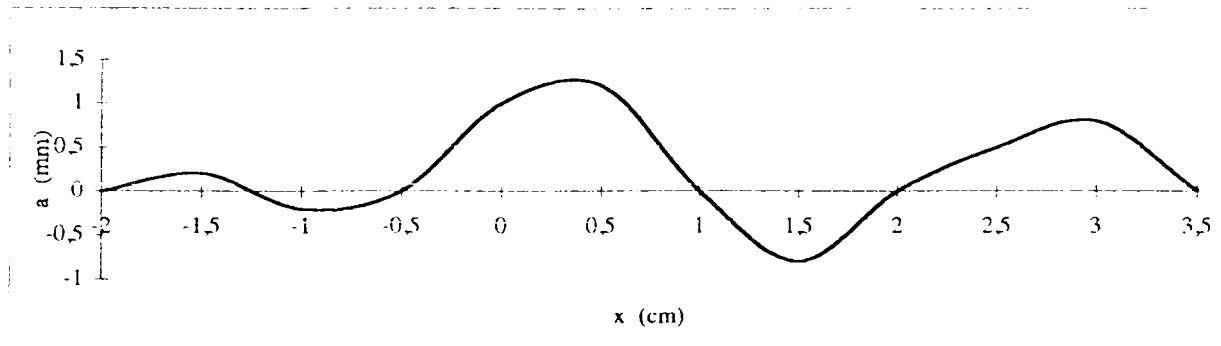
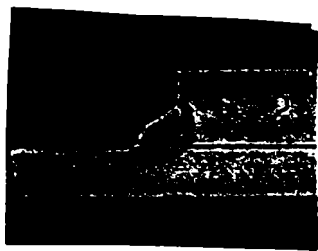
**Figura 5.28. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor tactil a îmbinărilor de colț pentru rază interioară de 30 mm.**



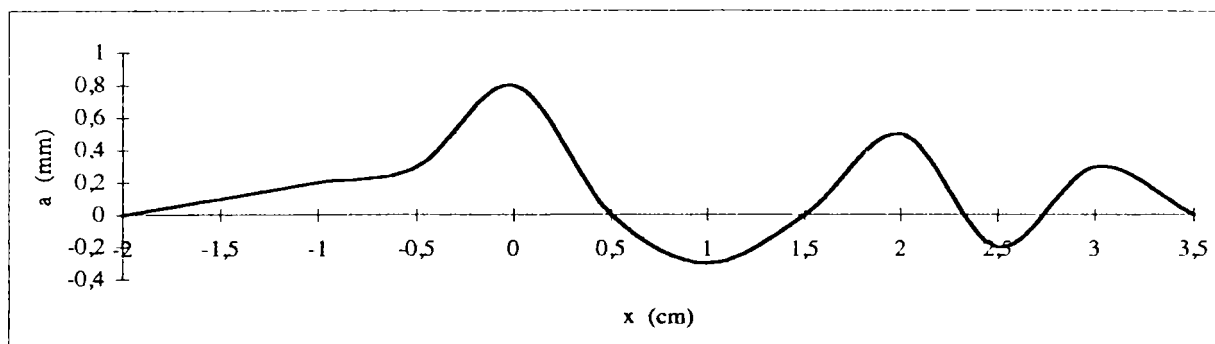
**Figura 5.29. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor tactil a îmbinărilor de colț pentru rază interioară de 50 mm.**



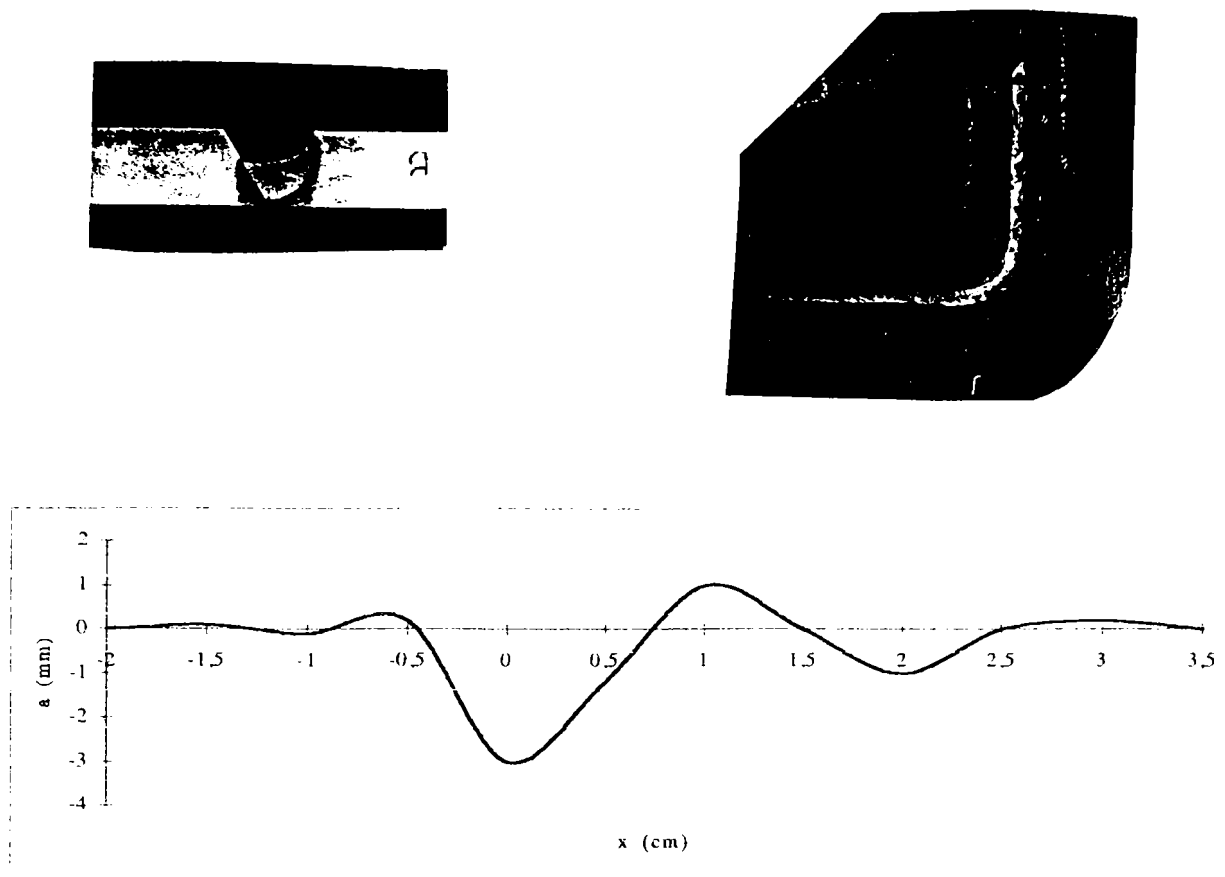
**Figura 5.30. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor tactil a îmbinărilor de colț pentru rază interioară de 10 mm.**



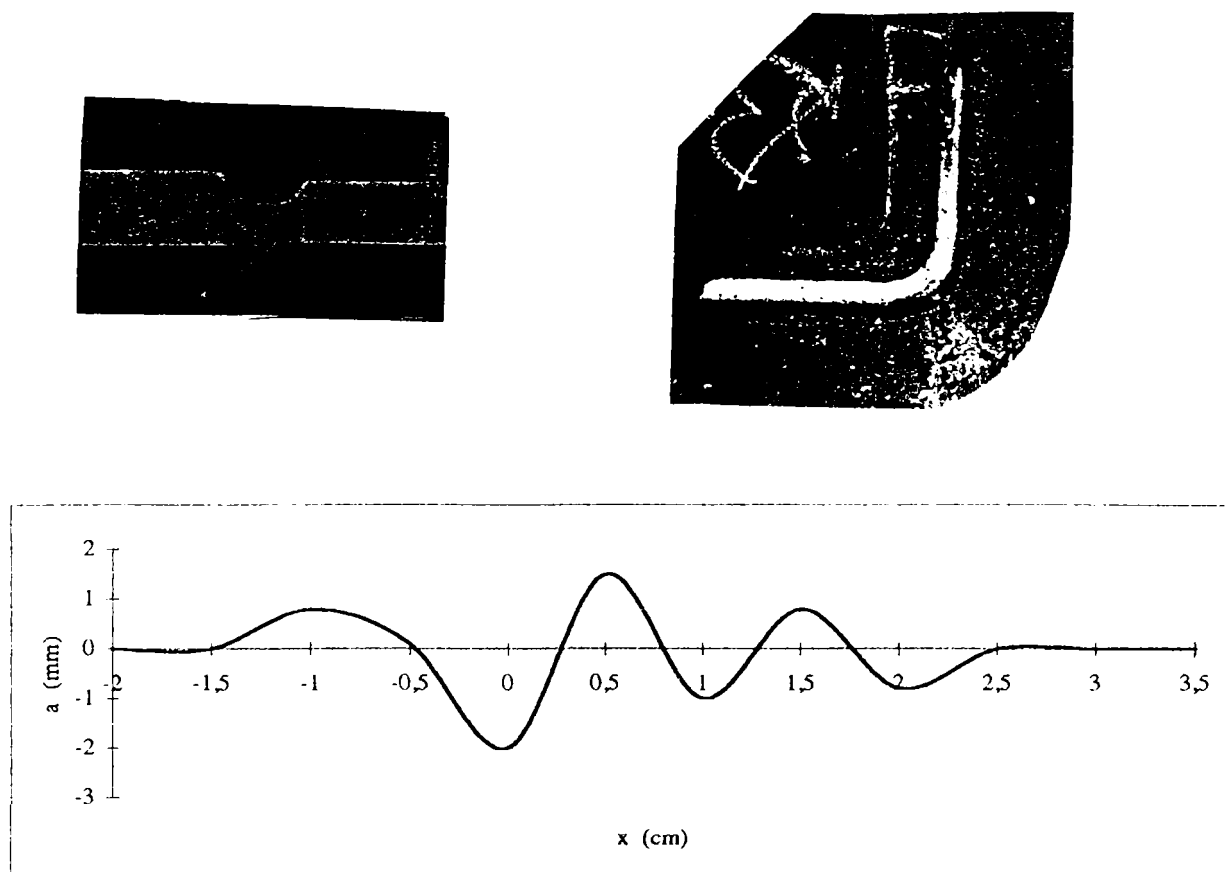
**Figura 5.31. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor de arc a îmbinărilor de colț pentru rază interioară de 30 mm.**



**Figura 5.32. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor de arc a îmbinărilor de colț pentru rază interioară de 50 mm.**

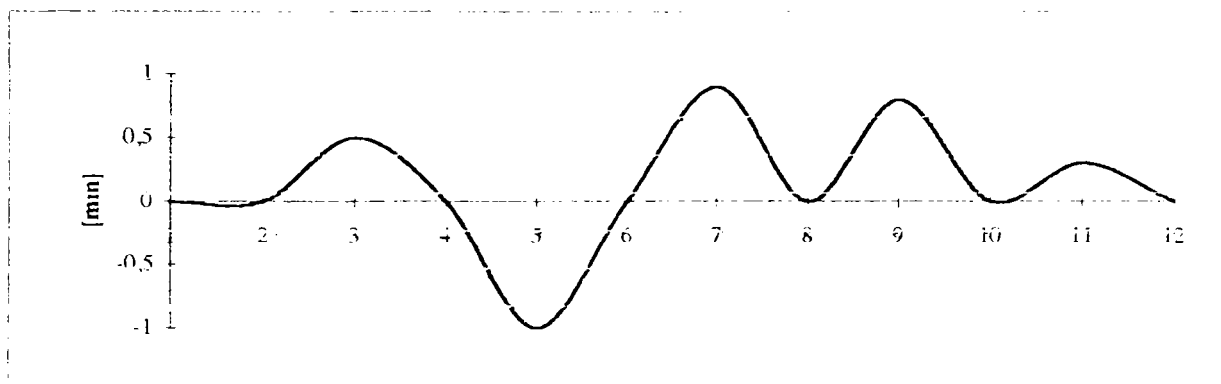


**Figura 5.33. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor de arc a îmbinărilor în V pentru rază de 10 mm.**

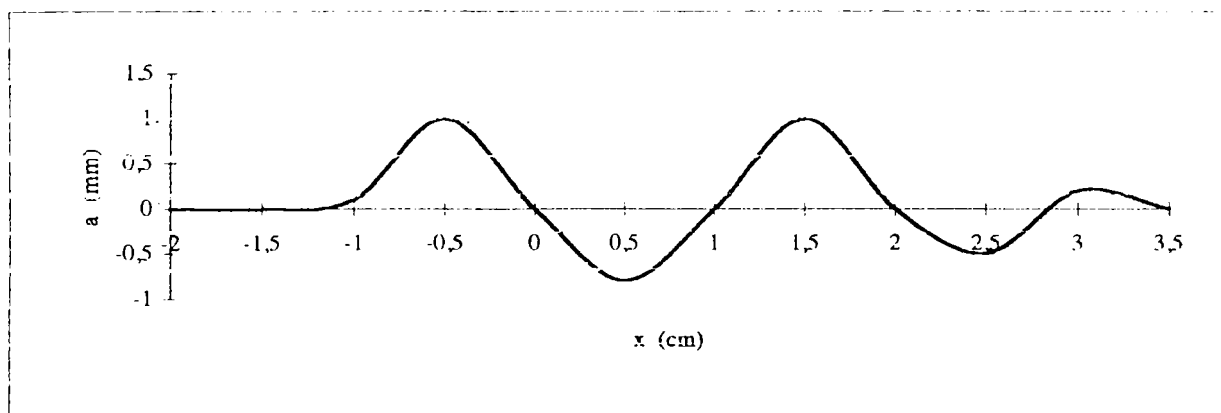


**Figura 5.34. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor tactil a îmbinărilor în V pentru rază de 10 mm.**



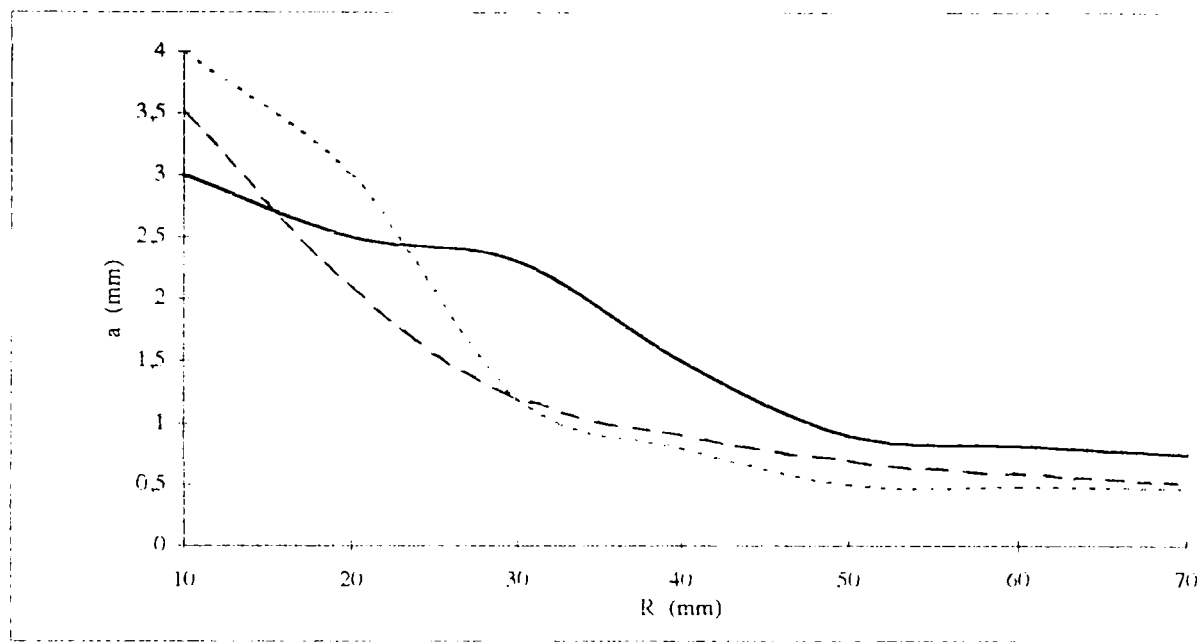


**Figura 5.35. Urmărirea rostului la sudare cu senzor de arc a îmbinărilor în V pentru rază de 50 mm.**



**Figura 5.36. Abaterea la urmărirea rostului de sudare cu senzor tactil a îmbinărilor în V pentru rază de 50 mm.**

În urma interpretării rezultatelor experimentale la sudarea cu senzori pentru diferite raze și rosturi se poate trasa abaterea capului de sudare de la traiectoria optimă în timpul sudării (figura 5.37 și figura 5.38).

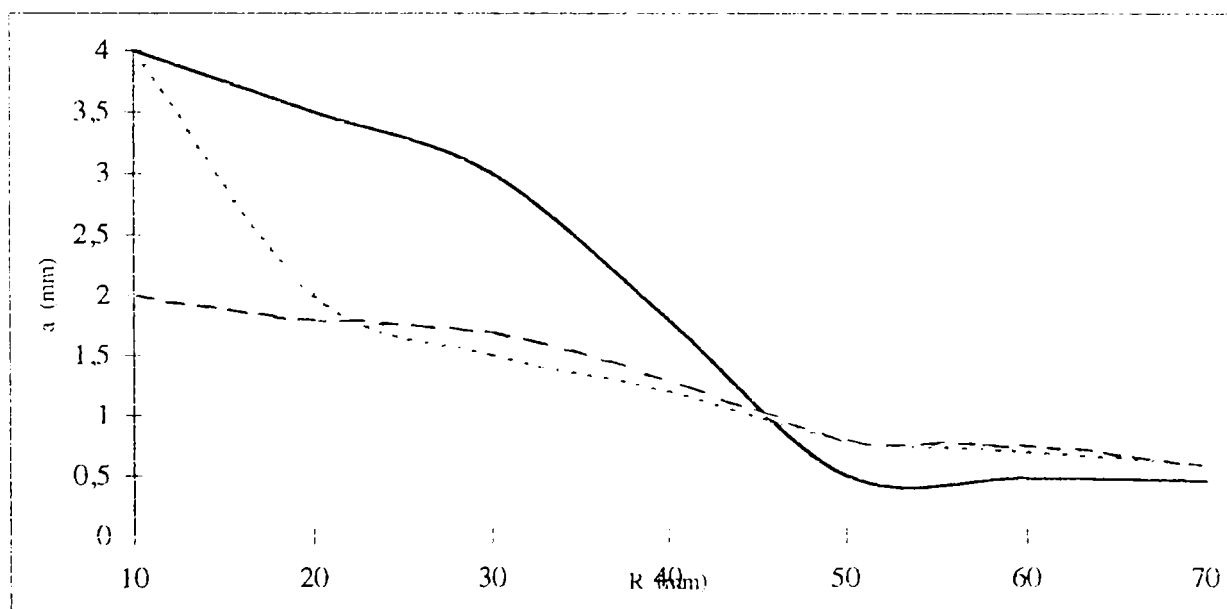


— îmbinare de colț rază exterioară.

..... îmbinare de colț raze interioare.

- - - îmbinare cap la cap.

**Fig 5.37. Erorile de urmărire față de rost la urmărire cu senzori de arc.**



— îmbinări de colț rază exterioară.

- - - - îmbinări de colț raze interioare

îmbinări cap la cap.

**Fig 5.38. Erorile de urmărire față de rost la urmărire cu senzori tactili.**

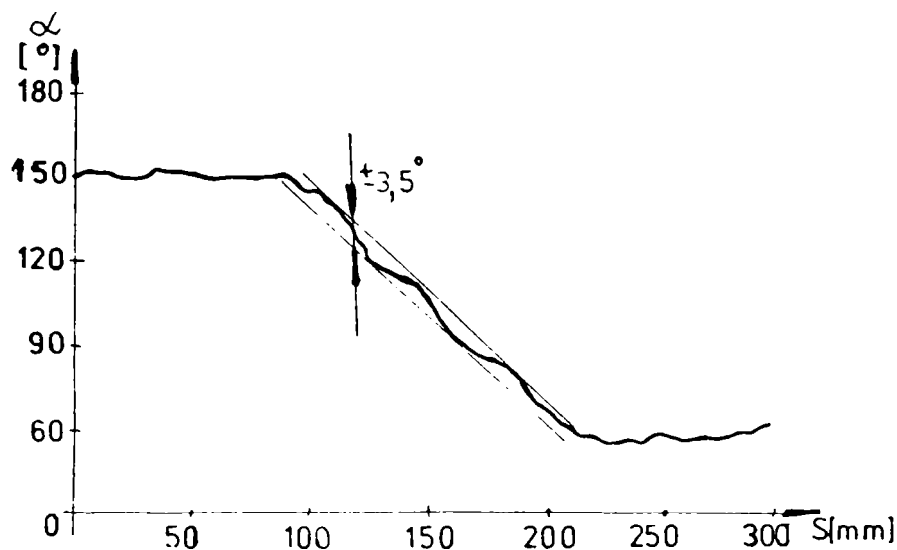
Rezultatele măsurătorilor sunt totuși supuse erorii datorită impreciziei mecanicii ca de exemplu jocul în ghidaje și a erorilor de rotunjire la recalculare, erori care în comparație cu abaterile de la traiectorie sunt relativ mici și de aceea pot fi considerate neglijabile. Ca urmare a deplasării punctului de transfer al curentului în diuza de contact, precum și a abaterilor vârfului sârmei în afara diuzei de contact datorită curbării sârmei de la punctul calculat prin mișcări necontrolate ale sârmei în afara diuzei de contact, aceste deviații nu pot fi sesizate de sistem și de aceea acestea se acceptă ca fiind neglijabile.

Figurile 5.19-5.38 prezintă traiectoria de mișcare a capului de sudare pentru diferite forme ale rostului și raze ale sale. Partea desenată redă deviația capului de sudare de la traseul optim (valoarea  $x=0$  corespunde mijlocului arcului de cerc al traseului). Pentru cursul de rost s-a acceptat valoarea medie pe acest interval. Pentru aflarea preciziei de urmărire se poate extrage abaterea maximă de la conturul prescris.

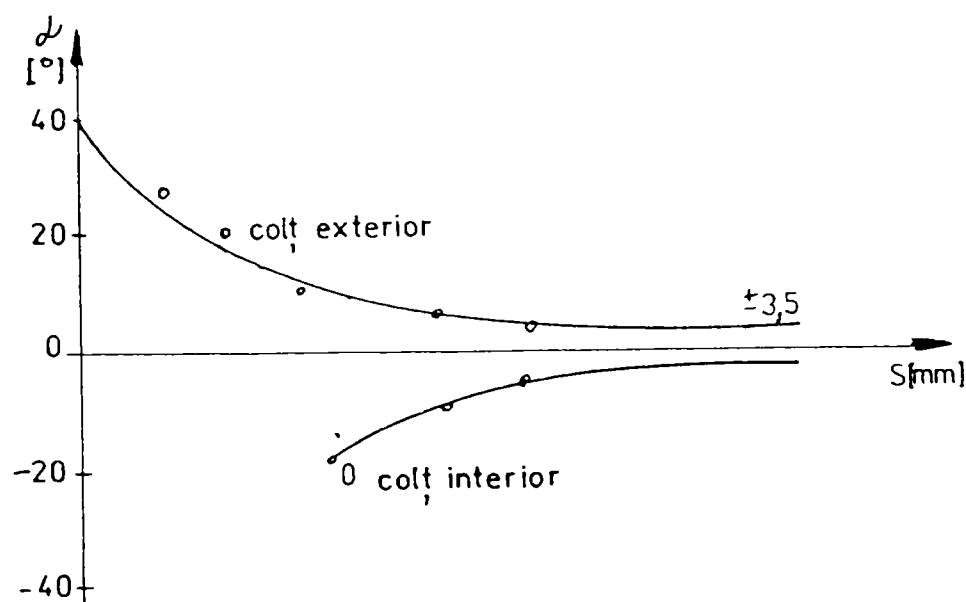
Figura 5.39 și figura 5.40 prezintă rezultatele obținute pentru poziționarea defectuoasă a capului de sudare pe direcția sa laterală precum și orientarea defectuoasă la diferite raze de contur.

Precizia de urmărire de circa  $\pm 0,5$  mm pe direcțiile orizontale și verticale ale capului de sudare și o eroare de orientare de circa  $\pm 3$  grade pentru sudarea lineară nu va mai fi respectată în cazul conturilor circulare când va apare o abatere crescătoare a valorilor mai sus menționate față de conturul prescris, odată cu scăderea razei. De aici se observă că la suduri de colț eroarea de orientare devine mai mare, adică se înregistrează orientarea aproximativă a capului de sudare, lucru ce conduce la cusături mai plate în domeniul razelor mai mici, deoarece la raze sub 10 mm nu poate fi garantată topirea flancului vertical de rost.

Încercările pentru raze exterioare au arătat că o încetare a pendulării nu este de dorit iar din cauza creșterii marginale, lipsei de pătrundere și boltirii cusăturii, se recomandă ca razele exterioare să depășească 45 mm.



**Figura 5.39** Modificarea unghiului de sudare la sudarea cu senzor de arc a unei îmbinări de colț cu rază exterioară de 50 mm cu viteza de sudare de 6,7 m/s.



**Figura 5.40** Abaterea unghiului de sudare de la poziția neutră la sudarea MIG/MAG cu senzor de arc.

La sudurile de colț interioare se produc rezultate mulțumitoare la sudarea cu raze mai mari de 30 mm. La raze mai mici, arc electric arde cu lungimea liberă a sârmei mai redusă la flancul superior, ceea ce conduce la o pătrundere incompletă în zona tablei de bază și face tot mai grea orientarea capului de

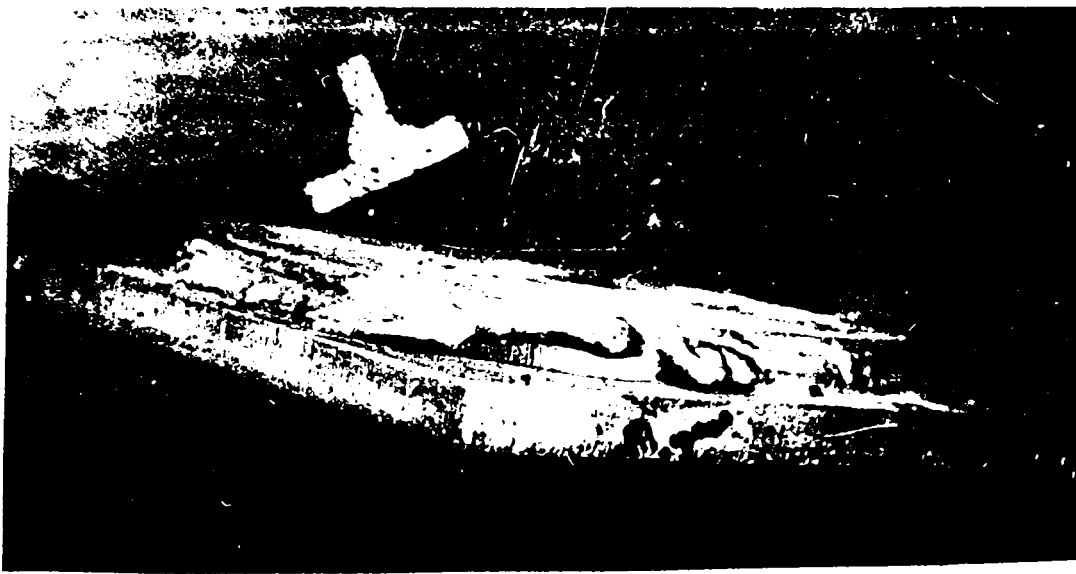
la raze mai mici. Analizând abaterea de la traiectorie la raze exterioare mai mici de 30 mm se vor observa cusături ce nu se încadrează în clasa sudurilor admise pentru structuri sudate cu pretenții.

Pentru cusături în V, cu parcurs de formă curbă, se indică o rază sudabilă minimă de cca. 30 mm. Utilizarea unor trasee de rost cu raze mai mari decât cele prezentate mai sus conduc la obținerea unor îmbinări sudate de formă și dimensiuni bune ceea ce îndreptățește introducerea sistemului de conducere a capului de sudare prin utilizarea senzorilor de arc și tactili.

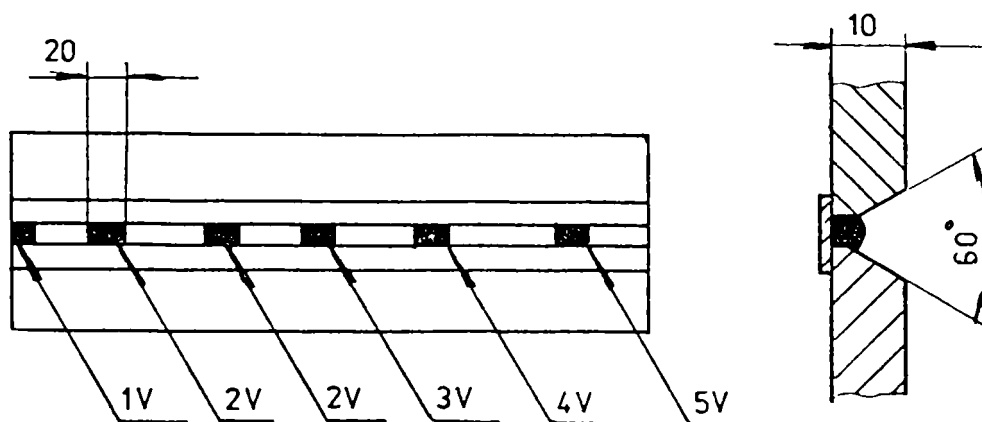
În cazul sudării unor table subțiri, suprapuse prin suduri de colț la sudarea cu senzor de arc pot apărea abateri (deplasări) ale cordonului de sudură datorită faptului că senzorul de arc în timpul sudării poate confunda axa rostului cu muchia superioară. Acest fenomen se amplifică în cazul sudării unor raze (fig. 5.41.). În aceste cazuri cordonul de sudură este deplasat nu în rost ci pe muchie, rezultând defectele de sudură până în punctul de control când se revine la traseul stabilit.

În timpul operației de sudare un rol important îl are și modul în care sunt efectuate prinderile cu sudură. Pentru a evidenția această influență au fost efectuate probe cap la cap și de colț cu diferite dimensiuni ale punctelor de prindere urmărindu-se influența acestora asupra urmării stabile a rostului (fig. 5.42 și fig. 5.43).

Dacă punctele de prindere cu sudură sunt prea mari la trecerea capului de sudare peste acestea se produc dereglări de urmărire, capul de sudare urmînd o traiectorie greșită. Dacă punctele de prindere cu sudură sunt mai mari de 3 mm se produc deplasări ale cordonului de sudură după aceste puncte de prindere (fig. 5.43.).



**Figura 5.41. Defect la sudura de colț suprapusă.**



**Figura 5.42. Pregătirea piesei pentru urmărirea influenței heftuirii la urmărirea rostului.**

Cercetările arată că este posibil să se atingă fără programarea cursului rostului la sudarea robotizată o calitate invariabilă a cusăturii dacă abaterile cursului de rost nu sunt mai mari de +/- 16 mm față de un traseu liniar sau curb. Cheltuielile pentru realizarea acestui sistem sunt relativ reduse deoarece se poate utiliza senzori de arc fără modificări asupra mecanicii robotului, fiind necesară doar realizarea posibilității de pendulare. O instalația externă de pendulare nu este strict necesară, totuși trebuie garantat că la o pendulare, direcția de pendulare să rămână nemodificată și perpendiculară pe cursul rostului. Această premiză este deja îndeplinită în unitățile moderne de comandă a robotului.



**Figura 5.43. Probă sudată pentru verificarea influenței hefturilor asupra urmării stabile.**

Avantajul sudării cu orientare adaptată de-a lungul conturilor complicate fără programarea cursului rostului poate fi utilizat doar în mod restrâns datorită limitelor de introducere descrise anterior. La vitezele ridicate de sudare, abaterile de la poziție și abaterile de orientare în domeniul razelor mici cresc.

Aceste limite de introducere se pot reduce, în esență la timpul mare de reacție a sistemului în valoare de 400 ms, care se reduce mai cu seamă la transferul serial lent și la durată mare a ciclului unității de comandă a robotului. Aceasta are ca efecte (de exemplu la o viteză de sudare de 20 cm/min) corecția unei abateri doar după un parcurs de procedura de până la 1,7 mm. Această lipsă s-ar putea remedia printr-un calculator rapid în unitatea de comandă a robotului și prin integrarea algoritmului de conducere a capului de sudare în sistemul de exploatare a robotului, astfel încât timpii de așteptare pentru transferul de date să scadă, iar viteza totală de prelucrare să crească.

### **5.4.2. Cercetarea gradului de umplere al rosturilor**

La sudarea mecanizată calitatea cusăturii sudate depinde de efectul combinat al mai multor factori de influență. Pe lângă ghidarea precisă a capului de sudare de-a

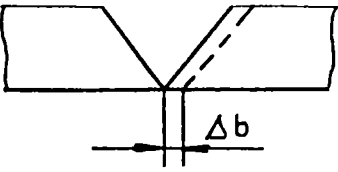
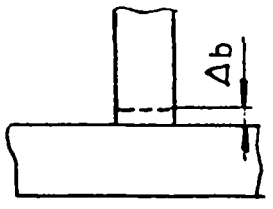
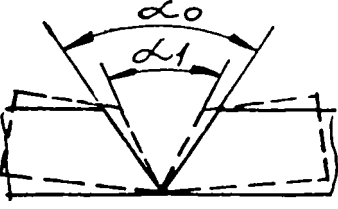
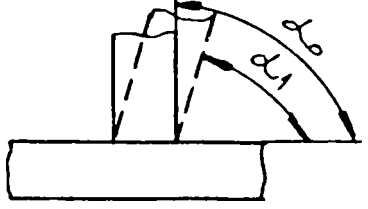
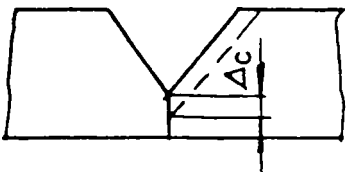
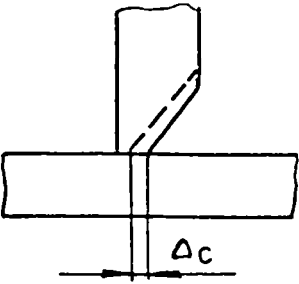
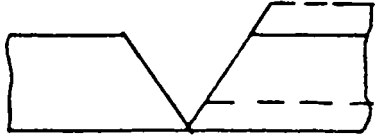
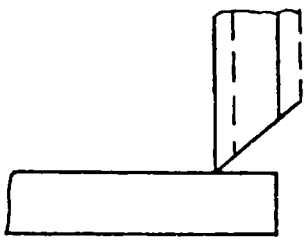
lungul rostului, supravegherii procesului și comandării procesului îi revine o importanță tot mai mare. Condiționat de adaptarea restrânsă a parametrilor de sudare, inclusiv a conducerii sârmei de sudare de-a lungul rostului în timpul sudării, atât precizia geometrică a formei și toleranța cusăturii sudate, cât și precizia de poziționare a componentelor constructive, trebuie să satisfacă calitatea cerută cusăturii sudate [110]. În practica tehnicii de sudare, îndeosebi la componente constructive mari în construcția de recipiente, în construcția de vehicule și în construcții metalice, toleranțele necesare, respectiv pregătirile stabile ale rostului, nu sunt totuși garantate întotdeauna. Figura 5.44 prezintă abaterile dimensionale ce apar frecvent în geometria rostului la îmbinările cap la cap și la îmbinările de colt.

Pe lângă variațiile dintre piese se dau toleranțe la unghiul de deschidere a rostului de sudare precum și variații ale înălțimii tablei verticale. Toleranța totală rezultă din toleranțele fiecărei componente, din toleranțele de montaj și din abaterile dimensionale care se introduc în timpul procesului de sudare prin deformație termică. Ca urmare a acestui fenomen rezultă o geometrie neuniformă a cusăturii de-a lungul rostului. Adaptarea parametrilor de sudare la starea momentană a rostului este de aceea o sarcină de primă importanță deoarece geometria rostului de sudare are influență hotărâtoare asupra calității sudurii. Premiza pentru adaptarea parametrilor de sudare la starea momentană a rostului este aflarea geometriei rostului, deci a abaterilor dimensionale descrise mai înainte. Măsurarea geometriei momentane a rostului la procese automate cu arc electric are loc în special prin utilizarea senzorilor. La ora actuală această cale este încă costisitoare și sensibilă la perturbații.

Pentru atingerea unei umpleri uniforme la arii variabile ale secțiunii rostului există în principal două posibilități de rezolvare:

- variația vitezei de sudare
- variația vitezei de avans a sârmei electrod ( intensitatea curentului de sudare )



Tip îmbinare Felul abaterii	Cap la cap	Colț
Distanța dintre piese		
Deplasarea unghiulară		
Mărimea umărului șanfrenului		
Deplasarea una față de cealaltă		

**Figura 5.44. Abaterile rosturilor la asamblare.**

Deoarece intensitatea curentului de sudare spre deosebire de viteza de sudare are influență mai mare asupra formării cusăturii, cu referire directă la adâncimea de pătrundere și la supraînălțarea cusăturii, s-a renunțat pentru reglarea gradului de umplere a rostului la o adaptare a curentului de sudare. Cercetările asupra reglării gradului de umplere cu comandă de la arcul electric la sudarea MIG/MAG au fost realizate cu adaptarea vitezei de sudare având drept scop umplerea uniformă a rostului.

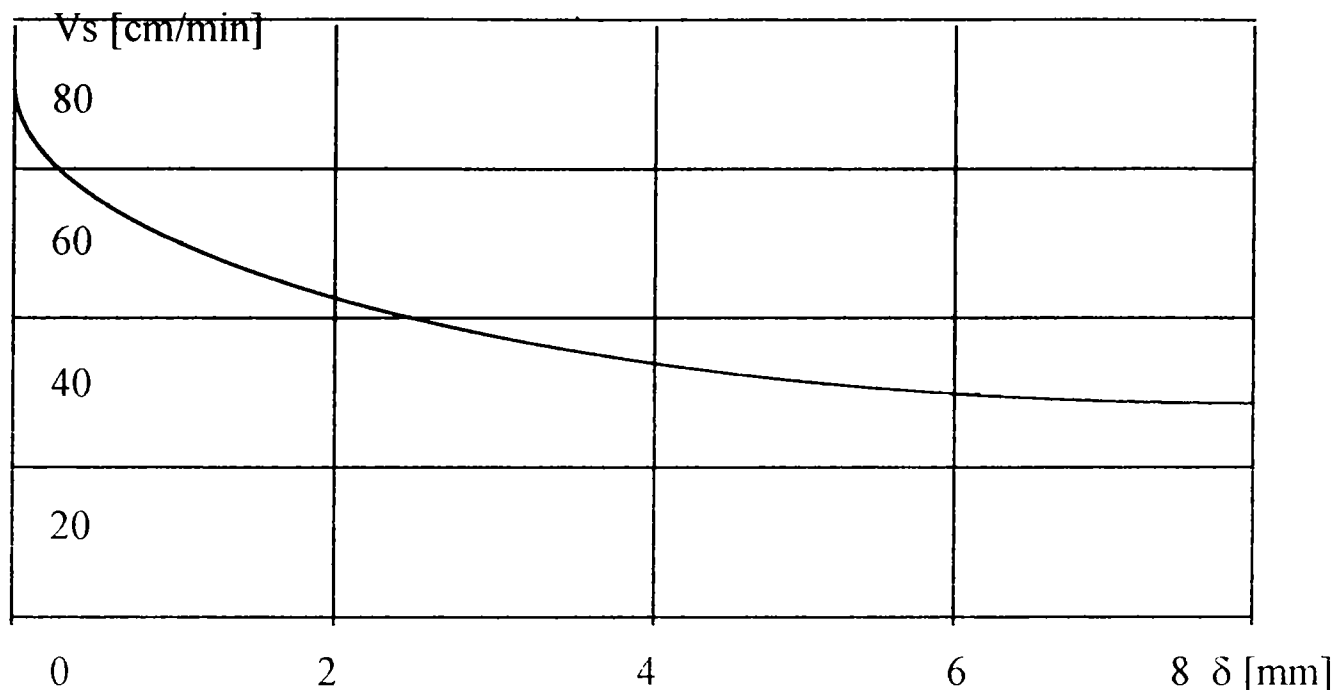
La încercările de sudare au fost sudate exclusiv table cu grosimea de 10 mm, 12 mm, 20 mm, cu pregătirea cusăturii în V, în poziție orizontală. Ca sprijin la rădăcină a servit o platbandă subțire de tablă, prinsă cu sudură. Pentru a obține

corelarea între parametrii de sudare și parametrii senzorului, au fost utilizate la început piese cu rost în V de geometrie constantă. Pentru aceasta a fost dată în prealabil o distanță fixă între piesă și capul de sudare care a rămas constantă în timpul procesului de sudare. Pentru început s-a renunțat și la o abatere laterală, astfel încât tablele au fost aranjate și fixate paralel cu direcția principală de sudare. O astfel de fixare este necesară pentru a garanta că distanța cap de sudare-piesă rămâne constantă și la deformațiile ce apar sub acțiunea căldurii. O variație a acestei distanțe ar avea efect asupra configurației semnalului, o variație ce este echivalentă cu scurtarea sau mărirea lungimii libere a sârmei electrod și ar fi interpretată în unitatea de evaluare ca o variație a distanței dintre flancurile rostului. Reglarea gradului de umplere ar lucra atunci cu premise false și nu s-ar da o funcție corectă.

Cu aceste date de încercare s-a executat o sudare pentru instalarea valorii prescrise a gradului de umplere, iar valoarea precisă a fost atâta timp adaptată până când pentru o intensitate a curentului de sudare de 300 A, o viteză de sudare  $V_s = 50 \text{ cm/min}$  a condus la o umplere completă a rostului.

Pentru evaluarea și documentarea vitezei de sudare s-au executat măsurători prin înregistrarea parametrilor de sudare precum și mărimile descrise înainte. Rezultatele măsurătorilor sunt prezentate în fig.5.45 și arată clar că viteza de sudare devine mai mică pe măsură ce distanța dintre piesă se mărește, pentru a realiza umplerea rostului.

Pentru analiza fenomenului s-au extras probe transversale din diferite zone pentru a putea face afirmații asupra umplerii reale a rostului. Prin introducerea reglării gradului de umplere cu comandă de la arcul electric, la sudarea primului strat s-a putut atinge o umplere uniformă a rostului. Pentru a putea introduce sistemul descris și la straturile superioare de umplere este necesară o amplitudine mai mare.



$$I_s = 300 \text{ A}; U_a = 22 \text{ V}; d_e = 1,2 \text{ mm}$$

**Figura 5.45. Variația vitezei funcție de secțiunea rostului**

Precizia reglării gradului de umplere comandată de la arcul electric poate fi aflată în două moduri diferite. La prima variantă se va face judecarea umplerii uniforme a secțiunii rostului prin evaluarea macrostructurii. Această metodă conduce la rezultate foarte precise. Cealaltă metodă constă în analiza datelor măsurate ( de exemplu variația vitezei de sudare), verificarea rezultatelor făcându-se pe cale matematică. Deoarece această metodă pornește de la condiții prestabilite constante ( de exemplu: distanță constantă de la capul de sudare la piesă, deschiderea uniformă a rostului, etc.) rezultatul are o mare marjă de eroare, dar totuși este mulțumitor pentru o judecată grosieră a calității sistemului.

Modificarea parametrilor de sudare sunt în funcție de timp deci nu prezintă la viteză variabilă o corespondență univocă a valorilor desemnate cu drumul deja parcurs de capul de sudare. Dacă se utilizează osciloscopie cu memorie sunt posibile operații matematice ca de exemplu teme de integrare, integrarea vitezei de sudare desemnate care redă parcursuri de sudare astfel încât poate fi făcută o afirmație asupra variației de viteză de-a lungul parcursului de sudare. Astfel rezultă o micșorare a vitezei de sudare în aceeași măsură în care se

produce lărgirea rostului, la o variație uniformă a secțiunii rostului, adică la o variație liniară a distanței dintre piese, viteza de sudare necesară pentru o înălțime constantă de umplere, se poate afla cu următoarea relație:

$$V_s = V_{dr} \frac{2A_{dr}}{A_o + YDA/L_s}$$

unde:

- $V_s$  = viteza de sudare momentană
- $V_{dr}$  = viteza de sudare corespunzătoare unei medii a secțiunii rostului
- $A_o$  = aria secțiunii rostului la începerea sudării
- $YDA$  = distanța parcursă de capul de sudare
- $L_s$  = lungimea rostului

Pentru sudarea unei table cu grosimea de 10mm pregătită în V, utilizând  $I_s = 300$  A,  $U_a = 22$  V, viteza reală de sudare în zona mediană este cu 5 cm/min mai ridicată decât valoarea aflată teoretic. Aceasta conduce la o înălțime de umplere mai mică în această zonă. O posibilă cauză poate fi micșorarea distanței de la capul de sudare la piesă determinată de deformația termică, cauzată de tensionarea insuficientă și cu aceasta de o modificare neînsemnată a parametrilor electrici ai procesului de sudare. Această imprecizie aduce cu sine o variație a înălțimii de umplere de cca. 0,5 mm. O evaluare a macrostructurii confirmă această afirmație asupra preciziei. La sudurile monostrat s-a putut respecta un interval de toleranțe de +/- 0,5mm pentru înălțimea medie de umplere.

## **CAP. 6. CERCETAREA UTILIZARII SENZORULUI DE ARC SI TACTIL LA SUDAREA UNOR ANSAMBLE DIN CONSTRUCTIA DE VAGOANE.**

Utilizarea senzorilor la sudare trebuie să conducă la urmărirea fidelă a traseului rostului dar în același timp trebuie să permită utilizarea unor regimuri de sudare ce să conducă la o geometrie corespunzătoare a îmbinării sudate. Este necesar în acest caz pe lângă găsirea optimului între calitate , urmărirea și productivitate și de a se ține seama de condițiile concrete impuse pentru îmbinarea sudată cum ar fi pătrunderea sudurii.

În urma încercărilor experimentale efectuate în multe situații deși urmărirea traseului s-a realizat în foarte bune condiții pentru un tip de rost acesta a trebuit schimbat cu un alt tip de rost chiar dacă performanțele de urmărirea sunt mai slabe. Acest lucru a necesar deoarece alegerea altui tip de rost a condus la o pătrundere a sudurii corespunzătoare, în timp ce utilizarea altui tip de rost (deși mai ușor de urmărit) a prezentat incertitudini în ceea ce privește pătrunderea sudurii.

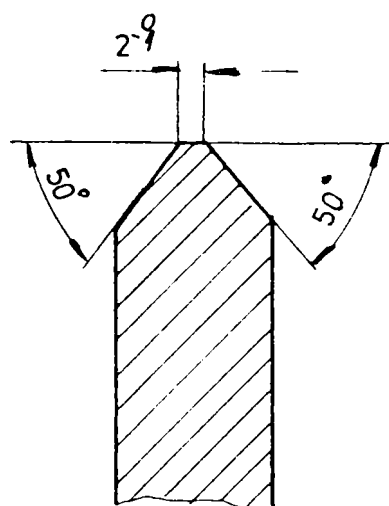
### **6.1. Lonjeron Y25**

Sudarea lonjeronului se execută într-un dispozitiv (manipulator) special conceput pentru sudarea acestuia, iar pentru urmărirea rostului s-au utilizat ambele variante de urmărirea senzorială (tactil și de arc). În cazul sudării lonjeronului rostul de sudare fiind asimetric și în 1/2V urmărirea traseului rostului este mai greoaie cu senzorul de arc.

Tehnologia de sudare inițială în conformitate cu desenele de execuție ale produsului prevedeau următoarele valori pentru:

a) pregătirea rostului

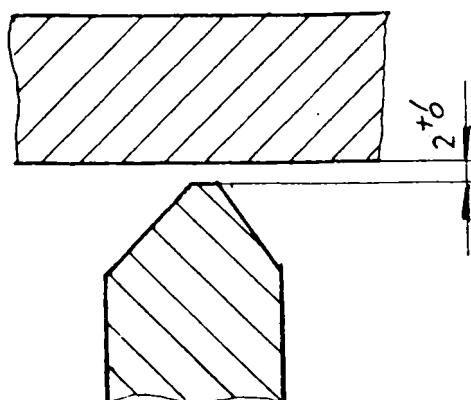
Muchiile exterioare ale inimii lonjeronului sunt prelucrate pe toată lungimea lor conform figurii 6.1:



**Figura 6.1 Șanfrenul inimii lonjeronului**

b) montarea și prinderea cu sudură

Inima lonjeronului se montează cu talpa inferioară respectiv superioară conform figurii 6.2



**Figura 6.2 Rostul utilizat la sudarea lonjeronului.**

Subansamblul se montează în dispozitivul de montare și sudare prin suduri de prindere provizorii, având lungimea de 40.....50 mm, așezate la distanța de 250...260 mm, cu următorul regim de sudare:

- Curent de sudare  $I_s = 160 \text{ A}$ .
- Tensiunea arcului  $U_a = 20-21 \text{ V}$ .

Sudarea lonjeronului începe cu cele două cordoane de rădăcină, executate semimecanizat în mediu de gaz protector, cu parametrii:

- Curent de sudare  $I_s = 200-210 \text{ A}$ .
- Tensiunea arcului  $U_a = 22-23 \text{ V}$ .
- Viteza de sudare  $V_s = 16...18 \text{ cm/min}$ .

Stratul al doilea se realizează pe celula robotizată, cu lonjeronul fixat în dispozitivul de rotire. Regimul de sudare aplicat se caracterizează prin:

- Curent de sudare  $I_s = 290-300 \text{ A}$ .
- Tensiunea arcului  $U_a = 34-35 \text{ V}$ .
- Viteza de sudare  $V_s = 22-23 \text{ cm/min}$ .

Sudurile efectuate conform acestei tehnologii prezintă în principal următoarele defecte:

-sufluri si pori. Apar sporadic grupate sau distribuite pe toată lungimea cusăturii. Factorul principal care determină apariția acestor defecte este protecția insuficientă a băii, respectiv calitatea necorespunzătoare a gazelor de protecție.

-defecte de formă. Apar sub diferite forme de manifestare în funcție de cauzele care le-au produs.

- cordon asimetric, apare datorită poziției de sudare impuse ,necompensată de o poziție potrivită a câmpului de sudare.

- cusătura cu axe decalate între treceri, apare la mijlocul lonjeronului, datorită nesuprapunerii poziției celor doua coordonate de sudură (stânga,dreapta).

- lățimea neregulată a cusăturii se datorează trecerii peste sudurile de prindere provizorie cu regimul de sudare nemodificat față de restul cordonului.

-lipsa de topire și lipsa de pătrundere apar datorită unor cauze variate, prevenirea și remanierea acestor defecte prezentând dificultățile cele mai mari. Cel mai frecvent aceste tipuri de defecte apar datorită regimurilor de sudare necorespunzătoare (curent și tensiune de sudare) și datorită abaterilor

dimensionale ale rostului (variația deschiderii și înălțimi neteșite) și fluctuației preciziei de urmărire a rostului. De asemenea aceste defecte apar și sub formă de lipsa de topire între straturi (în zona punctelor de prindere) și la rădăcina rostului.

Mai rar decât defectele de mai sus analizele metalografice scot în evidență și alte defecte: fisuri în crater, retasuri în cratere, defecte de structură în materialul de bază, etc....S-a utilizat atât urmărirea cu senzorul de arc cât și cu senzorul tactil.

Programul de experimentări pentru determinarea tehnologiei optime de urmărire și sudare a cuprins:

a) Experimentări efectuate pe probe respectiv subansamble corespunzătoare din punct de vedere dimensional și al materialelor de sudare folosite.

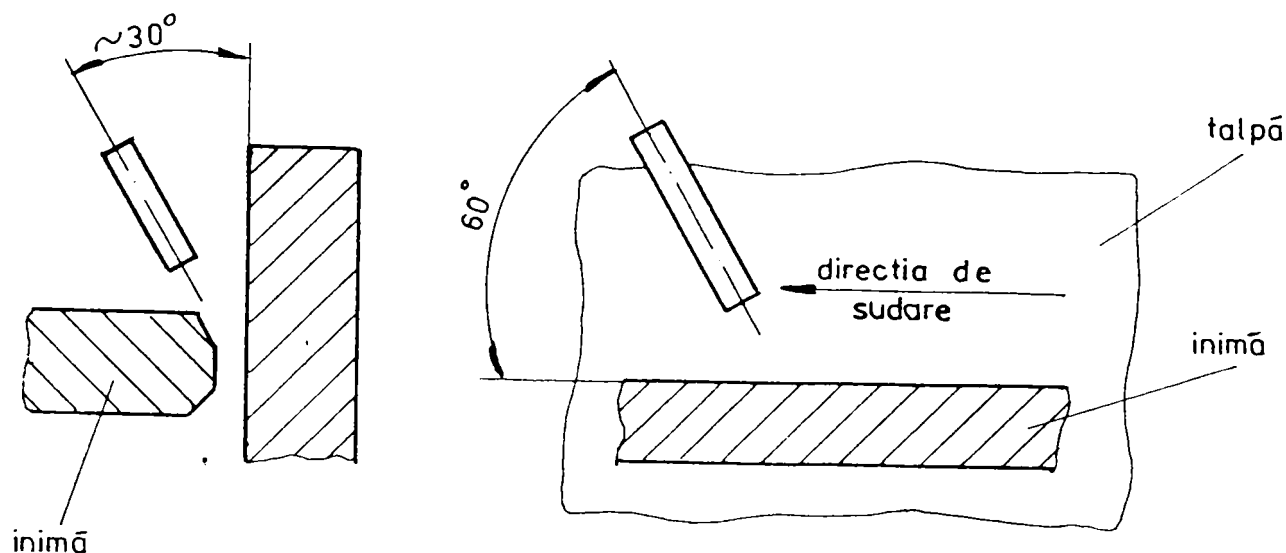
b) Primele încercări au fost efectuate cu păstrarea prelucrărilor respectiv a formei și dimensiunilor asamblărilor din tehnologia inițială, corectându-se poziționarea capului de sudare (figura 6.3) și parametrii regimului de sudare.

c) Intinerariul tehnologic și parametrii de lucru au fost următoarele:

- sudarea provizorie a lonjeronului în dispozitivul de montare sudare
- sudarea cordonului de rădăcină pe partea fără prinderi provizorii(fața I):
  - Curent de sudare  $I_s = 240 \text{ A}$ .
  - Tensiunea arcului  $U_a = 28 \text{ V}$ .
  - Viteza de sudare  $V_s = 30 \text{ cm/min}$ .
  - Pendulare  $p = 2 \text{ mm (+/- } 1,0 \text{ mm)}$ .
- sudarea cordonului de rădăcină pe fața II:
  - Curent de sudare  $I_s = 300 \text{ A}$ .
  - Tensiunea arcului  $U_a = 35 \text{ V}$ .
  - Viteza de sudare  $V_s = 27 \text{ cm/min}$ .
  - Pendulare  $p = 3 \text{ mm(+/- } 1,5 \text{ mm)}$ .
- sudarea cordonului de umplere pe fața II:
  - Curent de sudare  $I_s = 260 \text{ A}$ .
  - Tensiunea arcului  $U_a = 32 \text{ V}$ .
  - Viteza de sudare  $V_s = 27 \text{ cm/min}$ .



- Pendulare  $p = 3 \text{ mm}(+/-1,5 \text{ mm})$ .
- sudarea cordonului de umplere pe fața I:
  - Curent de sudare  $I_s = 260 \text{ A}$ .
  - Tensiunea arcului  $U_a = 32 \text{ V}$ .
  - Viteza de sudare  $V_s = 27 \text{ cm/min}$ .
  - Pendularea  $p = 3 \text{ mm}(+/-1,5 \text{ mm})$ .



**Figura 6.3 Tehnologia inițială de sudare.**

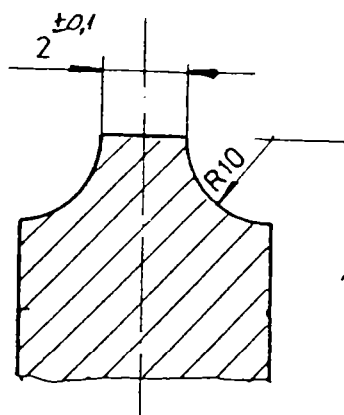
Cu toate că regimurile de sudare redată mai sus au fost determinate în baza mai multor experimentări rezultatele nu au fost convingătoare, datorită menținerii unor defecte ca: lipsa de topire și de pătrundere, străpungerea sau excesul de pătrundere.

Concluziile ce s-au desprins din inconvenientele tehnologiei aplicate și în urma încercărilor tehnologice efectuate, au fost că defectele de mai sus se datorează în primul rând formei și dimensiunilor rostului, ce nu pot fi exact urmărite cu senzori de arc și tactili respectiv faptului că nu se poate asigura asamblarea  $2x1/2Y$  cu deschiderea rostului de valoare constantă  $2(+1/-0) \text{ mm}$ . Această formă a rostului este avantajoasă în cazul sudării manuale, pentru asigurarea pătrunderii la curenți de sudare relativ mici, eventualele abateri ale deschiderii fiind acoperite prin oscilarea locală a pistolului de către sudor.

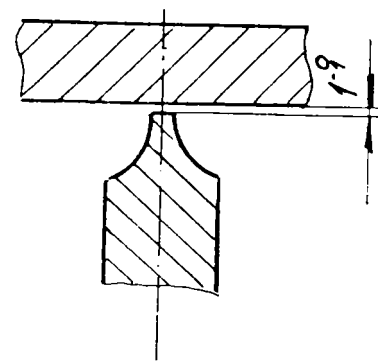
În cazul sudării robotizate, abaterile geometrice ale rostului conduc mult mai ușor la străpungeri sau nepătrunderi. De aceea s-a căutat eliminarea deschiderii rostului, prin strângerea tablelor una peste alta și găsirea unei forme a secțiunii rostului ușor de urmărit cu senzori.

Pentru asigurarea rostului cu deschidere zero, s-a propus efecuirea unor suduri de probă cu un rost nestandardizat,  $2 \times 1/2U$ , cu prelucrarea marginilor inimii lonjeronului conform figurii 6.4.

Pentru această formă de prelucrare s-a urmărit asigurarea unei grosimi constante a muchiei neteșite (figura 6.5.)



**Figura 6.4 Șanfrenarea inimii lonjeronului**



**Figura 6.5 Rostul pentru sudarea lonjeronului**

Încercările efectuate pe probe și subansamble sudate, au condus la următorul regim optim de sudare, efectuate cu robotul OTC:

a) stratul de rădăcină a cusăturii pe partea opusă prinderii provizorii:

- Curent de sudare  $I_s = 240-260A$ .
- Tensiunea arcului  $U_a = 28-30 V$ .
- Viteza de sudare  $V_s = 27 \text{ cm/min}$ .
- Pendulare  $p = 2 \text{ mm } (+/- 1,0 \text{ mm})$ .

b) stratul de rădăcină pe partea prinderilor provizorii:

- Curent de sudare  $I_s = 280 -300A$ .
- Tensiunea arcului  $U_a = 38 -40V$ .
- Viteza de sudare  $V_s = 27 \text{ cm/m}$ .

- Pendulare  $p = 2 \text{ mm } (+/-1,0 \text{ mm})$ .

c) sudarea de completare (pe ambele fețe):

- Curent de sudare  $I_s = 240-260 \text{ A}$ .

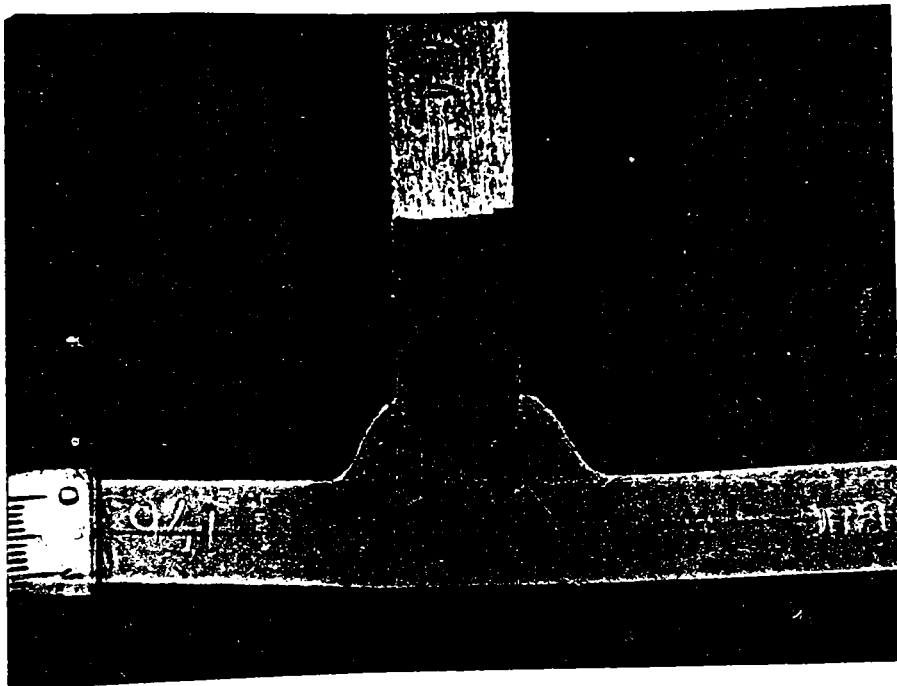
-Tensiunea arcului  $U_a = 28-32 \text{ V}$ .

- Viteza de sudare  $V_s = 27 \text{ cm/min}$ .

- Pendulare  $p = 3 \text{ mm } (+/-1,5 \text{ mm})$ .

Urmărirea cu senzorul de arc a fost stabilă putându-se realiza suduri de bună calitate utilizându-se și numai senzorul tactil.

Supuse verificărilor prescrise în laborator probele și subansamblele realizate conform tehnologiei de mai sus, au corespuns controlului aspectual



**Figura 6.6 Secțiunea cusăturii lonjeronului**

(figura 6.6), metalografic, US și Rx astfel încât s-au putut elabora instrucțiuni tehnologice pentru sudarea lonjeronului boghiului Y25, pe celula flexibilă robotizată.

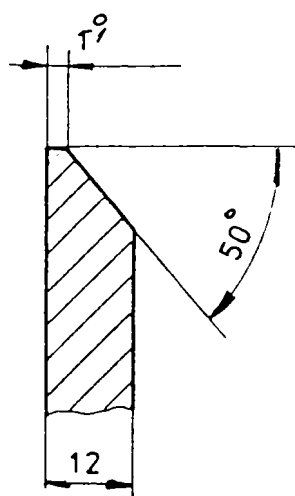
## 6.2. Traversa crapodina a boghiului Y25

Sudarea se face utilizând un dispozitiv construit special pentru sudarea acestei piese. Acest dispozitiv este prins în manipulatorul robotului. Pentru urmărirea rostului la sudare s-a utilizat senzorul tactil, deformațiile piesei fiind mici și neinfluențând în mare măsură rezultatul sudării. De asemenea pentru reducerea deformațiilor s-a utilizat o ordine de sudare stabilită în urma încercărilor.

Tehnologia de sudare comportă următoarele etape:

a) pregătirea rostului.

Muchiile exterioare ale inimii traversei crapodinei sunt prelucrate doar în partea superioară în modul prezentat în figura 6.7.



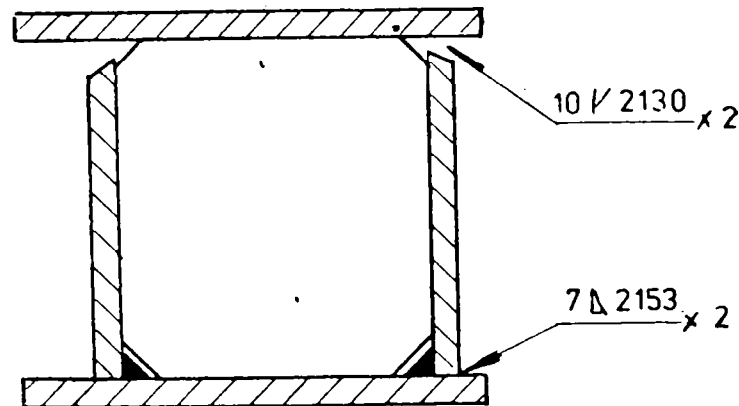
**Figura 6.7. Modul de șanfrenare a inimii traversei crapodinei.**

b) montarea și prinderea cu sudură

Într-un dispozitiv de montare se assemblează și se prind cu sudură următoarele:

- 1 buc. talpă inferioară
- 2 buc. inimi laterale
- 2 buc. nervuri interioare

După realizarea sudurilor interioare (robotizat) se montează 1 bucată talpă superioară și se prinde cu sudură. După asamblare și sudare interioară secțiunea traversei crapodinei boghiu Y25 arată ca în figura 6.8.



**Figura 6.8** Secțiunea transversală prin traversa crapodinei boghiu Y25.

Prinderile cu sudură (hefturile) se execută semimecanizat în mediu de gaz protector.

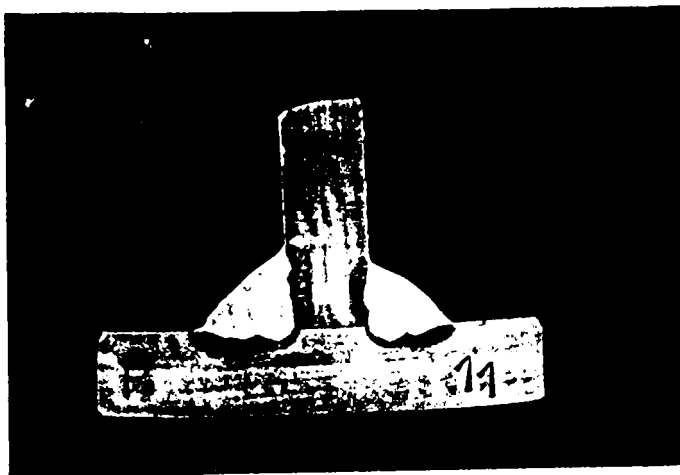
c) sudarea.

În vederea sudării s-au încercat ambele variante de urmărire (senzor de arc și senzor tactil) în vederea obținerii variantei optime de sudare atât în ceea ce privește urmărirea cât și calitatea îmbinării.

Pentru îmbinarea 7D urmărirea cu senzor de arc a dat rezultate bune, acest tip de urmărire putând fi utilizat la sudarea ansamblului (vezi figura 6.9).

Regimul optim de sudare este:

- curentul de sudare  $I_s = 240 \text{ A.}$
- tensiunea arcului  $U_a = 24...27 \text{ V.}$
- viteza de sudare  $V_s = 24 \text{ cm/min.}$
- amplitudinea pendulării  $p = +/-2 \text{ mm.}$



**Figura 6.9 Îmbinarea dintre inimă și talpa inferioară.**

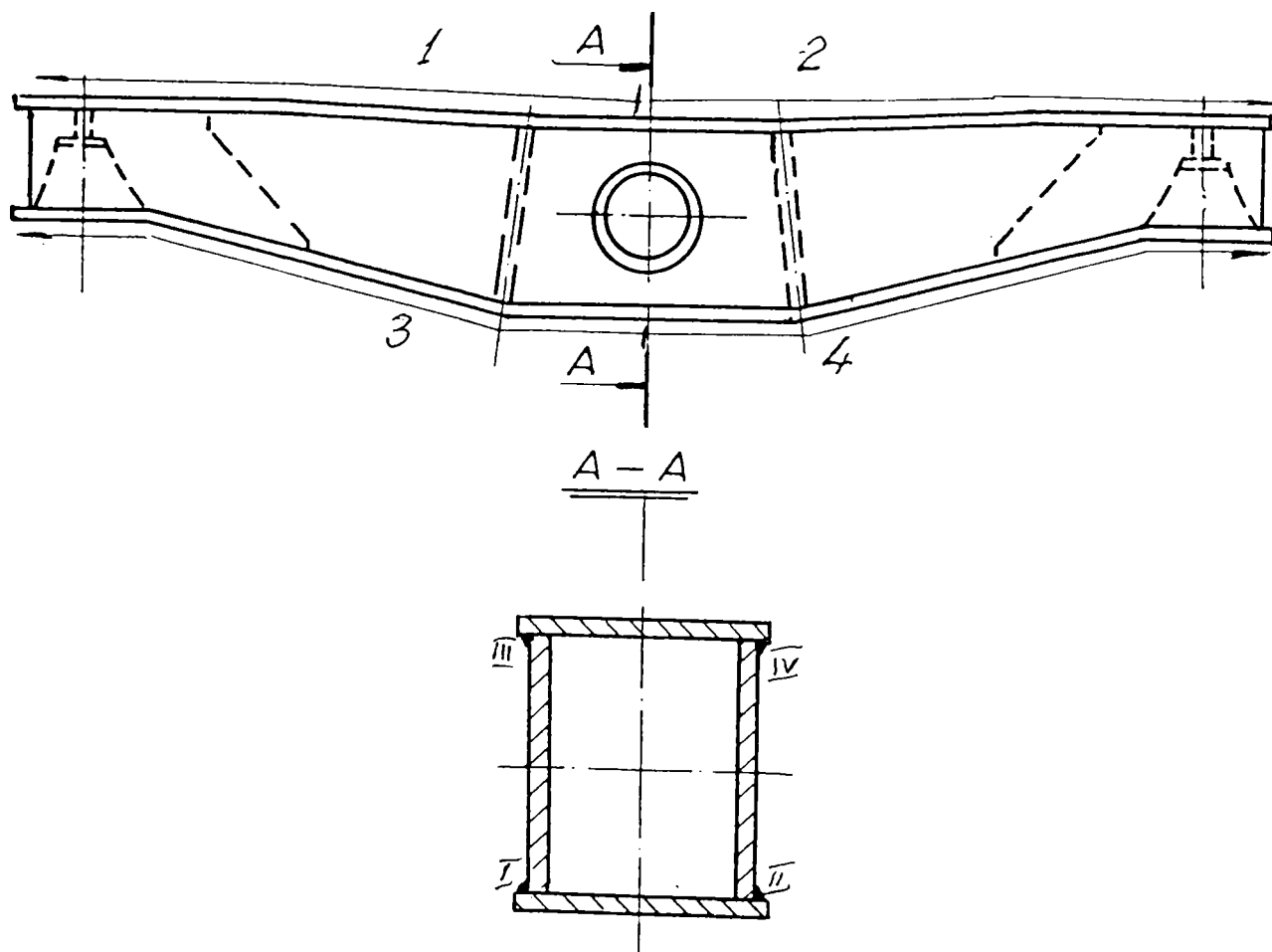
La sudarea tălpii superioare cu inimile (10|/)se necesită realizarea unei îmbinări sudate în clasa B de calitate conform UIC 897/13.0, ceea ce implică o pătrundere completă a sudurii. În urma încercărilor nu s-a reușit obținerea acestui lucru pe piese datorită erorilor inerente de asamblare și execuție a pieselor. Au existat zone unde sudura era nepătrunsă respectiv zone de străpungeri. Pentru a se evita acest fenomen s-au încercat două variante:

- executarea unei completări la rădăcină pe parte opusă șanfrenării, dintr-o trecere cu realizarea unui cordon de sudura 3D.
- executare în variantă semimecanizată în mediu de gaz protector a primei treceri în rostul șanfrenat.

În ambele variante de sudare conducere capului de sudare cu senzor de arc nu a dat rezultatele scontate, în primul rând datorită incompatibilității dintre unghiul optim la urmărire și cel pentru sudare. Pentru o urmărire optimă combinată cu rezultate bune la sudare este necesar modificarea teșirii muchiei rostului, fapt neeconomic avându-se în veder tehnologiile și dotările existente în ASTRA. Din aceste motive s-a renunțat la urmărirea cu senzorul de arc a acestui cordon. Avându-se în vedere deformațiile mici la sudare a acestui ansamblu, în condițiile respectării unei ordini de sudare bine alese s-a trecut la experimentarea sudării cu senzorul tactil.

Varianta cu completare 3D este greu de realizat din cauza accesibilității la sudare, fapt ce a făcut ca și această variantă să nu fie considerată rentabilă, putând fi utilizată doar ca variantă de rezervă.

Varianta cea mai bună de urmărire a cordonului 10|/ s-a considerat a fi cea cu senzor tactil cu respectarea ordinii de sudare indicat în figura 6.10 rezultând cordoane de sudură de forma celor indicate în figura 6.11.

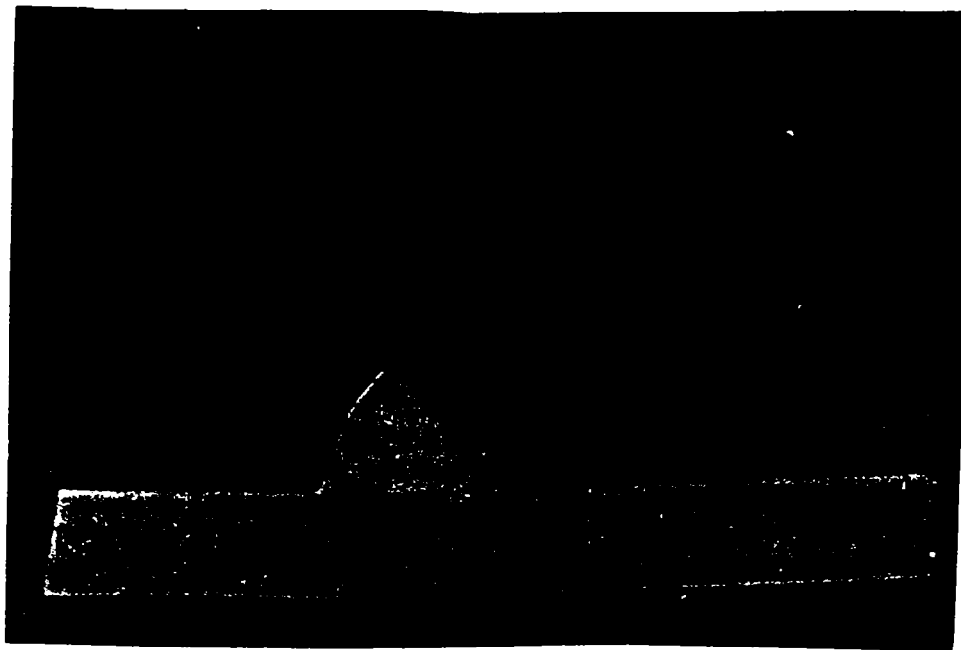


**Figura 6.10 Ordinea de sudare a traversei crapodinei boghiu Y25.**

Regimul de sudare ales în urma experimentărilor este următorul:

- curent de sudare  $I_s = 230 \text{ A.}$
- tensiunea arcului  $U_a = 24 - 27 \text{ V.}$
- viteza de sudare  $V_s = 23 \text{ cm/min.}$
- amplitudinea pendulării  $p = +/- 2 \text{ mm.}$

Utilizându-se acest mod de urmărire și regimul prescris mai sus s-au obținut îmbinări sudate de calitate care satisfac întrutotul condițiile impuse de caietele de sarcini.



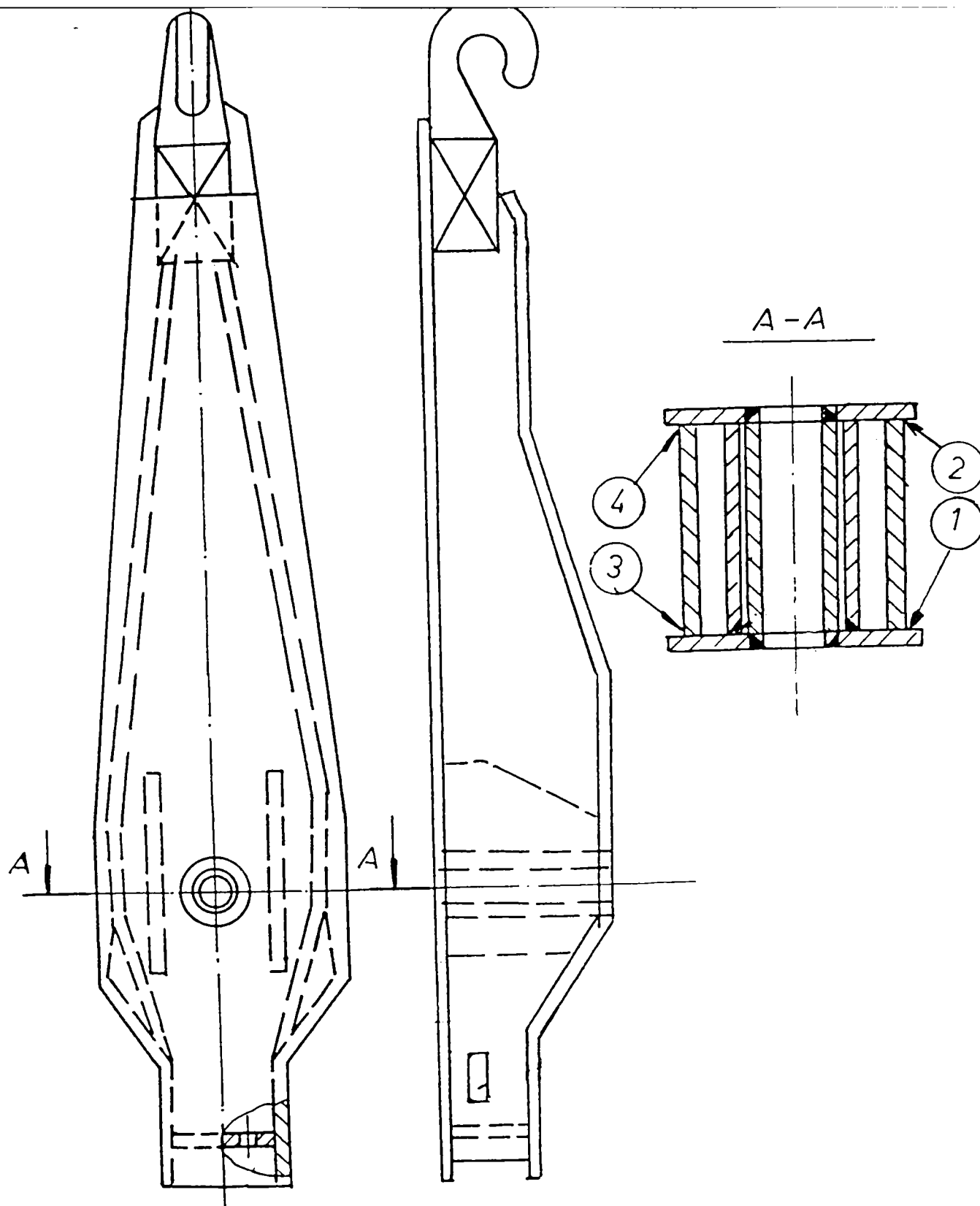
**Figura 6.11 Îmbinarea dintre inimă și talpa superioară.**

### **6.3 Țepușă la vagon platformă**

În vederea sudării acestui ansamblu s-a proiectat un dispozitiv ce este prins în manipuloarele instalației robotizate de sudat. Numărul mare de asemenea piese (24 bucăți) pe un vagon precum și configurația spațială a cordoanelor (vezi figura 6.12) a făcut ca sudarea robotizată a acestor subansamble să fie foarte eficientă. S-a încercat și sudarea mecanizată în mediu de gaz protector dar rezultatele au fost necorespunzătoare din punct de vedere al calității și aspectului îmbinărilor sudate.

Subansamblul se compune în principal din:





**Figura 6.12 Țepușă la vagon platformă**

- 1 bucată talpă superioară.
- 1 bucată talpa inferioară.
- 2 bucăți inimi laterale.
- 4 bucăți nervuri interioare.
- 1 bucată bucșă.

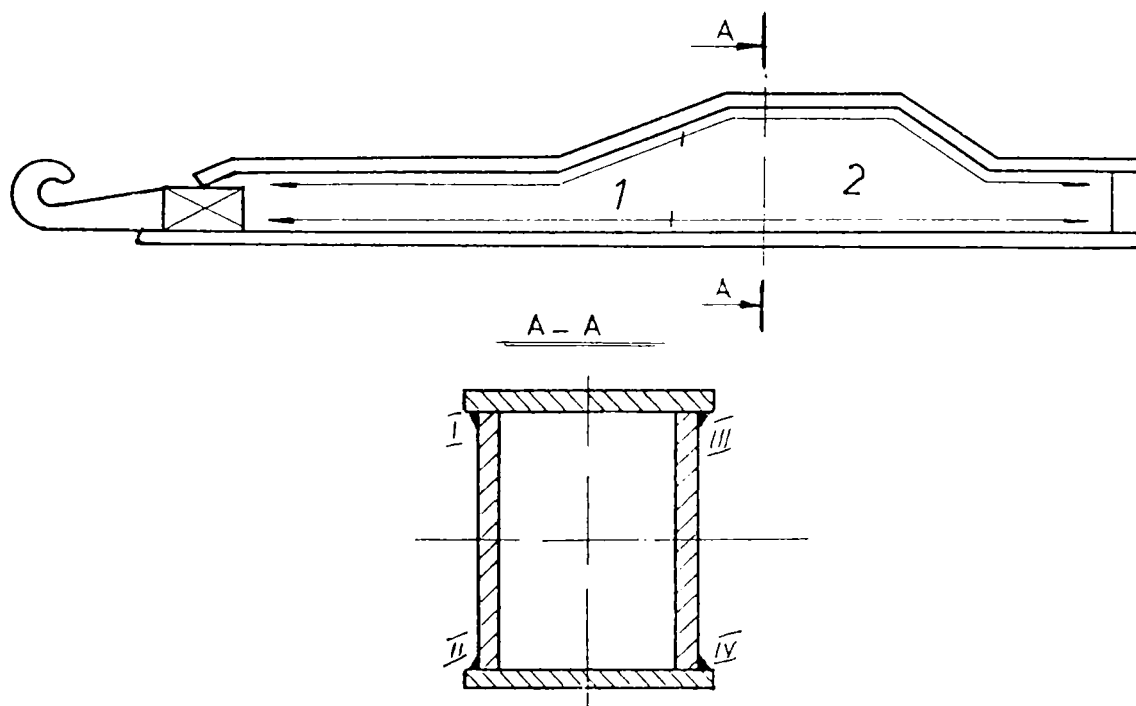
Întrucât tălpile și inimile se execută prin ștanțare la rece execuția dimensională a acestora este precisă și se face cu ușurință asamblarea într-un

dispozitiv de montat. Totuși din asamblare pot apare abateri dimensionale care coroborate cu grosimea mică a pieselor (5 mm) și a cordoanelor de sudură (4D) conduc la necesitatea elaborării foarte atente și în urma unor experimentări profesional coordonate a tehnologiei de sudare.

Pentru urmărire s-a utilizat la experimentări:

- senzorul de arc.
- senzorul tactil.

Primele experimentări au fost făcute utilizând pentru urmărire senzorul tactil și ordinea de sudare prezentată în figura 6.13.

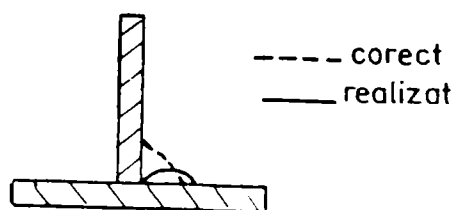


**Figura 6.13 Ordinea de sudare încercată.**

Deformațiile piesei în timpul sudării au condus la deplasări ale cordoanelor de sudură în anumite zone de piesă la 4 mm (figura 6.14) situație total inacceptabilă din punct de vedere a îmbinării sudate. Din aceste motive s-a renunțat în continuare la utilizarea senzorului tactil pentru urmărirea rostului, acesta fiind utilizat doar pentru localizarea pieselor.

Atenția principală a fost îndreptată înspre utilizarea senzorului de arc. Problema dificilă a fost găsirea unei amplitudini de pendulare optime colaborată

cu viteza de sudare avându-se în vedere grosimea mică a cordoanelor de sudură (4D).



**Figura 6.14 Depunerea cordonului de sudură**

După mai multe încercări s-a determinat următorul regim de sudare:

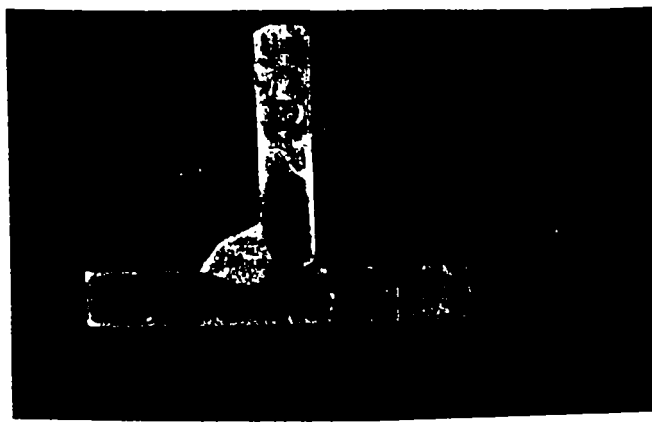
- curent de sudare  $I_s = 170 \text{ A}$ .
- tensiunea arcului  $U_a = 23 \dots 25 \text{ V}$ .
- viteza de sudare  $V_s = 35 \text{ cm/min}$ .
- amplitudinea pendulării  $p = \pm 1,2 \text{ mm}$ .

Prin utilizarea acestui regim de sudare s-au obținut cordoane de sudură corespunzătoare (vezi figura 6.15).

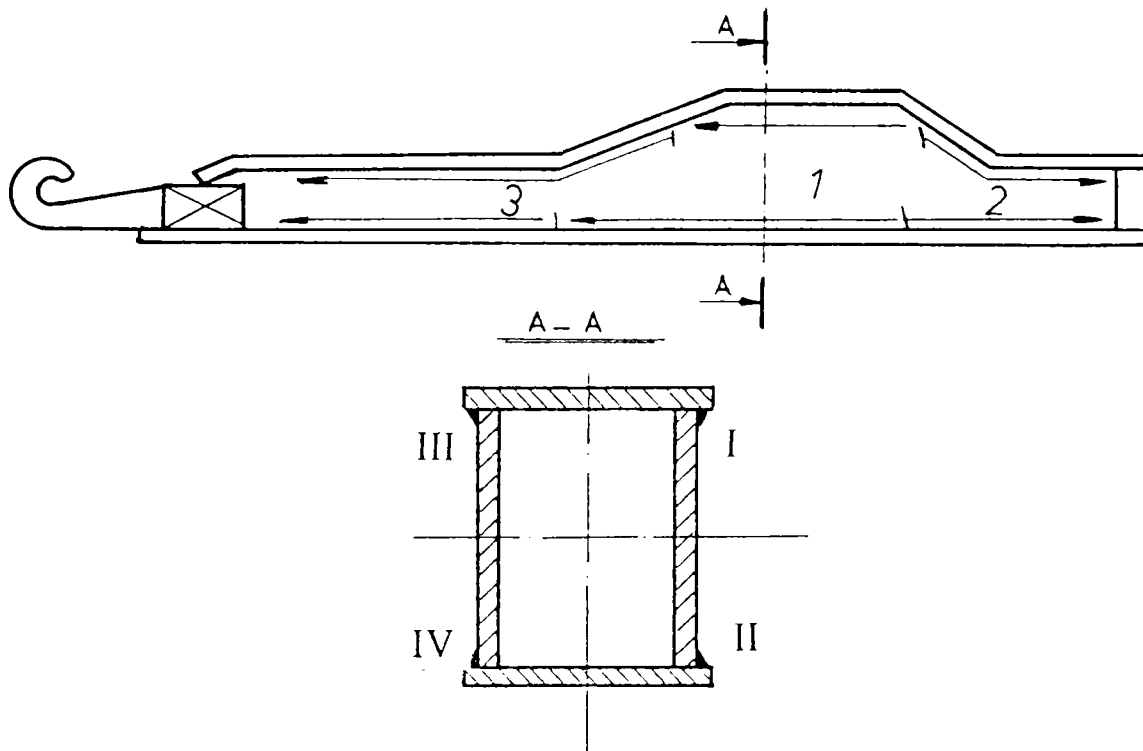
S-a utilizat în primele încercări ordinea de sudare indicată în figura 6.13, dar deformațiile finale ale piesei au impus redresarea la presa cu fricțiune, deci operații suplimentare.

În vederea reducerii deformațiilor s-au încercat și alte ordini de sudare, rezultate foarte bune obținându-se cu ordinea de sudare prezentată în figura 6.16.

În urma utilizării acestei ordini de sudare și a regimurilor prescrise anterior s-au obținut piese de foarte bună calitate ce nu necesită redresări ulterioare.



**Figura 6.15 Macrostructura îmbinării.**



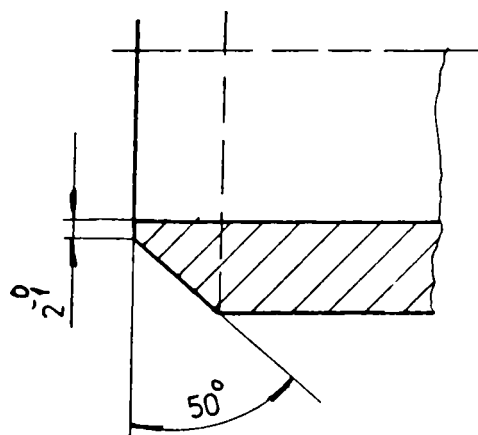
**Figura 6.16 Ordinea de sudare utilizată la sudarea cu senzor de arc.**

### **6.4 Carcasă tampon.**

Carcasa tamponului are un rol important în funcționarea unui vagon fiind unul din elementele ce concurează la siguranța circulației. În aceste condiții realizarea acesteia în variantă sudată impune realizarea unei îmbinări sudate de calitate. Tehnologia inițială de sudare a produsului prevedea următoarele valori pentru:

- a) pregătirea rostului

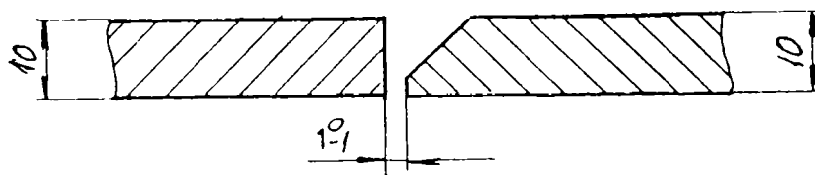
Muchiile manșonului tamponului sunt prelucrate în forma indicată în figura 6.17.



**Figura 6.17 Șanfrenul manșonului tamponului.**

b) montarea și prinderea cu sudură

Talerul tamponului și manșonul se assemblează conform figurii 6.18.



**Figura 6.18 Rostul pentru sudarea tamponului.**

Subansamblul se montează într-un dispozitiv de montat și sudat și se prinde cu sudură prin suduri de prindere provizorii în patru părți diametral opuse cu lungimea de 30 - 40 mm.

Prinderea cu sudură se face în mediu de gaz protector (Ar+CO<sub>2</sub>) cu următorul regim de sudare:

- curent de sudare  $I_s = 160 - 170 \text{ A}$
- tensiunea arcului  $U_a = 21 - 22 \text{ V}$
- viteza de sudare  $V_s = 25 \text{ cm/min}$

c) sudarea

Pentru sudare, întrucât sudura este circulară, se utilizează manipuloare ce rotesc piesa în timpul sudării. S-a încercat urmărirea rostului cu ambele tipuri de

senzori, urmărirea fiind satisfăcătoare. La sudare s-a utilizat următorul regim de sudare:

- curent de sudare  $I_s = 175 - 185 \text{ A}$
- tensiunea arcului  $U_a = 24 - 26 \text{ V}$
- nr. de treceri  $n_t = 3$ .

Examinându-se îmbinările sudate considerate s-a constatat că principala deficiență a fost lipsa de pătrundere în anuite zone, respectiv străpungeri dacă au fost utilizate distanțe mai mari între piese.

d) experimentări pentru determinarea tehnologiei optime

Plecându-se de la ideea majorării grosimii pereților piesei și pentru îmbunătățirea urmării sudurii și a calității îmbinării s-au efectuat încercări cu următorul tip de rost (figura 6.19).

Alegerea acestui tip de rost are în plus și avantajul unei ușoare asamblări, nefiind necesar un dispozitiv special de montat. În urma încercării mai multor regimuri de sudare s-a ajuns la concluzia că rezultatele cele mai bune se obțin utilizând senzorul de arc pentru urmărirea și următorul regim de sudare (tabelul 6.1):

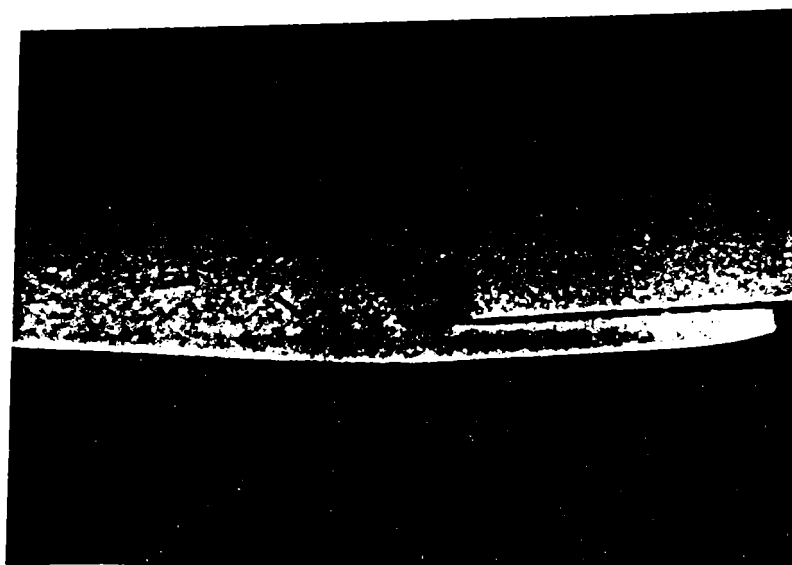


**Figura 6.19 Rost utilizat la sudare.**

Straturi	$d_e$ mm	$I_s$ (A)	$U_a$ (v)	$V_s$ (m/min)	$V_c$ m/min	P (mm)
1	1.2	230-235	24-25	0.24	3.15	$\pm 1$
2	1.2	260-265	27-28	0.26	9.52	$\pm 1$

**Tabelul 6.1 Regim de sudare ( 1 )**

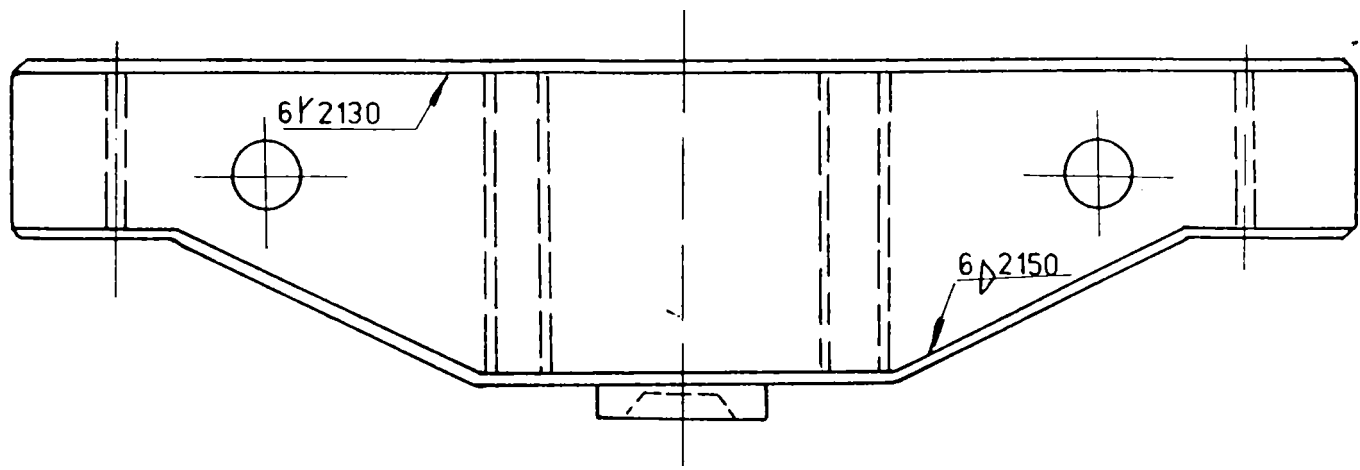
Macrostructura îmbinării sudate este prezentată în figura 6.20.



**Figura 6.20 Macrostructura îmbinării tamponului**

## 6.5 Traversa crapodină șasiu

Asamblarea acestei piese se face într-un dispozitiv de montat, părțile componente ale acesteia fiind prezentate în figura 6.21.



**Figura 6.21 Traversa crapodină șasiu**

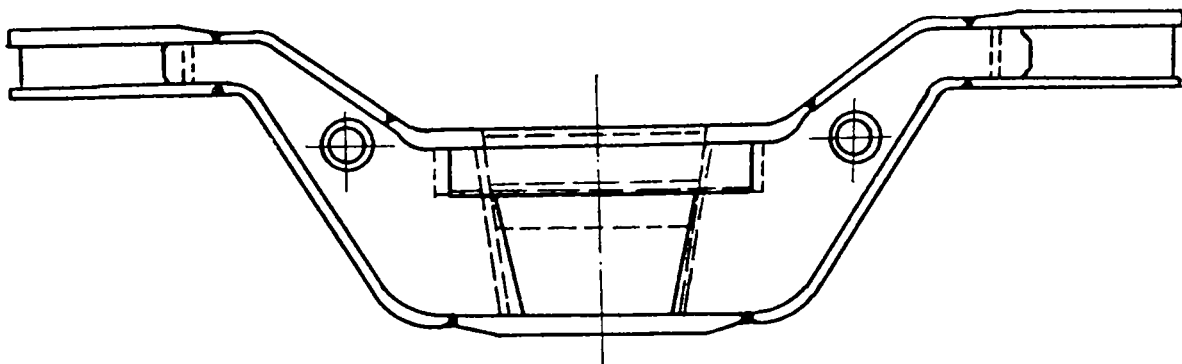
Analizându-se forma și construcția acestui ansamblu se observă similitudinea cu traversa crapodina boghiu Y25. Din aceste considerente sudarea acestui ansamblu se execută ca și traversa crapodină boghiu Y25 cu mențiunea utilizării altui dispozitiv de sudat și cu programarea traseului de rost pentru acest ansamblu.

## 6.6 Lonjeron boghiu Y 32

Lonjeronul boghiu Y 32 este un subansamblu foarte important ce intră în componența boghiului Y 32, boghiu utilizat pentru circulația la viteze peste 200 km/h. Executia ireproșabilă a acestui subansamblu este indispensabilă.

Principalele părți componente ale lonjeronului sunt (figura 6.22):

- parte centrală lonjeron.
- extremitate lonjeron.



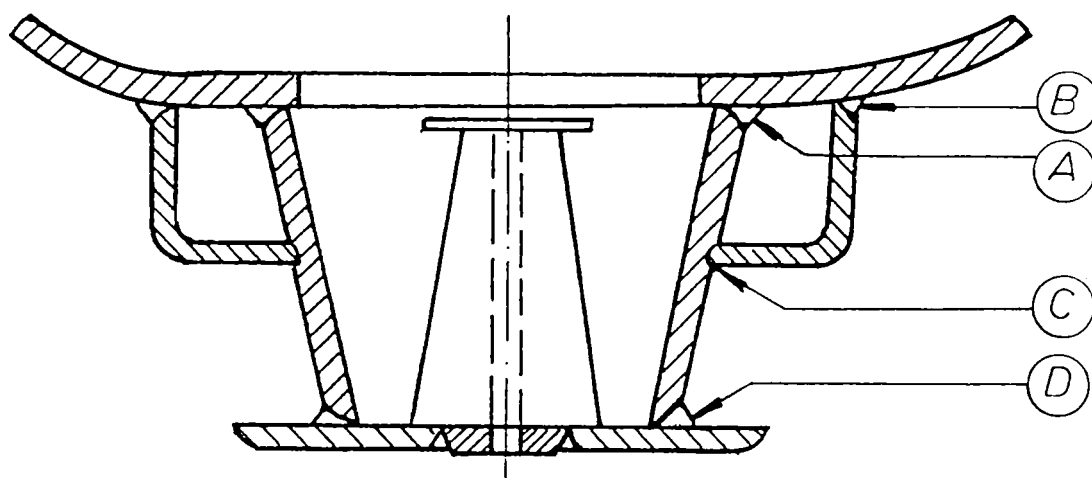
**Figura 6.22 Lonjeron boghiu Y 32**



### 6.6.1 Partea centrală lonjeron

Acest subansamblu are un rol foarte important în construcția boghiului fiind zona de așezare și ghidare a arcului principal al vagonului. Piesa se compune din (vezi figura 6.23):

- talpă superioară (1)
- talpă inferioară (2)
- lacașul arcului (3)
- întăritură (4).



**Figura 6.23 Partea centrală lonjeron**

Aceste cordoane sunt circulare și de aceea pentru sudare se utilizează manipuloare, ce realizează viteza de sudare. Problemele de sudare sunt create de ambutisarea la cald a pieselor ceea ce conduce la rosturi ce au deplasări de la forma circulară. Din aceste motive la sudarea acestei piese s-a utilizat senzorul de arc rezultatele fiind foarte bune.

La sudare s-au utilizat următoarele regimuri de sudare:

- pentru sudurile A, B, C.

Straturi	$d_e$ mm	$I_s$ (A)	$U_a$ (v)	$V_s$ (m/min)	$V_c$ m/min	P (mm)
1;2	1.2	165-175	24-26	0.2	8-10	$\pm 1$

**Tabelul 6.2 Regim de sudare ( 2 )**

- pentru sudura D.

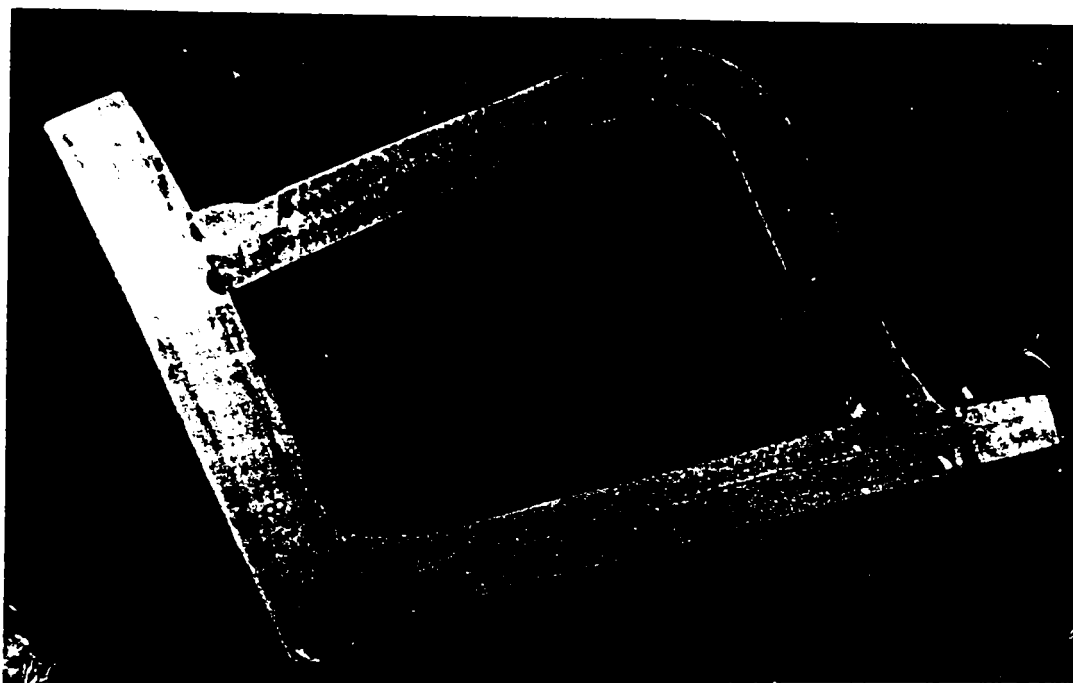
Straturi	$d_e$ mm	$I_s$ (A)	$U_a$ (v)	$V_s$ (m/min)	$V_c$ m/min	P (mm)
1	1.2	235-240	24-26	0.21	7.16	$\pm 1$
2	1.2	260-265	28-30	0.25	9.32	$\pm 1.3$
3	1.2	260-265	28-30	0.22	9.32	$\pm 1.5$

**Tabelul 6.3 Regim de sudare ( 3 )**

### 6.6.2 Extremitate lonjeron

Acest subansamblu intră în componența lonjeronului, avînd rolul ghidării arcului secundar. Acest subansamblu se compune din ( figura 6.25 ) :

- talpă superioară
- talpă inferioară
- inimă.



**Figura 6.24 Macrostructură parte centrală lonjeron**

Sudura 1 se execută semimecanizat MIG/MAG iar sudurile 3 și 4 se execută robotizat. Sudarea se execută cu utilizarea senzorului de arc datorită formei eliptice a piesei, traseul de sudare fiind realizat printr-o mișcare combinată a manipulatorului și robotului de sudare.

Regimul de sudare este următorul:

<b>Straturi</b>	<b>d<sub>e</sub> mm</b>	<b>I<sub>s</sub> (A)</b>	<b>U<sub>a</sub> (v)</b>	<b>V<sub>s</sub> (m/min)</b>	<b>V<sub>c</sub> m/min</b>	<b>P (mm)</b>
<b>1</b>	<b>1.2</b>	<b>235-240</b>	<b>24-26</b>	<b>0.21</b>	<b>7.6</b>	<b>±1</b>
<b>2</b>	<b>1.2</b>	<b>260-265</b>	<b>28-30</b>	<b>0.25</b>	<b>9.32</b>	<b>±1.5</b>
<b>3</b>	<b>1.2</b>	<b>260-265</b>	<b>28-30</b>	<b>0.22</b>	<b>9.32</b>	<b>±1.5</b>

**Tabelul 6.4 Regim de sudare ( 4 )**

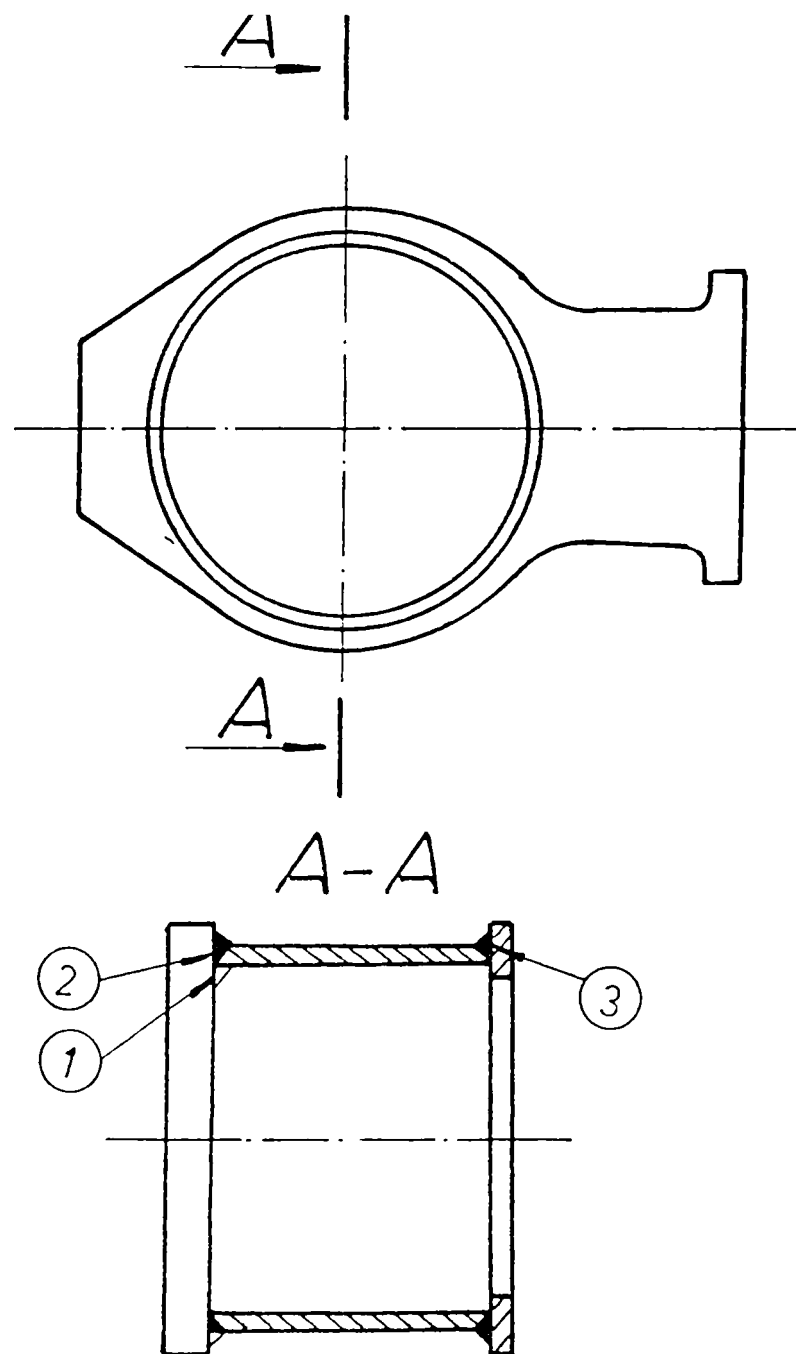


Figura 6.25 Extremitate lonjeron

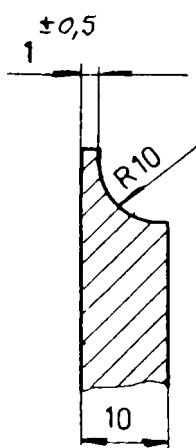
### 6.6.3 Ansamblu lonjeron

Sudarea se face utilizând un dispozitiv construit special pentru sudarea acestei piese. Pentru sudare s-a încercat utilizarea senzorului de arc și tactil pentru urmărire. Constrațiile piesei la sudare fiind foarte mari ( 12 mm ), iar traseul rostului cu o configurație complicată , a impus utilizarea senzorului de arc pentru urmărirea traseului de rost.

Tehnologia de sudare comportă următoarele etape:

- a) pregătirea rostului

Muchiile inimilor lonjeronului, conform încercărilor stabilite pentru lonjeron se pregătesc ca în figura 6.26.



**Figura 6.26 Prelucrarea șanfrenului inimii lonjeronului**

b) montarea și prinderea cu sudură

Montarea se face într-un dispozitiv prin asamblarea:

- 1 buc. parte centrală
- 2 buc. extremitate
- 4 buc. inimă
- 8 buc. nervuri
- 2 buc. talpă superioară
- 2buc. talpă inferioară

În acest dispozitiv se realizează și sudarea interioară a acestui ansamblu cât și sudurile de legătură (transversale). Sudurile longitudinale se execută robotizat.

c) sudarea

În vederea sudării s-a pregătit programarea și urmărirea traseelor de rost cu senzorul de arc, avându-se în vedere deformațiile mari ce apar în timpul sudării și imperfecțiunile de montare.

În urma încercărilor rezultate optime s-au obținut utilizând următoarele regimuri de sudare:

<b>Straturi</b>	<b>d<sub>e</sub> mm</b>	<b>I<sub>s</sub> (A)</b>	<b>U<sub>a</sub> (v)</b>	<b>V<sub>s</sub> (m/min)</b>	<b>V<sub>c</sub> m/min</b>	<b>P (mm)</b>
<b>1</b>	<b>1.2</b>	<b>160-170</b>	<b>22-23</b>	<b>0.21</b>	<b>6.8</b>	<b>±1</b>
<b>2</b>	<b>1.2</b>	<b>210-220</b>	<b>26-27</b>	<b>0.23</b>	<b>7.35</b>	<b>±1.5</b>

**Tabelul 6.5 Regim de sudare ( 5 )**

## **6.7 Perspective**

Avându-se în vedere multitudinea de piese din construcția de vagoane se poate extinde utilizarea senzorilor de arc și tactili și la alte piese cu configurații diferite de cele prezentate anterior. Aceasta presupune dotări suplimentare și utilizarea instalațiilor pentru cazuri particulare.

Spre exemplu câteva ansamble unde este posibil sudarea cu senzori de rost sunt următoarele piese:

- Inele de rigidizare pe recipienti
- Lonjeroane centrale sasiu
- Lonjeroane laterale șasiu
- Întăritură frontală
- Traverse
- etc....

Datorită productivității realizate, a îmbunătățirii calității și condițiilor de muncă se impune extinderea sudării cu senzori de rost, cheltuielile utilajelor și dotărilor amortizându-se rapid.

## **Cap. 7. SISTEM INFORMATIC PENTRU ELABORAREA TEHNOLOGIEI DE SUDARE.**

Scopul acestui capitol este de a prezenta “Sistemul informatic pentru elaborarea tehnologiei de sudare” și facilitățile pe care acesta le oferă [115]. În acest capitol urmează să fie descrise pe rînd modulele sistemului și modul de conexiune a acestora [116..118].

### **7.1 Descrierea sistemului informatic.**

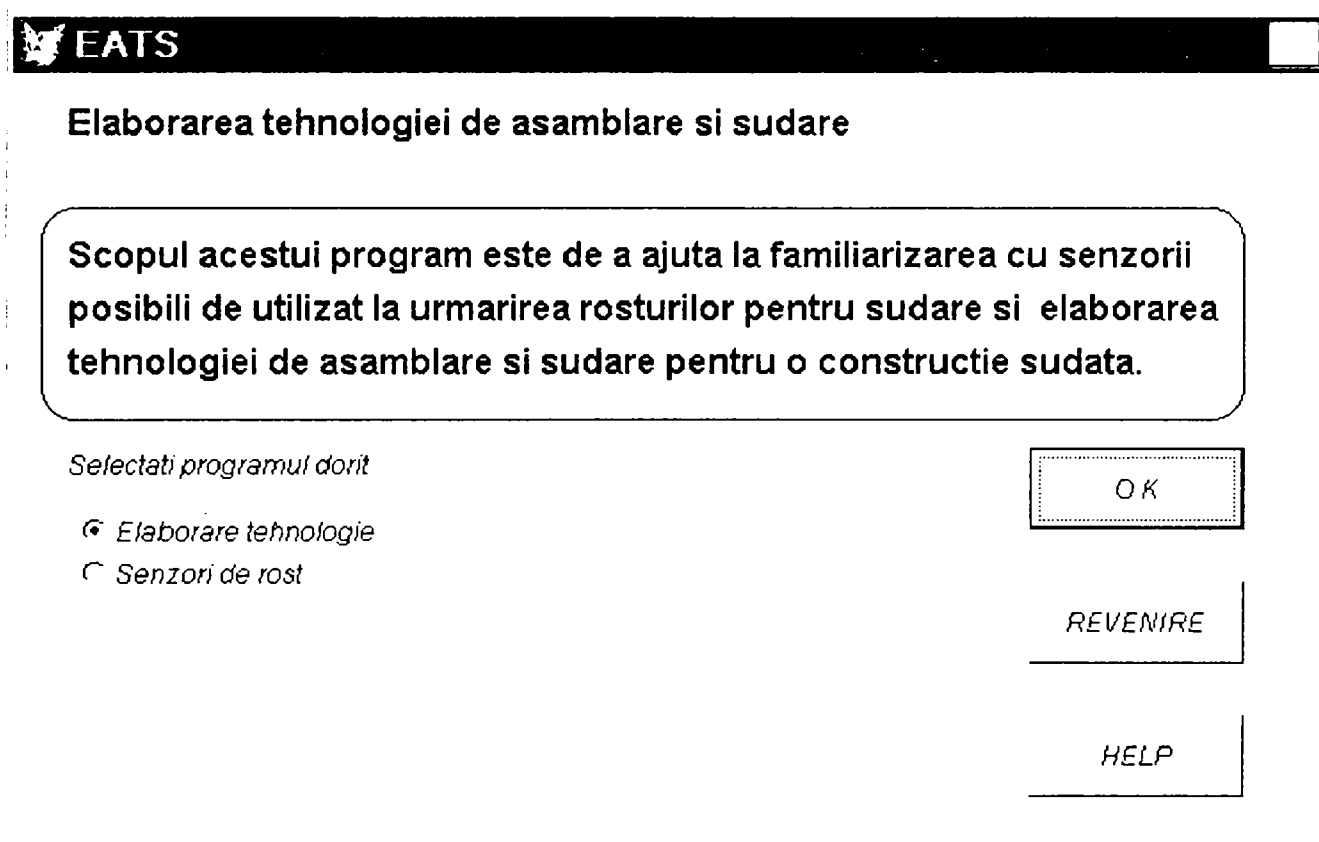
Acest sistem informatic este alcătuit din două module după cum urmează:

- sistem informatic pentru identificarea senzorilor de utilizat la urmărirea rosturilor pentru sudare.
- sistem informatic pentru elaborarea tehnologiei de asamblare și sudare.

Fereastra de intrare a acestui sistem informatic este prezentată în figura 7.1

Butoanele din interiorul ferestrei permit următoarele:

- continuarea programului și accesul în profunzimea acestuia după selectarea modulului dorit.
- afișarea într-o fereastră separată a informațiilor cu caracter general despre program sau după caz informații specifice ferestrei în care s-a făcut apelarea.
- părăsirea programului.

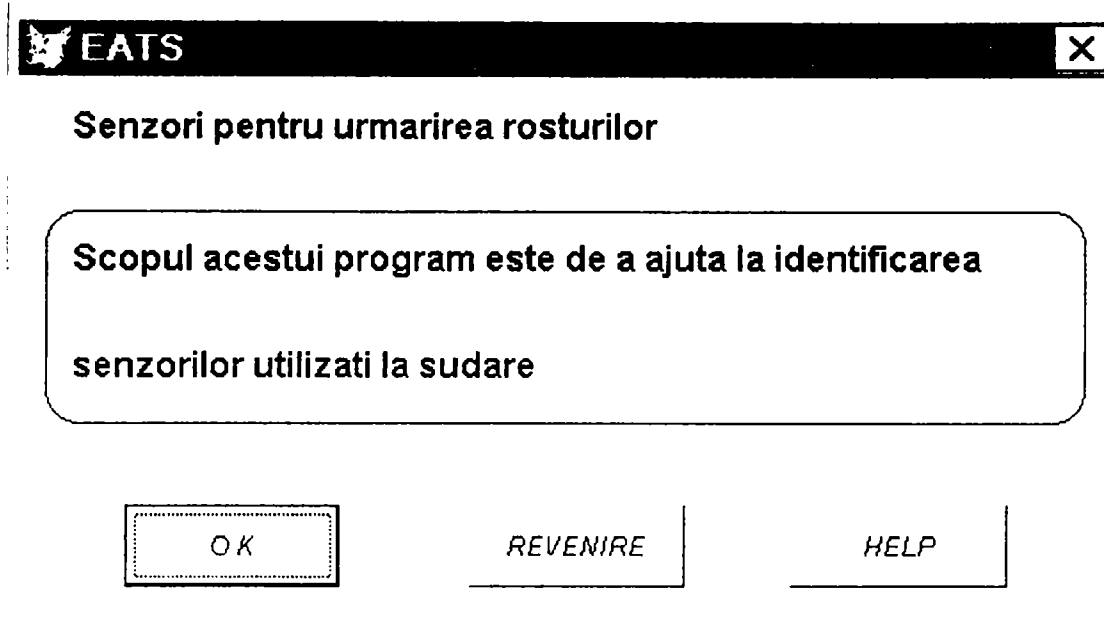


**Fig. 7.1 Fereastra de introducere a sistemului informatic.**

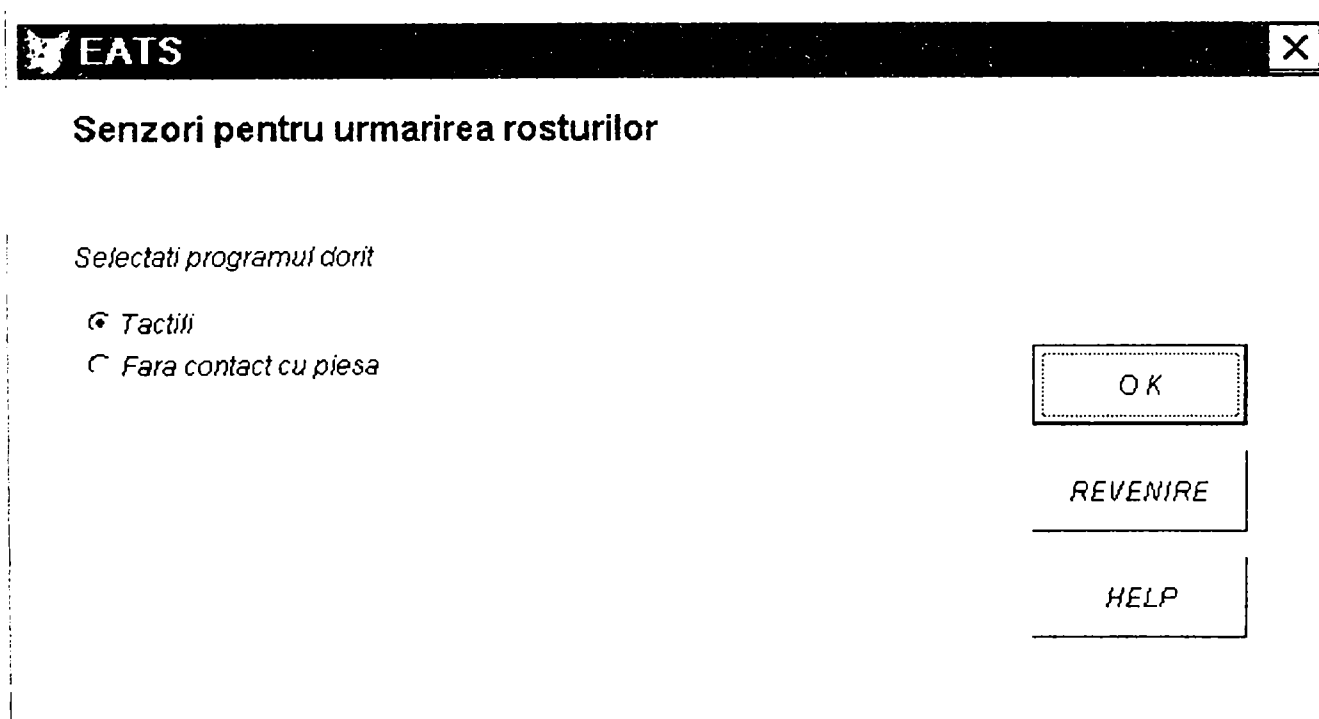
### **7.1.1 Sistem informatic pentru identificarea senzorilor de utilizat la urmărirea rosturilor pentru sudare.**

Acest sistem informatic ajută utilizatorul să identifice senzorii de urmărire a rostului ce pot fi utilizați la sudare. După afișarea ferestrei de intrare prezentată în figura 7.2 prin accesarea butonului “O.K.” se afișează fereastra principală prezentată în figura 7.3.





**Fig. 7.2** Fereastra de intrare a sistemului informatic pentru identificarea senzorilor de urmărirea a rosturilor.



**Fig. 7.3** Fereastra principală a programului.

În fiecare din ferestrele aplicației butoanele ”O.K.” permit parcurgerea logică a secvențelor pentru identificarea senzorilor de utilizat. De asemenea butoanele ”REVENIRE” și ”HELP” care apar în fereastră permit părăsirea programului respectiv afișarea unei ferestre pentru informații contextuale.

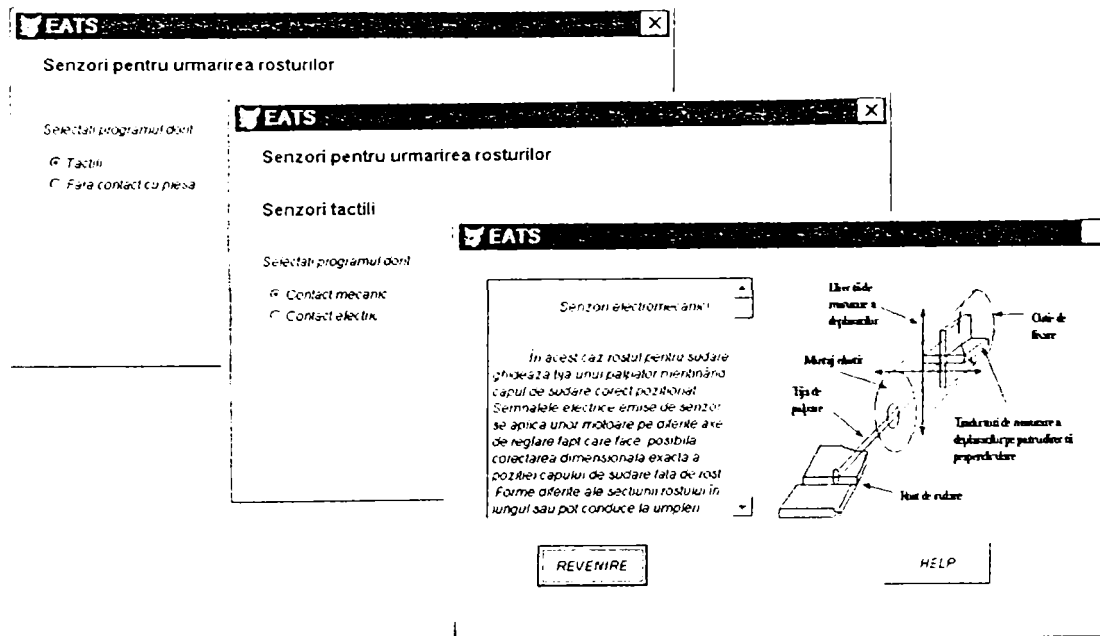


Fig. 7.4 Ferestre succesive pentru senzori tactili.

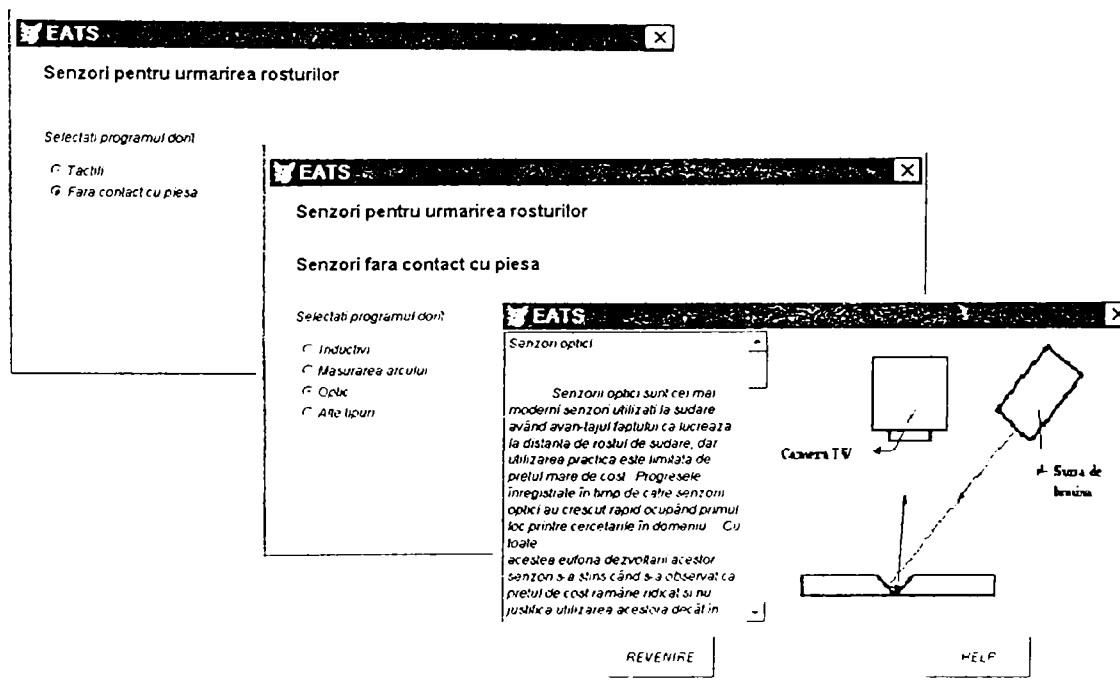
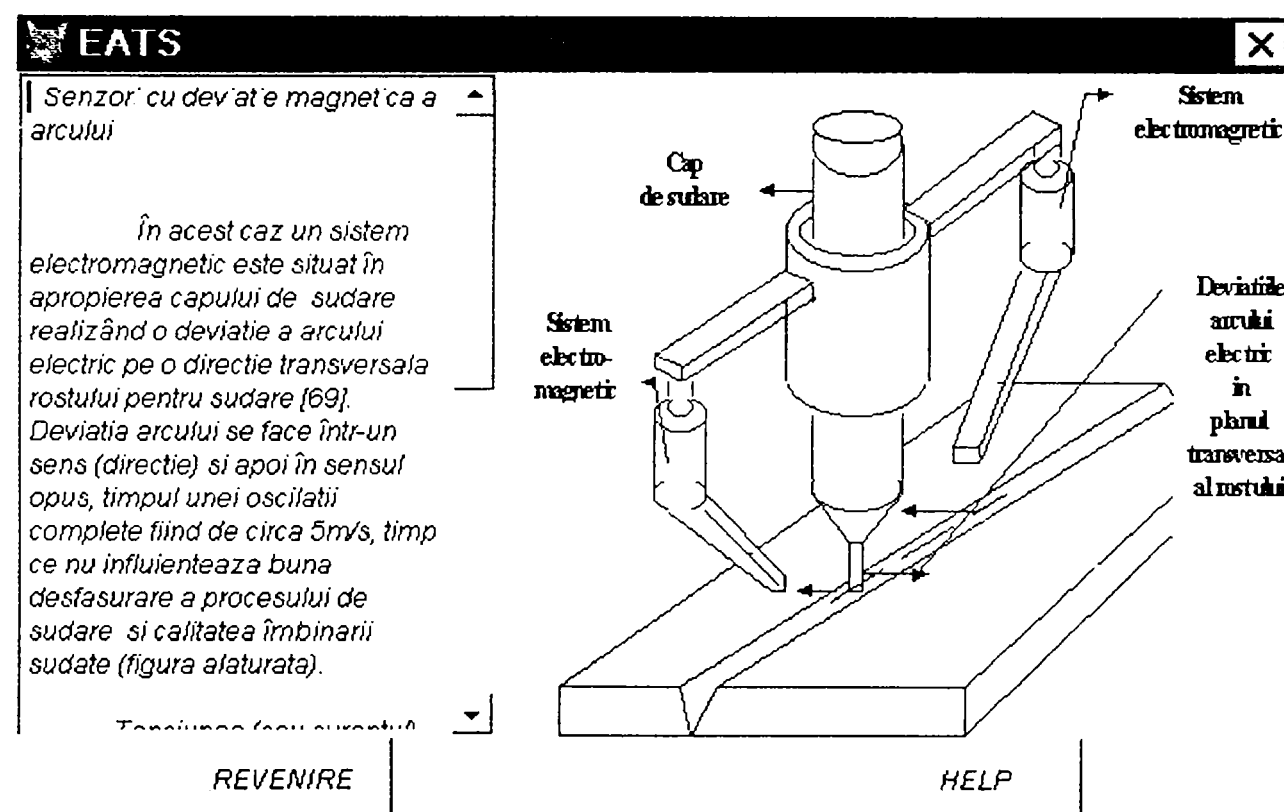


Fig. 7.5 Ferestre succesive pentru senzori fără contact cu piesa.

Această fereastră permite intrarea pe una din cele două mari categorii de senzorii respectiv senzori tactili și senzori fără contact cu piesele ce se sudează, principalele ferestre ale acestora fiind prezentate în figura 7.4 și figura 7.5.

Baza de date conține informații despre senzorul ales. Pe coloana din stânga sunt prezentate principalele caracteristici ale acestuia iar pe coloana din dreapta schița și datele grafice. În figura 7.6 este prezentată fereastra secundară de prezentare a senzorilor iar în figura 7.7 sunt prezentate alte câteva exemple.



**Fig.7.6 Fereastră secundară de prezentare a senzorilor.**

Fereastra secundară de prezentare permite parcurgerea textului scris în sensul de citire sau invers pentru preluarea informațiilor prin accesarea butoanelor din dreapta textului. Funcție de textul parcurs sunt prezentate automat în dreapta ferestrei schițele senzorilor și date constructive ale acestora. Pentru revenire în program se accesează butonul "REVENIRE".

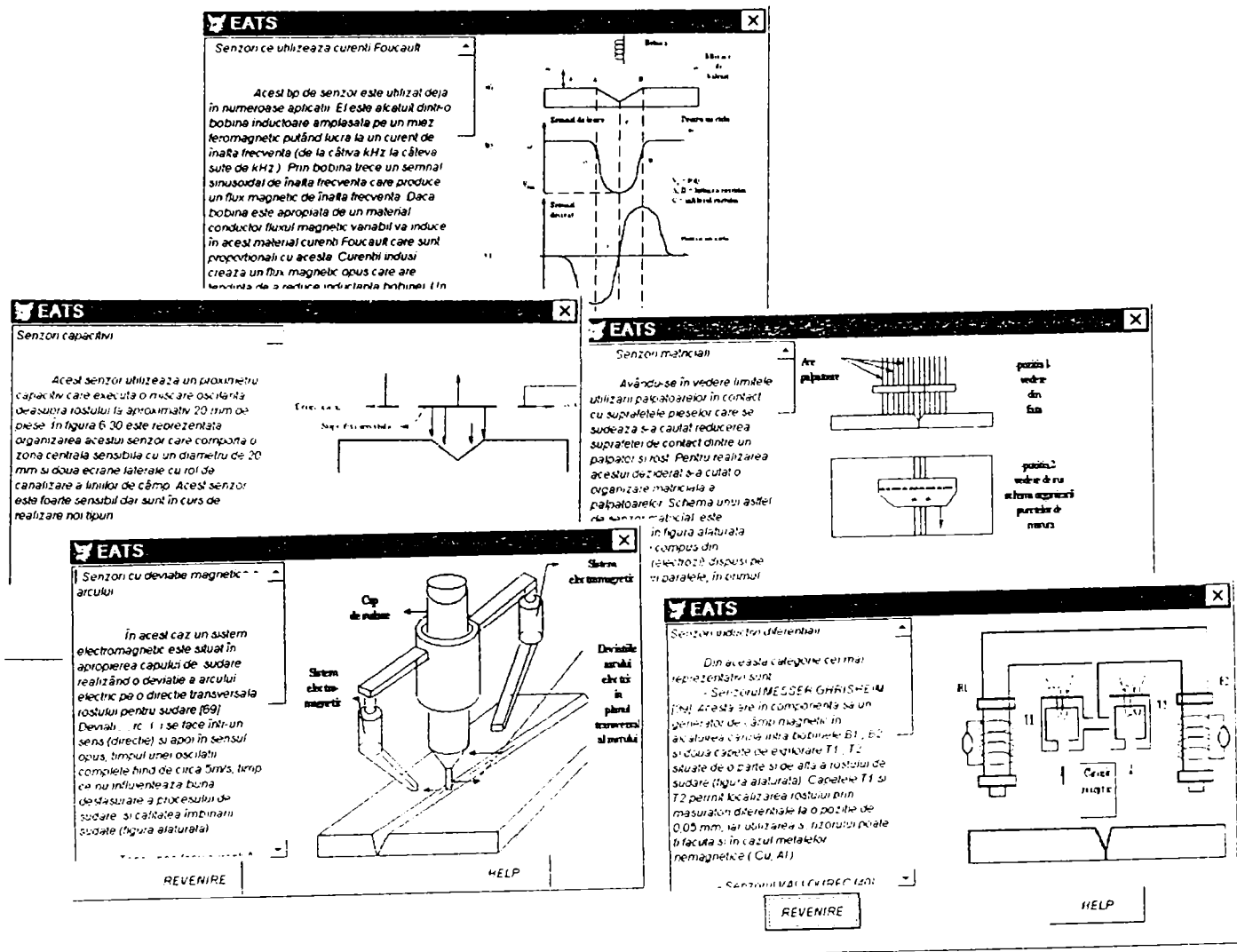


Fig.7.7 Exemple de senzori

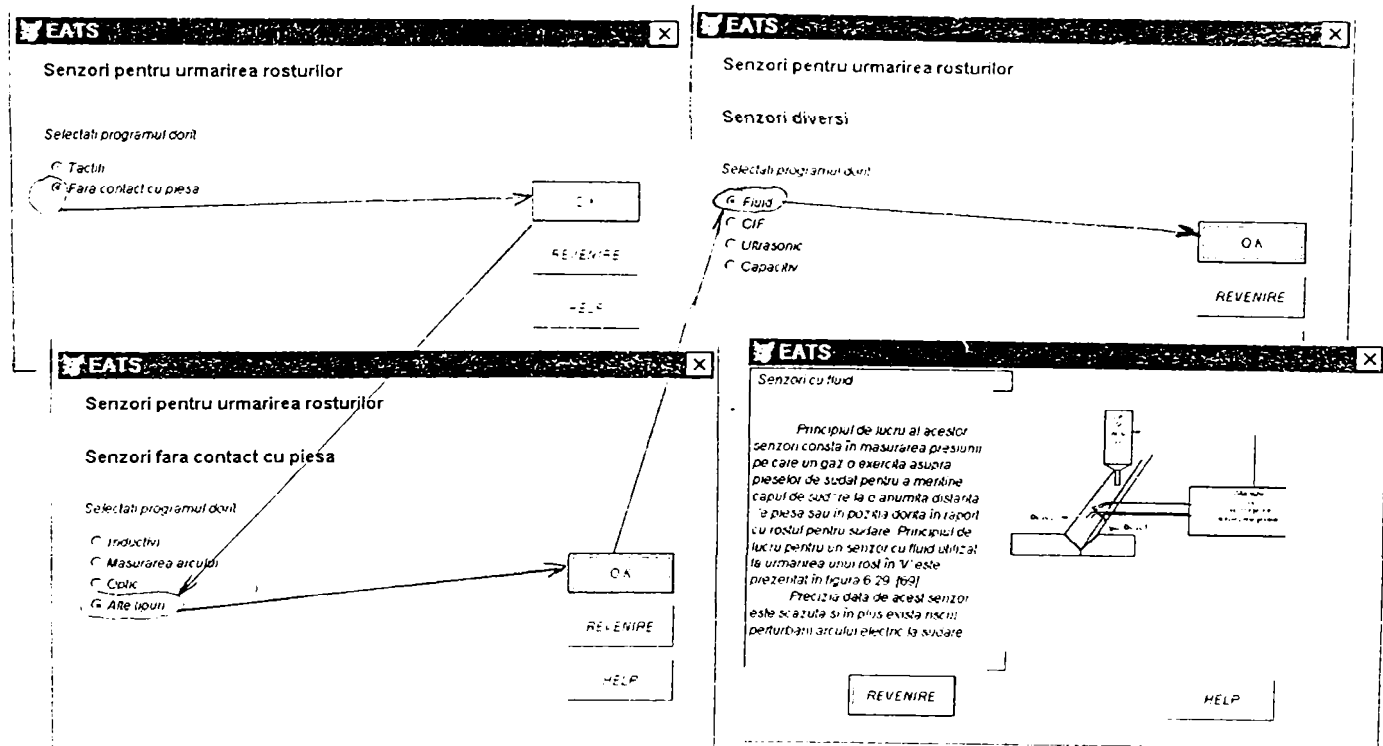


Fig.7.8 Succesiunea operatiilor pentru selectarea unui senzor.

În figura 7.8 este prezentată succesiunea de operații necesare pentru identificarea unui senzor.

Așa cum se observă acest program permite nu numai accesul facil la informațiile necesare dar oferă și filtrarea logică a informației. În plus utilizatorul este asistat în timpul rulării de o fereastră “HELP” contextuală.

### **7.1.2 Sistem informatic pentru elaborarea tehnologiei de asamblare și sudare.**

Scopul acestui modul este de a elabora într-un compartiment al unei societăți producătoare de structuri sudate a tehnologiei de asamblare și sudare. De asemenea modulul este util pregătirii personalului din domeniul sudării.

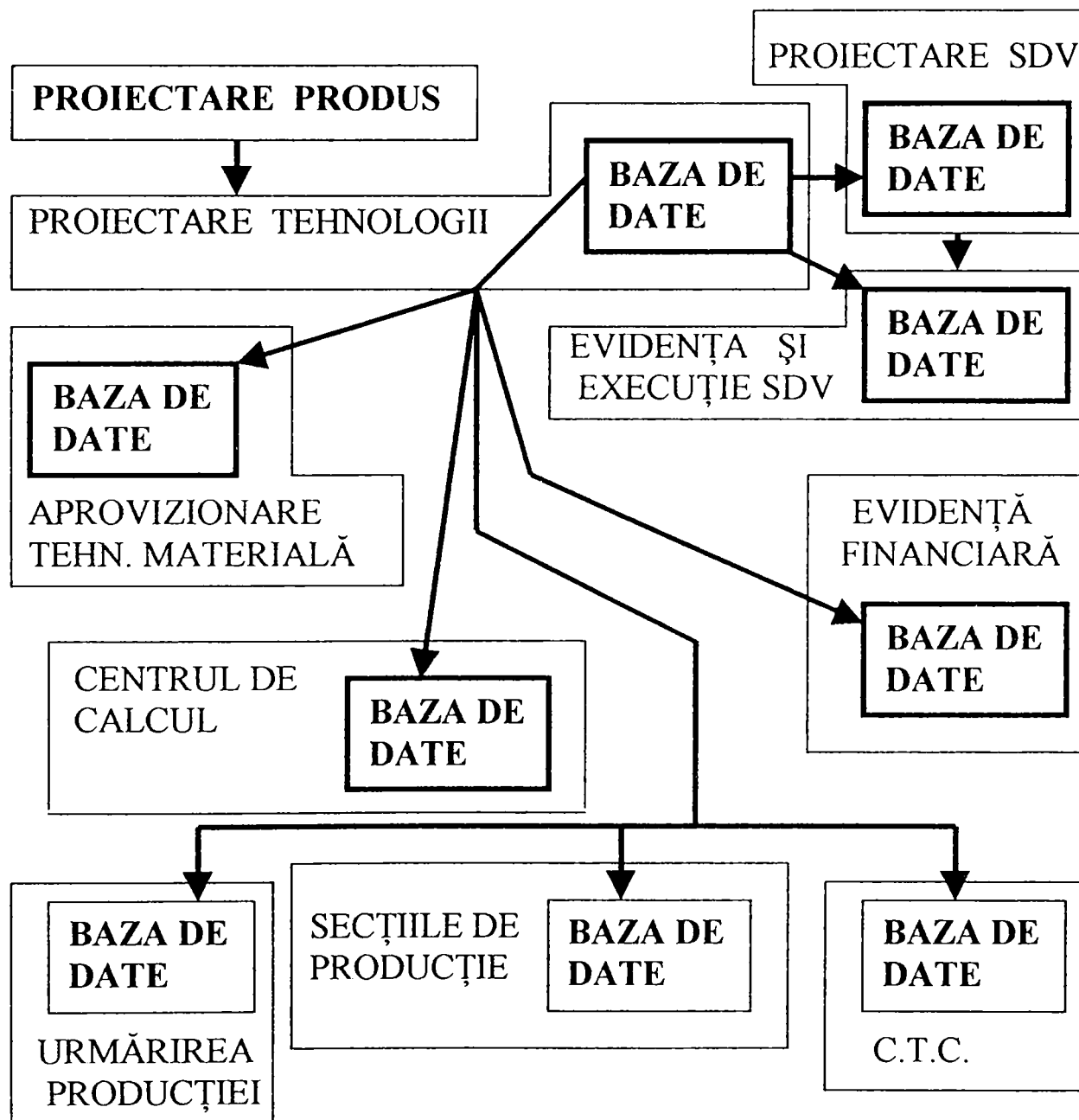
În majoritatea cazurilor tehnologia de asamblare și sudare este elaborată de un compartiment specializat și apoi transmisă spre prelucrare și distribuită utilizatorilor. Elaborarea tehnologiilor se face pe fișe tehnologice care cuprind:

- succesiunea operațiilor
- regimurile de lucru
- consumurile de materiale
- utilajele și dispozitivele de lucru
- timpul necesar realizării fiecărei operații.

Toate elementele sunt calculate manual, iar ulterior aceste date sunt introduse de către operatorii centrului de calcul pe calculator. În această situație calculatorul are rolul de stocare și multiplicare a datelor, respectiv sortarea documentației pentru fiecare secție.

Modulul programului de elaborare a tehnologiei de asamblare și sudare realizează stabilirea automată a tehnologiei cu mici intervenții din partea

tehnologului sudor și transmiterea automată a acestora prin intermediul unei rețele utilizatorului. Programul realizează un grad mare de automatizare în elaborarea tehnologiei și oferă posibilitatea stabilirii unor legături multiple cu alte aplicații.



**Fig.7.9 Organigrama circulației informațiilor.**

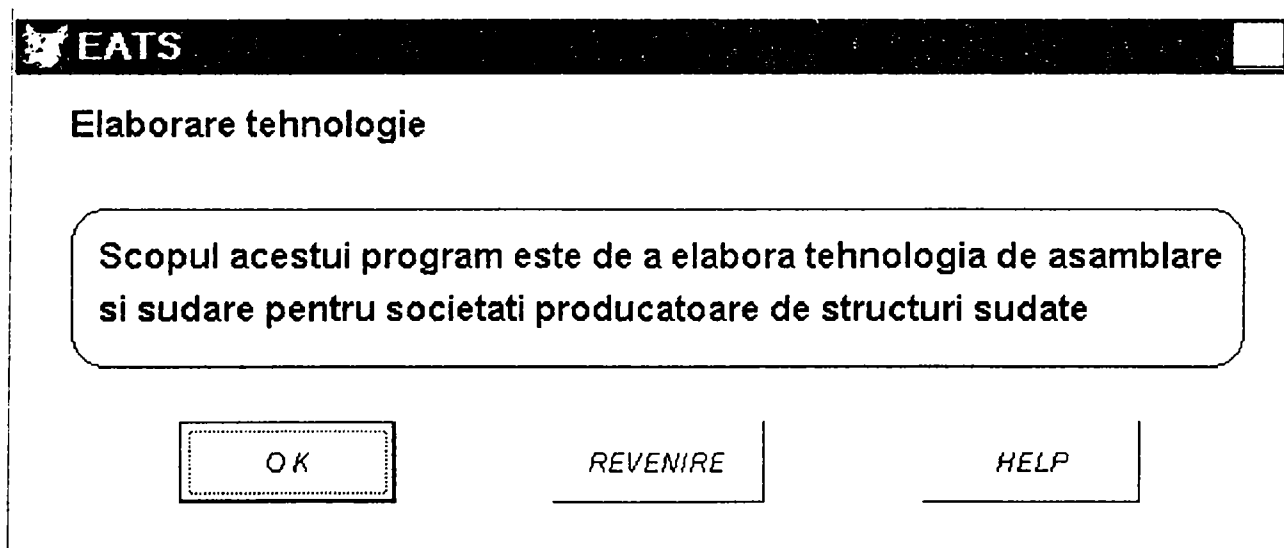
De asemenea modulul conține extensiile necesare trecerii la realizarea următoarelor operații:

- optimizarea fluxurilor de fabricație funcție de ritmul producției.
- stabilirea gradului de încărcare a utilajelor.
- stabilirea gradului de mecanizare al unui flux tehnologic.

Datorită acestui program serviciul de proiectare a tehnologiei de sudare poate accepta sau schimba direct date mai rapid și cu mai multe compartimente (figura 7.9) decât la folosirea metodei clasice cu elaborarea tehnologiei de sudare pe fișe tehnologice.

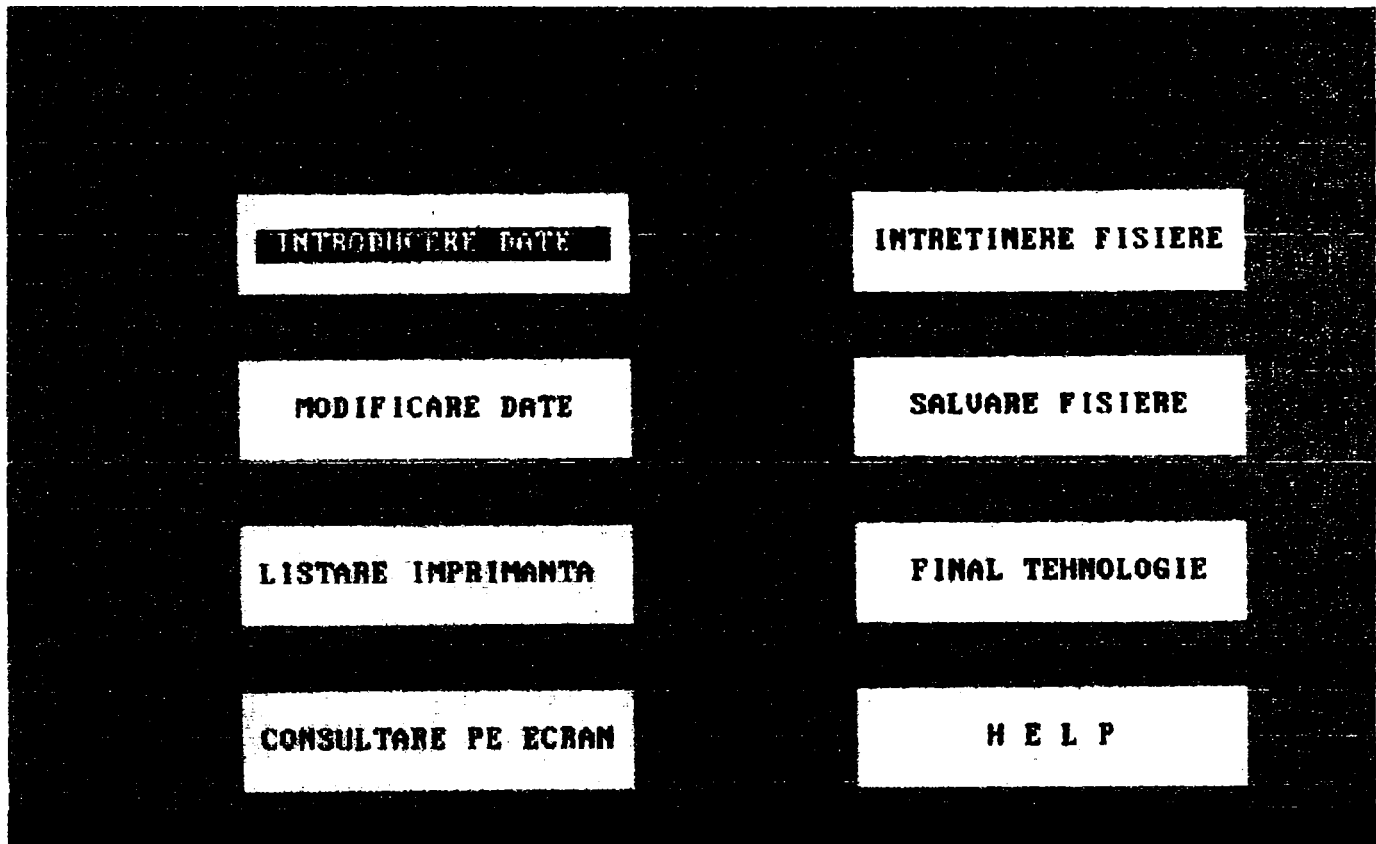
### 7.1.2.1 Structura programului.

În figura 7.10 este prezentată fereastra de introducere a programului EATS. Acesta este unul din modulele sistemului informatic pentru elaborarea tehnologiei de sudare.



**Fig. 7.10 Fereastra de introducere a programului.**

Pentru cuprinderea tuturor problemelor necesare elaborării tehnologiei de asamblare și sudare s-a creat o listă de meniuri ce cuprinde opt segmente (butoane). Structura acestora este prezentată în figura 7.11.



**Fig. 7.11 Schema de principiu a listei de meniuri.**

Butonul “Introducere date” este cel mai complex și este folosit la elaborarea de către tehnolog a tehnologiei de asamblare și sudare el este structurat pe operații specifice de: montat, prins cu sudură, sudat, îndreptat, control și alte operații. Acest mod de abordare asigură acoperirea tuturor operațiilor necesare execuției unui ansamblu sudat. În cadrul fiecărei grupe de operații operatorul poate alege funcție de specificul ansamblului sudat operația optimă și procedeul de sudare pe care îl dorește.



Butonul “Modificare date “ permite operatorului revenirea în cadrul unei operații deja elaborate și efectuarea unor corecții. Aceste modificări sunt necesare atât datorită unor greșeli de introducere a datelor cât și modificărilor ulterioare survenite în procesul de fabricație. Structura acestui bloc permite o intervenție directă în cadrul unei operații la anumite date. După efectuarea modificării programul reface calculele pentru ansamblul respectiv.

Butonul “Consultare pe ecran” permite accesul la datele oferite de tehnologia elaborată. El permite consultarea pe ecranul monitorului în detaliu în funcție de condițiile dorite de operatorul sudor sau utilizator a tehnologiei de sudare.

TEHNOLOGIE	CONSUM MATERIAL	S D U
PE SECTII	PE SECTII	PE SECTII
PE ANSAMBLU STAS	PE ANSAMBLU STAS	PE ANSAMBLU STAS
ANSAMBLU INDIVIDUAL	ANSAMBLU INDIVIDUAL	ANSAMBLU INDIVID.
O OPERATIE DIN ANSAMBLU INDIVIDUAL	PE COMANDA	PE COMANDA

**Fig.7.12. Structura ferestrei “Listare la imprimantă”.**

Butonul “Listare imprimantă” este similar cu structura blocului de

consultare pe ecran dar permite listarea datelor dorite la imprimantă (figura 7.12). Fiecare din butoanele acestei ferestre permite vizualizarea sau listarea datelor în mai multe moduri funcție de nevoile utilizatorului.

Butonul “Întreținere fișiere” este destinat modificărilor și întreținerii structurii programului. Acest fișier este accesibil pe baza unei parole numai personalului calificat în domeniu.

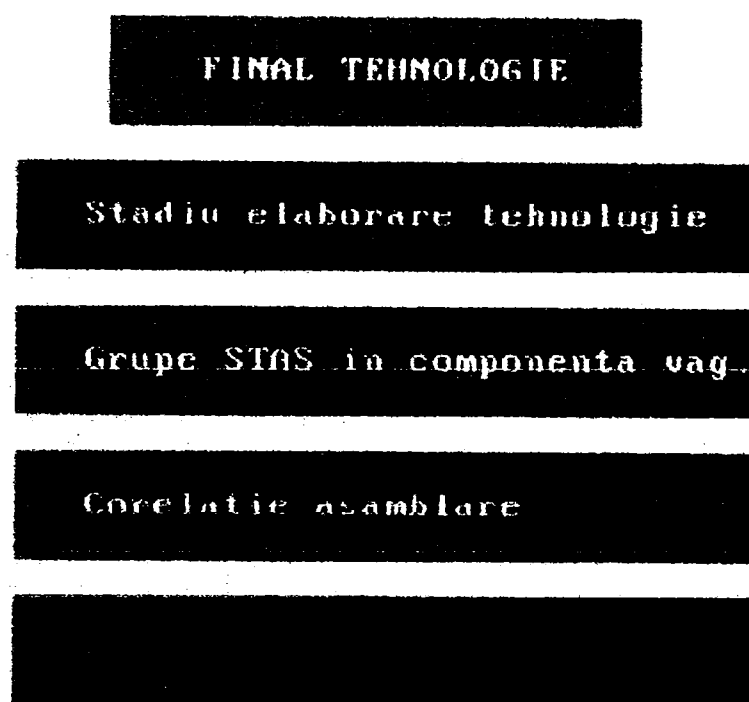
Butonul “Salvare fișiere “ este destinat interfeței cu alte calculatoare în vederea transmiterii tehnologiei de pe calculatorul pe care s-a realizat pe alte minicalculatoare. Tot prin acest buton pot fi salvate datele atunci când este finalizată o tehnologie sau când se consideră ca nu mai este nevoie de ea o perioadă de timp. Reinstaurarea unei comenzi se face tot aici (figura 7.13).



**Fig. 7.13 Structura ferestrei “Salvare fișiere”.**

Butonul “Final tehnologie “ (figura 7.14.) asigură stabilirea corelației de asamblare, adică indică utilizatorului locul de asamblare pentru fiecare

subansamblu. De asemenea sunt generate o serie de operații auxiliare și se poate verifica în orice moment stadiul elaborării tehnologiei pentru o lucrare.



**Fig. 7.14. Structura ferestrei “Final tehnologie”.**

Butonul “Help” asigură consultarea stucturilor programului, permițind operatorului și utilizatorului lămurirea problemelor pe care aceștia le au cu privire la buna utilizare a lucrării (figura 7.15). El permite descifrarea constrângerilor obligatorii pe care programul le impune cum este spre exemplu înlănțuirea obligatorie a operațiilor (figura 7.16).

Acest mod de structurare a lucrării permite realizarea tehnologiei de asamblare și sudare pentru orice societate producătoare de structuri sudate. Cu această lucrare compartimentul specializat al unei societăți producătoare de structuri sudate elaborează tehnologia, el având și obligația de a actualiza în permanența baza de date a lucrării. Totodată lucrarea prin modul de concepție

realizează un grad mare de utilizare a informațiilor și experienței specialiștilor în domeniu.

**HELP**

1. Codificarea operațiilor
2. Codificarea cusaturilor
3. Condiții impuse îmbinării sudate (clasa de calitate)
4. Condiții de sudare care determină timpul de odihnă
5. Poziția în spațiu a cusaturii
6. Calitatea materialelor de bază care se sudează
7. Încalzirea prealabilă a pieselor care se sudează
8. Înlănțuirea obligatorie a operațiilor

Fig. 7.15. Structura ferestrei "Help".

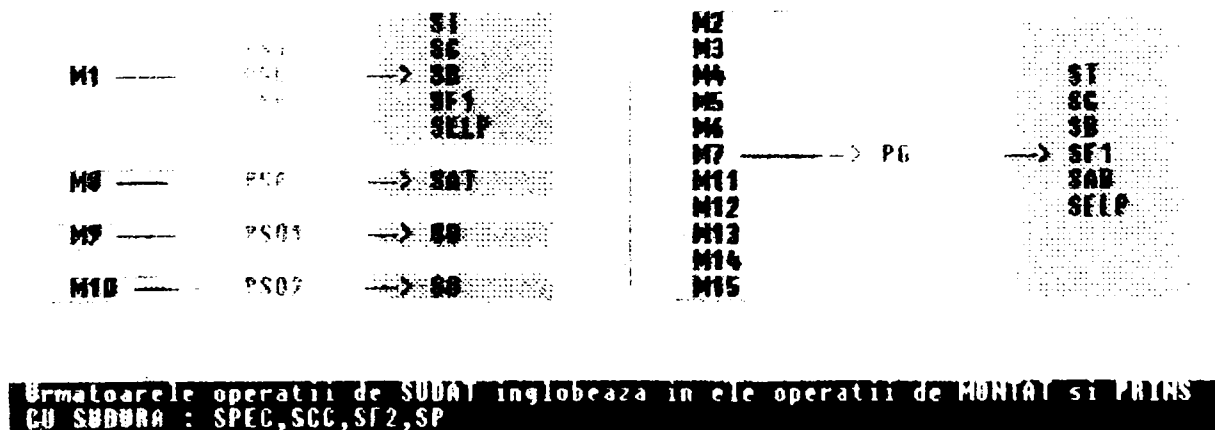


Fig.7.16 Structura ferestrei pentru înlănțuirea operațiilor.

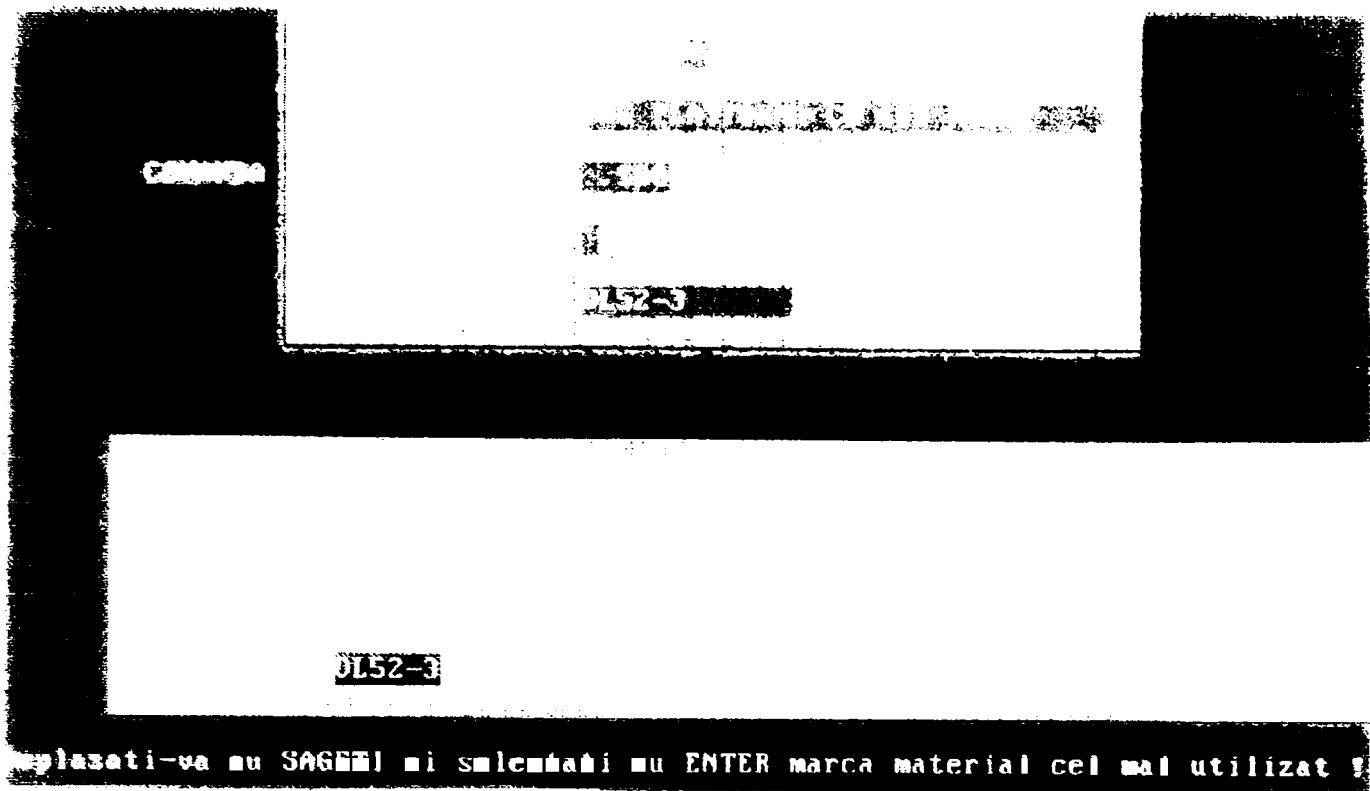


Fig.7.17 Fereastra pentru alegerea comenzii și materialului.

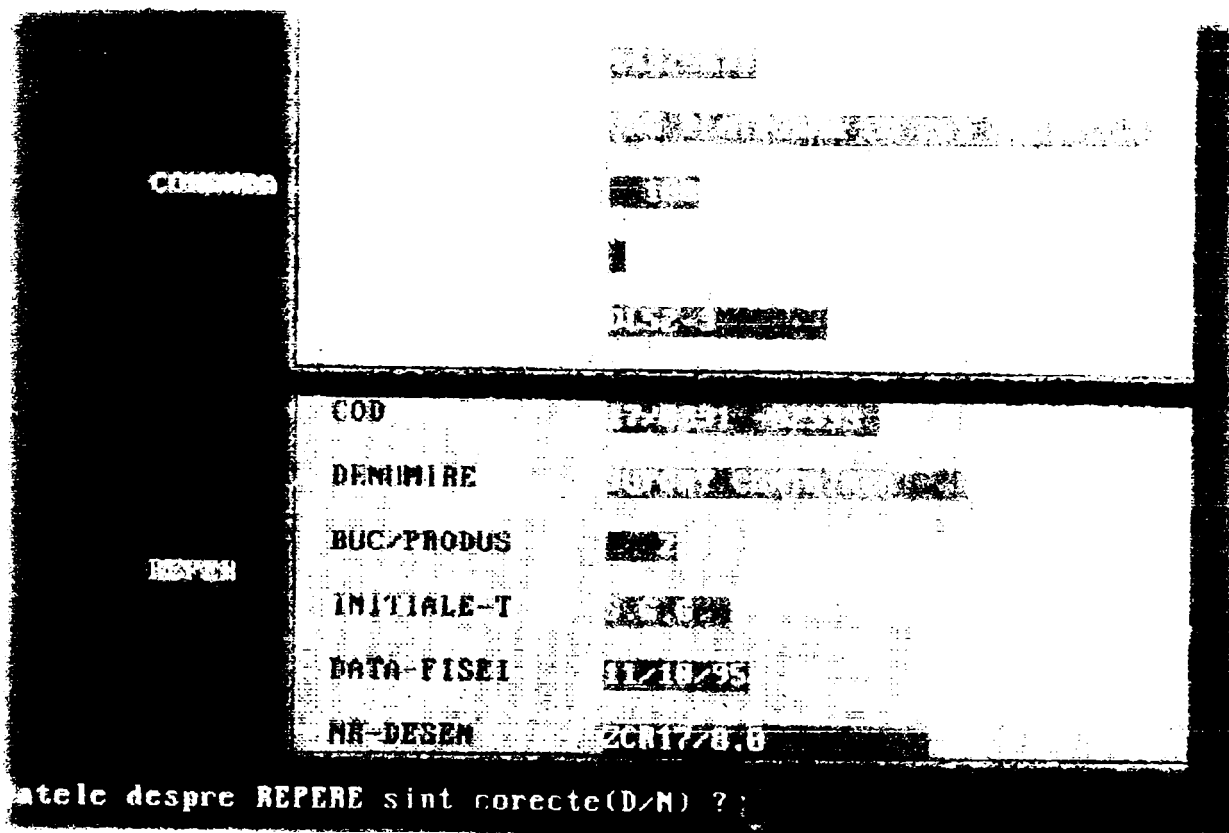


Fig. 7.18 Fereastra pentru identificarea reperului.

Pentru începerea elaborării tehnologiei se accesează butonul “Introducere date” iar în fereastra ce se deschide se introduc datele cerute de calculator legate de identificarea comenzii și a materialului ansamblului ce se sudează (figura 7.17) și apoi cele legate de identificarea reperului (figura 7.18).

OPERATIILE	
COD COMANDA	14325671
COD REPER	17/0231 -0233S
NUMAR OPERATIE	10
COD OPERATIE	

**Fig. 7.19 Modul de alegere al operației dorite.**

### 1. CODIFICAREA OPERATIILOR

- 1.1 Operatii de montaj
- 1.2 Operatii de prins cu sudura
- 1.3 Operatii de sudat
- 1.4 Operatii de indreptat (redresat)
- 1.5 Operatii de prelat
- 1.6 Operatii de control si probe
- 1.7 Alte operatii

**Fig.7.20 Prezentarea ferestrei de codificare a operațiilor.**

În continuare se trece la introducerea operației dorite (figura 7.19) direct dacă se cunoaște codificarea operației sau prin intermediul ferestrei de codificare a operațiilor (figura 7.20).

Pentru continuare calculatorul cere utilizatorului datele minime de care are nevoie și care nu sunt cuprinse în bazele de date. Aceste informații se referă la reperele ce compun piesa (figura 7.21), dispozitivele ce se utilizează (figura 7.22) și imbinările sudate (figura 7.23 , figura 7.24). Datele cerute de calculator sunt preluate de către operator de pe desenele de execuție și din condițiile tehnice ale produsului.

**OPERATII**

COD CUMANDA: 14325671  
 COD REPER: 17/0231 -0233S  
 NUMAR OPERATIE: 10  
 COD OPERATIE: M1

COD SECTIE: 520  
 DESERVIRE:  
 CATEGORIE:  
 MONTAREA SE FACE:

1	2	3
17/0231	17/0232	17/0233
PLACA SUPTOR	FIXATOR PLACA	OPRITOR
1	1	1
10.000	3.500	2.000

Datele despre REPERUL CARE SE MONTEAZA 17/0233 sint corecte (D/N)? D  
 Mai introduceti informatii despre alte REPERE care se monteaza(D/N) ?

**Fig 7.21 Fereastra de prezentare a modului de introducere a informațiilor despre reperele ce se assemblează.**

**OPERATII**

MANDA 14325671  
 NUMAR OPERATIE 17/0231 - 02338  
 SUB OPERATIE 10  
 11

COD SECTIE 520  
 DESERVIRE 1  
 CATEGORIE 1  
 MONTAREA SE FACE:

Informatii despre S.D.U.-urile care se folosesc:

COD	91836251104
DENUMIRE	DISPOZITIU DE MONTAT
INDICATII	
BUCATI	1
LUNGIME (m)	0.500
LATIME (m)	0.300
INALTIME (m)	0.000
URGENTA	0

Fig 7.22 Fereastra de prezentare informațiilor despre dispozitive.

**OPERATII**

MANDA 14325671  
 NUMAR OPERATIE 17/0231 - 02338  
 SUB OPERATIE 20  
 2501

COD SECTIE 520  
 DESERVIRE 1  
 CATEGORIE 1

LUNG. CORDON MEDIU (m) 0.163  
 NUMAR DE INTOARCERI 5

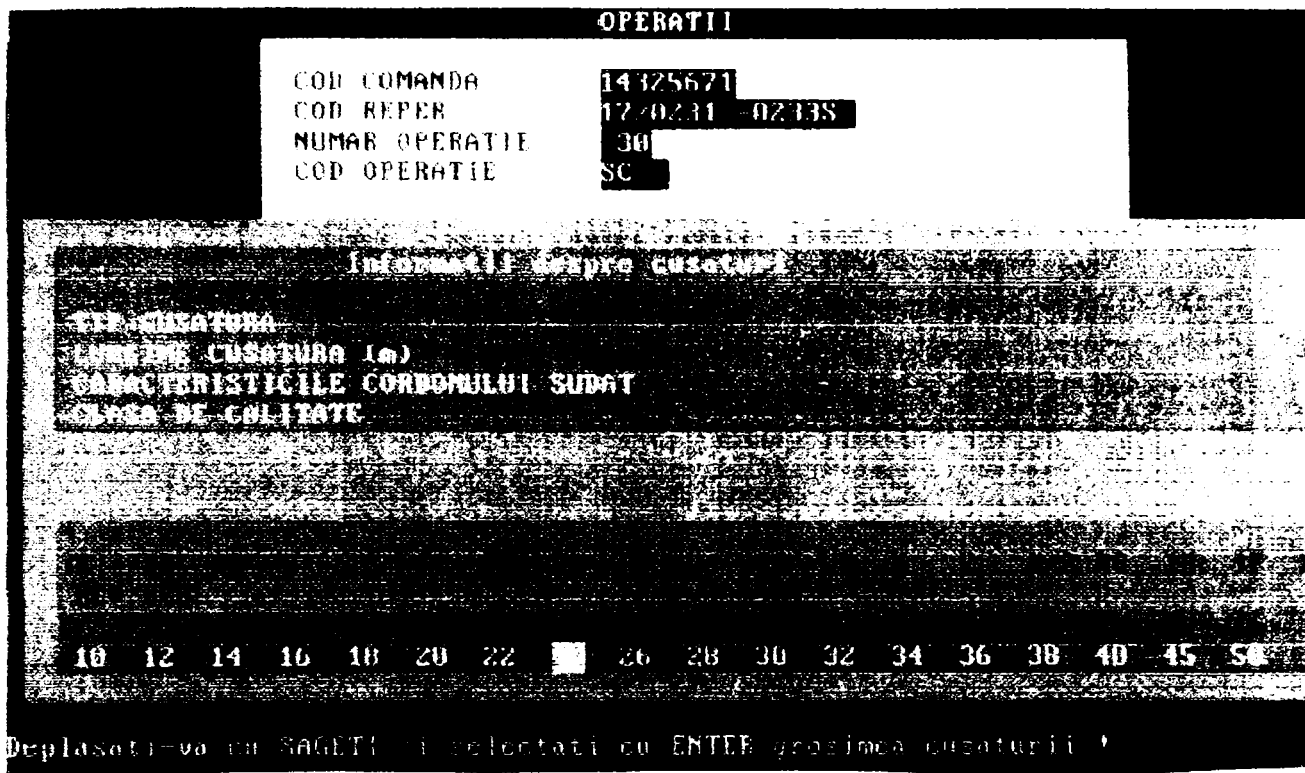
Informatii despre materialul de baza

MARCA MATERIAL BAZA 0152-4  
 25.0

datele introduse despre OPERATIE sint corecte (D/N) ?

Fig 7.23 Fereastra de prezentare a informațiilor despre îmbinările sudate.



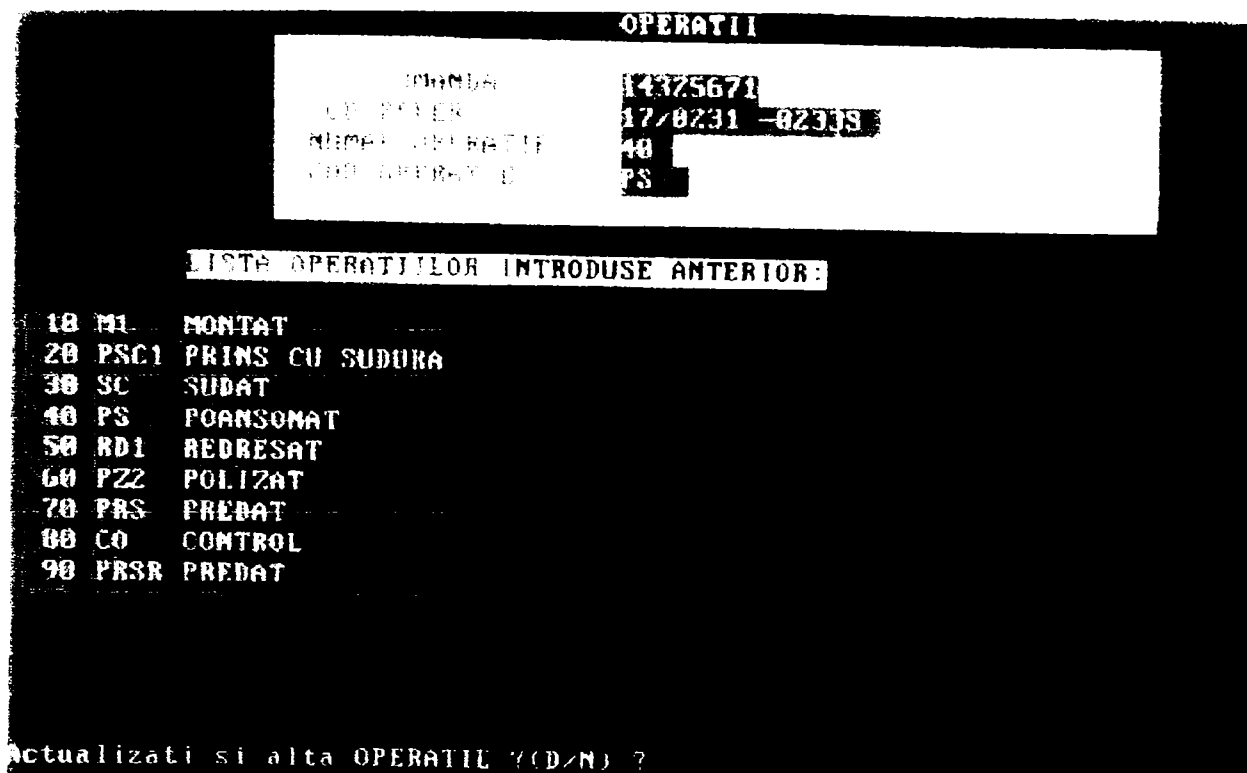


**Fig 7.24 Fereastra de prezentare a modului de alegere a rostului.**

La finalul fiecărei operații operatorul are posibilitatea de a vizualiza operațiile introduse în succesiunea lor logică (figura 7.25), putând alege continuarea sau oprirea introducerii de noi date.

După terminarea introducerii datelor pentru fiecare operație se face validarea (dacă datele introduse sunt corecte) sau invalidarea (dacă se dorește modificarea datelor introduse) operației. La finalizarea tuturor operațiilor pentru un ansamblu se validează terminarea acestuia iar calculatorul efectuează calculele și elaborează tehnologia.

Programul realizează și calcul manoperei necesare pentru execuția fiecărei operații.



**Fig. 7.25 Fereastră de prezentare a operațiilor introduse.**

Operațiile care erau apropiate ca algoritm de calcul au fost comasate în aceeași operație cu utilizarea unor coeficienți de corecție și respectarea structurii normei de timp prezentată în figura 7.26. În general fiecare grupa de operații își are algoritmul propriu de calcul.

În cazul utilizării senzorilor de rost se utilizează automat rezultatele stocate în baza de date. Pentru alte operații decât cele de sudare se utilizează algoritmi de calcul conform normelor metodologice specifice.

Fiecare operație a fost astfel concepută încât datele necesare pentru calcule cerute operatorului să fie minime. Acest lucru s-a realizat prin:

- simplificarea formulelor de calcul.
- stocarea valorii unora dintre coeficienți în baza de date.

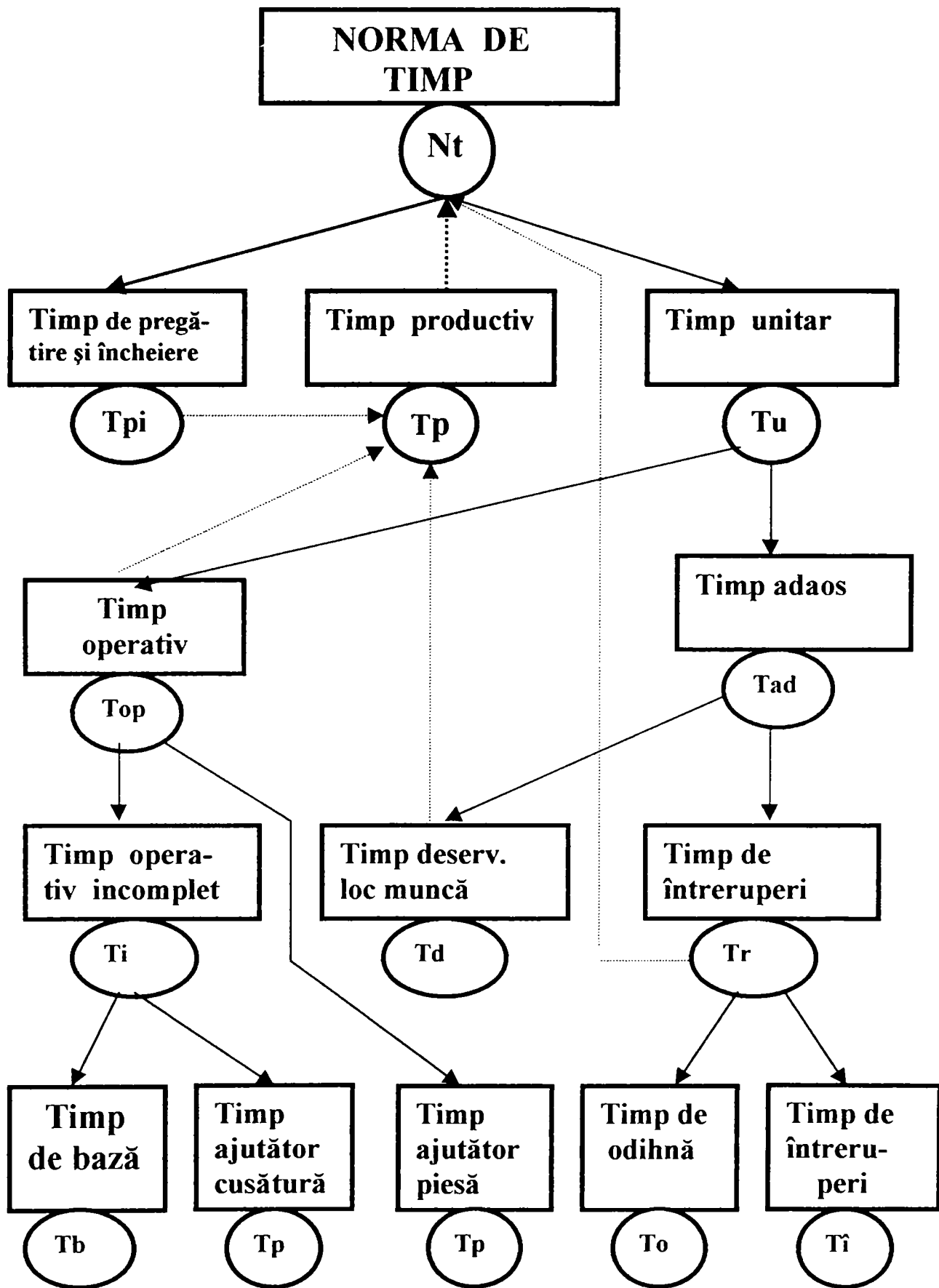


Fig.7.26. Structura normei de timp.

-preluarea de informații de la operații anterioare.

Programul este conceput sub forma unui dialog între operator și calculator, operatorului cerându-se date minime pentru avansarea tehnologiei. Spre exemplu pentru operația de sudat s-a lăsat la latitudinea operatorului introducerea următoarelor date:

- procedeul de sudare.
- tipul de rost utilizat (preluat de pe desenul de execuție).
- lungimea îmbinării (preluat de pe desenul de execuție).
- secția în care se execută ansamblul sudat.

Blocul “Introducere date” permite elaborarea tehnologiei în două variante după cum urmează:

- varianta pas cu pas.
- varianta ansamblelor etalon.

Varianta pas cu pas necesită pentru un subansamblu introducerea cronologică a operațiilor principale în ordinea indicată de calculator și care este ordinea firească de execuție a ansamblului. Operațiile secundare ce decurg din cele principale sunt înscrise direct de calculator fără a solicita operatorului date despre aceasta.

Varianta asamblării etalon folosește prima metodă pentru elaborarea unor ansamble standard. La elaborarea tehnologiei după această metodă pentru un ansamblu se caută etalonul cel mai apropiat, după care prin modificări minime se obține ansamblul dorit.

### 7.1.2.2 Modul de utilizare a tehnologiei de sudare elaborate.

Prin conceperea lucrării s-a încercat să se realizeze prezentarea rezultatelor tehnologiei într-un mod cât mai accesibil tuturor utilizatorilor. Programul permite prin intermediul blocurilor “Consultare pe ecran” sau “Listare la imprimantă” obținerea informațiilor despre:

- fișa tehnologică.
- listă S.D.V.
- nomenclator materiale.

Întrucât principalii utilizatori sunt cei care realizează structurile sudate s-a căutat ca tehnologia de asamblare și sudare să fie prezentată acestora sub forma unor fișe tehnologice în care să fie prezentat detaliat informațiile de care aceștia au nevoie în timpul desfășurării proceselor tehnologice. Din aceste considerente sunt prezentate detaliat succesiunea operațiilor de fabricație (ce sunt obligatoriu de respectat), utilajele și dispozitivele ce trebuie utilizate și timpul de execuție necesar pentru fiecare operație. La operația de sudare sunt prezentate regimurile de sudare de utilizat, felul materialelor de adaos și cantitatea acestora, tipul sursei de sudare, timpul necesar efectuării lucrării și dispozitivul în care se sudează piesa (figura 7.27). Aceste fișe tehnologice pot fi obținute pentru un ansamblu dat, pentru întreaga comandă, pentru o grupă de ansamble sau pentru o secție. La elaborare fișelor tehnologice se ține seama de regimurile de sudare omologate, acestea fiind introduse în baza de date aferentă programului.

Fișa tehnologică prezentată în varianta din figura 7.27 este utilizată de secțiile ce produc ansamblul sudat, compartimentele tehnologice și serviciul de control al calității.

19	PREPARAT	610	40112	1 5 1 3	6	14.911
	potrivit pentru sudura					
				1 BUC REP 17/0231 PLACA		
				2 BUC REP 17/0232 FIXATOR		
				1 BUC REP 17/0233 OPRITOR		
				1 BUC REP 17/0234 PLACA		
				1 DISPOZITIV DE SUDAT 91036251104		
22	PRINS CU SUDURA	610	44330	1 5	6	14.911
	Prinderea cu sudura se face cu					
	Sirma plina-S12Mn1SiNi1Ti					
	CORDON 70 : De=1.20 Is=160-100A Ua=26-200					
	Ue=4.40-4.50m/s Us=0.25-0.30m/s					
23	SUDAT	610	44351	1 5	25	193.475
	in mediu gaz protector CO2+argon					
	1 DISPOZITIV DE SUDAT 91036251106					

PSI TEHNOLOGICA

Se sudeaza cu						
Sirma plina-S12Mn1SiNi1Ti						
CORDON 70 3.000						
1 strat B=1.20 Is=160-100A; Ua=26-200						
Cusatura se executa in cls de calitate 2						
Fel curent : CC Polaritate electrod. :						
Consum materiale de sudare:						
ARGON M=3.97454KG						
DIOXID DE CARBON M=0.87246KG						
Sirma plina-S12Mn1SiNi1Ti						
B=1.20 M=4.96800KG						
24	PERSONAT	610	44351	1 5	5	0.400

PSI TEHNOLOGICA

58	REVINEST	620	40013	1 3	5	10.507
	1 DISPOZITIV DE IMBREPTAT 91036251045					
	DUPA SUDARE					
60	POLIZAT	620	40110	1 3	5	0.971
	la luciu metalic					
70	PREDAT	620	40013	1 5 1 3	10	16.500
	la CTC					
80	CONTROL	160	97000	1 5	0	11.421
	intermediar					
	Se verifica:					
	-poansonarea cordoanelor					
	-cordoanele de sudura aspectual,					
	dimensional conform desca si documentatie					
	MNC-uri :					

Fig. 7.27. Exemplu de fișă tehnologică simplă, editată.

Alte compartimente ale societăți au nevoie de prezentarea rezultatelor sub o altă formă. Spre exemplu pentru compartimentele de proiectare S.D.V, urmărirea S.D.V, organizarea muncii, etc.. se elaborează “lista S.D.V.”a carei formă este prezentată în figura 7.28.

Compartimentul ce are în sarcină consumul de materiale sau aprovizionarea cu materiale poate să extragă direct centralizat nomenclatorul de materiale structurat pe necesitățile acestuia (figura 7.29).

91776692220	DISP DE SUDAT ROTATIV	80	S17302/01.00	1	44121	610	1
91776690399	DISPOZITIU DE MONTAT	10	S17302/01.00	1	40112	610	1
91020691517	SABL.DET.AXA CUPLEI	120	S17302/01.00	0	40013	610	0
91776692237	SABL. DE VERIFICAT	120	S17302/01.00	0	40013	610	0
91776692237	SABL. DE VERIFICAT	120	S17302/01.00	0	40013	610	0
91770691517	SABL.DET.AXE COPLA	120	S17302/01.00	0	40013	610	0
91770691522	SABL.DET.AXA TAMPON	120	S17302/01.00	0	40013	610	0
91020201003	SABL.MAS.COTA x1a,..	120	S17302/01.00	0	40013	610	0
91770691522	SABL.DET.AXA TAMPON	120	S17302/01.00	0	40013	610	0
91026620260	SABL.SOSTINUT SIMA	120	S17302/01.00	0	40013	610	0
91776692230	CAPRE PENTRU PREDARE	120	S17302/01.00	1	40013	610	1
91776692229	DISPOZITIU DE RIDICAT	70	S17302/01.00	1	40111	610	0

**Fig 7.28. Listă S.D.V. elaborată pentru un ansamblu.**

Listările pot fi făcute după preferința utilizatorului astfel (figura 7.12):

- pentru un ansamblu individual.
- pe o secție.
- pentru o grupă de subansamble.
- pentru întreaga construcție sudată.

Y7/0231 -0233S	ARGON		KG	3.97454
	DIOXID DE CARBON		KG	8.87246
	Sirna plina-S12Mn1SiNiTi	D1.20	KG	4.96800

**Figura 7.29. Exemplu de listare a consumurilor de materiale.**

## **7.2 Concluzii în legătură cu sistemul informatic.**

Așa cum rezultă din acest capitol “Sistemul informatic pentru elaborarea tehnologiei de sudare” este o aplicație informatică care are scopul de a emula în domeniul sudării următoarele sale competențe:

- recomandarea senzorilor pentru urmărirea rosturilor la sudare.
- accesul la informațiile biografice.
- identificarea senzorilor și a construcției acestora.
- elaborarea tehnologiei de asamblare și sudare.
- stabilirea consumurilor de materiale de adaos.
- elaborarea necesarului de dispozitive pentru fluxul de fabricație.

Pe baza celor prezentate în acest capitol se pot trage următoarele concluzii:

a) În legătură cu sistemele informatice trebuie observat că acestea nu mai sunt o modă ci la ora actuală au devenit o necesitate, lucru ce dovedește



importanța lor. Prin realizarea acestui sistem informatic se realizează importante avantaje, principalele fiind următoarele:

- posibilitatea consultării senzorilor de rost existenți și a locului de utilizare de către diverse firme.

- reducerea volumului de muncă la elaborarea tehnologiei de sudare cu 45% față de metoda clasică.

- circulația rapidă a informației de la compartimentele tehnologice la utilizatori.

- modificare rapidă a tehnologiei la relansare unui produs.

- eliminare greșelilor la elaborarea tehnologiilor datorită înlănțuirilor obligatorii și preluarea regimurilor de lucru din baza de date.

- eliminarea verigilor intermediare în procesul de elaborare a tehnologiei de asamblare și sudare.

b) În paragraful 7.1 sunt descrise pe rând cele două module ale “Sistemului informatic pentru elaborarea tehnologiei de sudare”. În legătură cu acestea se pot enumera următoarele:

- modulul creat pentru identificarea senzorilor la sudare are scopul de a ajuta la identificarea celui mai potrivit senzor de urmărire a rostului. Alegerea se face funcție de condițiile concrete pe care utilizatorul le dorește. Programul permite de asemenea afișarea construcției fiecărui tip de senzor.

- modulul creat pentru elaborarea tehnologiei de asamblare și sudare permite stabilirea tehnologiei de asamblare și sudare pentru structurile sudate ce trebuie realizate într-o societate. Accesul la rezultatele tehnologiei sunt posibil de realizat funcție de cerințele fiecărui utilizator și compartimentul în care lucrează. Pot fi consultate tehnologiile de sudare, consumurile de materiale de adaos și dispozitivele necesare proceselor de fabricație. Toate aceste informații pot fi sintetizate pentru un ansamblu, o comandă sau o secție de producție.

## **CAP.8 Elemente de noutate și considerații finale.**

Scopul acestui capitol este de a prezenta elementele de noutate prezente în această lucrare , precum și o serie de considerații finale în legătură cu modul de implementare al sistemului informațional.

### **8.1. Elemente de noutate.**

În continuare sunt prezentate elementele de noutate în ordinea descrisă în această lucrare.

I. În cadrul analizei fenomenelor care au loc la sudarea robotizată cu senzori de rost au fost realizate studii și încercări care reprezintă elemente de noutate, astfel:

\* Analiza deplasării liniei rostului de sudare funcție de poziția capului de sudare în raport cu rostul și locul de începere a îmbinării sudate. Analiza s-a făcut în doua plane. Pentru un profil T cu grosimea de 10 mm și lungimea de 1000 mm, abaterile momentane maxime au fost:

- orizontal; 3,1 mm
- vertical; 3,8 mm

Acest lucru impune utilizarea unor sisteme senzoriale la sudarea robotizată a acestor piese.

\* Analiza tipurilor de senzori posibili de utilizat la operațiile de sudare în

construcția de vagoane în vederea stabilirii senzorilor optimi de utilizat în diverse aplicații industriale. S-au analizat două grupe de senzori:

- senzori tactili.
- senzori fără contact.

Rezultate optime au fost obținute prin utilizarea unor combinații de doi senzori (senzori tactil pentru localizarea rostului și senzor de arc pentru urmărirea rostului).

\* Analiza ansamblelor din construcția de vagoane posibil de sudat roborizat cu senzori de rost. Această analiză s-a făcut prin prisma :

- formei și dimensiuni îmbinării sudate.
- cursul rostului.

Pentru cele mai reprezentative ansamble este prezentat în capitolul 6 senzorul optim de utilizat pentru fiecare operație și tehnologiile de sudare.

\* Inventarierea și analiza formei rosturilor pentru sudare utilizate în construcția de vagoane. În urma analizei în detaliu au rezultat următoarele aspecte:

- S-a stabilit gradul de utilizare al fiecărui tip de rost. Cel mai utilizat rost este cel în Y atât pentru îmbinările de colț cât și cele cap la cap.

- Au fost evidențiate funcție de senzorul utilizat două categorii principale de rosturi după precizia de urmărire al senzorului: urmăribile și greu de urmărit sau neurmăribile.

- Cercetarea rosturilor greu urmăribile sau ce pun probleme la urmărirea cu senzori de arc. Prin încercări s-au găsit alte tipuri de rosturi ce sunt ușor urmăribile. Rosturile în K și Y/2 pentru îmbinările de colț au fost transformate în rosturi bilaterale respectiv unilaterale în U/2, raza de racordare fiind de 10mm, iar înclinarea peretelui pentru grosimi mai mari de 10 mm de

45°. Rosturile K și Y/2 la îmbinările cap la cap au fost transformate în rosturi V,Y sau unul din rosturile prezentate anterior.

\* Experimentul pentru determinarea influenței razelor de curbură din cadrul traseului rostului asupra urmării stabile cu senzor de arc. Au fost analizate îmbinări cap la cap și de colț, pentru raze interioare și exterioare. Conform încercărilor pentru treseul rostului unei îmbinări se recomandă ca valorile minime ale razelor de curbură să fie:

- îmbinare de colț cu rază exterioară;45mm.
- îmbinare de colț cu rază interioară;30mm.
- îmbinare cap la cap;30mm.

\* Încercările pentru determinarea influenței razelor de curbură din cadrul traseului rostului asupra urmării stabile cu senzor tactil. Au fost analizate îmbinări cap la cap și de colț, pentru raze interioare și exterioare stabilindu-se următoarele raze minime de urmărit:

- îmbinare de colț cu rază exterioară;45mm.
- îmbinare de colț cu rază interioară;40mm.
- îmbinare cap la cap;40mm.

\* Analiza experimentală a influenței modului de execuție a punctelor de prindere asupra urmării stabile a rostului la utilizarea senzorului de arc. Au fost analizate atât influența grosimii cât și a lungimii punctelor de prindere cu sudură. De asemenea au fost studiate urmările la care se poate ajunge în cazul utilizării unor puncte de prindere necorespunzătoare. Nu se recomandă ca punctele de prindere să aibă o grosime mai mare de 2,5 mm, fenomenele negative amplificându-se în cazul sudării prin suprapunere al tablelor subțiri.

\* Stabilirea prin încercări a tehnologiei de sudare optime pentru principalele ansamble din construcția de vagoane ce se pretează la sudarea robotizată cu senzori de rost. Aceste tehnologii au fost omologate conform normelor naționale și internaționale iar valorile parametrilor de sudare au fost alese astfel încât să nu influențeze negativ posibilitățile de urmărire ale senzorilor. Pentru fiecare tip de ansamblu s-a stabilit funcție de condițiile concrete de sudare care este senzorul optim de utilizat.

\* Stabilirea unei ordini de executare a fiecărui cordon astfel încât deformațiile piesei să fie minime. În anumite situații (ex.tepusa) au fost analizate multiple variante de sudare pentru realizarea unor deformații minime. Acest lucru s-a impus pentru eliminarea unor operații suplimentare ulterioare operației de sudare.

II. Sistemul informatic prezentat în lucrare este inedit în întregime, începând cu concepția și proiectarea acestuia până la realizarea versiunii comerciale. În continuare vor fi descrise aspectele inedite legate de fiecare modul component al sistemului:

\* Elaborarea tehnologiei de sudare prezintă caracteristicile tipice ale unui sistem informațional, astfel:

- Programul face o recomandare și oferă soluții.
- Programul oferă explicații în legătură cu recomandările făcute.
- Programul efectuează calcule și elaborează tehnologia.

\* Identificarea senzorilor de utilizat la sudare reprezintă o aplicație tipică pentru un sistem informațional. Acesta permite pe baza unui arbore de decizie localizare senzorului care corespunde dorinței utilizatorului. Pentru fiecare

senzor programul oferă informații privind caracteristicile fizice și constructive precum și locul actual de aplicație.

\* Programul pentru elaborarea tehnologiei de asamblare și sudare permite realizarea pentru o societate producătoare de structuri sudate a tehnologiei de sudare necesare tuturor serviciilor acesteia. Elaborarea se bazează pe date minime furnizate de operator, funcție de opțiunile acestuia, celelalte date fiind preluate din baza de date.

\* Recomandările tehnologice pot fi consultate pe domenii funcție de nevoile fiecărui solicitant. Pentru acest lucru au fost create trei opțiuni principale de consultare: fișe tehnologice, nomenclator de materiale și liste cu dispozitive.

\* Programul este prevăzut cu legături pentru preluare de date din baza sa de date de către alte programe ce se pot realiza în societate cum ar fi: elaborarea fluxurilor tehnologice sau studiul încărcărilor pe utilajele de sudat.

## **8.2. Considerații finale**

În baza studiilor și încercărilor se pot trage următoarele concluzii:

\* Utilizarea tipurilor de senzori la urmărirea rosturilor pentru sudare nu are la bază un criteriu unitar pe baza căruia să se poată stabili o relație rost-senzor.

\* În timpul procesului de sudare au loc deformații locale ce diferă de la o piesă la alta în cadrul unui lot, deformații ce trebuie analizate într-o perioadă foarte scurtă în timpul procesului de sudare și efectuate corecturile de rigoare ale deplasării capului de sudare.

\* Realizarea unui proces de sudare reproductibil nu este posibilă ceea ce impune ca un traseu memorat pentru o piesă să fie modificat instantaneu în anumite momente funcție de modificările nou survenite în proces.

\* Utilizarea senzorilor de rost poate fi făcută atât în cadrul instalațiilor universale de sudare cât și în instalații specializate . Raspândirea cea mai mare se întâlnește în cadrul sudării cu roboți industriali.

\* Utilizarea unui senzor într-o instalație depinde de performanțele ce se doresc obținute și de considerațiile economice.

\* Programul experimental de cercetare al utilizării senzorilor de arc și tactil cuprinde o serie de experimentări în vederea investigării condițiilor de urmărire și utilizare optimă a acestora în procesul de sudare.

\* Utilizarea senzorilor la urmărirea rosturilor pentru sudare a permis obținerea unor îmbinări sudate de calitate la care probabilitatea existenței unor defecte neadmise este minimă.

\* La asambelele cercetate s-a constatat ca nu orice tip de rost poate fi urmărit cu un anumit tip de senzor. Trebuie să fie realizată o corelare între configurația rosturilor și senzoul utilizat. Pentru realizarea unor bune rezultate este necesar realizarea anumitor modificari în configurația rostului.

\* Senzorii utilizați la sudare pot da informații în timpul operației de sudare în vederea stabilirii parametrilor regimului de sudare pentru realizarea umplerii uniforme a unor rosturi cu secțiune transversală variabilă.

\* Realizarea unor îmbinări sudate de calitate depinde de poziția capului de sudare în raport cu rostul , poziție ce este foarte bine controlată și coordonată prin intermediul senzorilor de rost.

\* Sistemul informatic pentru elaborarea tehnologiei de sudare oferă informații pentru alegerea senzorilor de utilizat la urmărirea rosturilor și este util la elaborarea tehnologiei pentru structurile sudate.

În încheiere trebuie arătat că metodele și informațiile prezentate vor fi cu certitudine depășite în următorii ani ca urmare a progresului tehnic și informațional.



# BIBLIOGRAFIE

1. V. Safta Controlul îmbinărilor și produselor sudate, Ed  
Facla, Timișoara 1984
2. V Safta, M. Burcă Stabilitatea arcului la sudarea MIG/MAG,  
Lucrarile Univ. A. Vlaicu Arad mai 1992
3. B.J. Minderhout Automatisieren slagbetermet geschoold personel  
Lastechniek, 1999.
4. B.M.Drăgănescu A doua revoluție industrială. Automatică.  
Informatică. Electronică. Ed.Teh.1981.
5. N. Holst Manufacturer's switch to robotics adds consis-  
tency and speed.  
Welding journal,nr.8, 1998
6. N. Holst Automatish M.I.G.-solderon van verzinkte plaat  
Lastechniek, nr.10 1998.
7. M. Schweizer Zuwachsraten bei Industrierobotern ungebrochen  
Schweißen und Schneiden nr.5, 1992
- 8.H. Warnecke, U. Gzic Tendenzen der Roboterentwicklung unter beson-  
derer Berücksichtigung der Schweißtechnik der  
Schweißtechnik Schweißen und Schneiden 39.  
(1989) nr.4 S165-227
9. \*\*\* Case study-Robot Welding.  
Welding & Joing, vol.67, 1999.
10. R.D. Schraft Stand der Robotertechnik im internationale  
Vergleich Vortragsband zum Aachener  
Kolloquium.Schweißen mit Robotern,  
Aachen, Martz 1987.

11. V.I.Zagrebelny Automation of arc welding robot process by using industrial robots. JVRI nr 2/1994
12. Y. Fujiya,ş.a. Tehnical Commision on Welding Proces. JWS, SW-2208-92
13. P. Fromm, P. Drews. Advanced Senzor-Robot Comunication. IIW Doc.XII-1405, Aachen, 1995
14. \*\*\* Sensoren fur das vollmechanische Lichtbogenschweisen. DVS 927
15. U. Diltheu, ş.a. Industrial Robot Sistemns for Electrical Arc Welding. IIW-Doc.XII-1254 Madrid 1991.
16. Brumer,F.U.Lubert. Elektronische Sensoren in der Schweißtechnik 191 FhG-Berichte Bd3. 1991
17. M.Ushio,W.Mao,s.a. Caracteristics of arc sensor in GAM Welding Anual Meeting of JWS.1994.
18. \*\*\* Sensoren fur das vollmechanische Lichtbogen-schweißen DVS Verlag, DVS-Merkblatt 0927,1988
- 19 .\*\*\* Tehnical commision on Welding Process of JWS. Arc Welding Automation in Various Industrie. Journal of the JWS.Nr.6.1993.
20. Kieshi Taki, ş.a. Aplication of visual sensor for automatic welding in Japan. IIWDoc.XII-1564-1999
21. J.M.Detriche Tout savoir sur les capteurs de joint pour le soudage robotise. Journal de la robotique,1985.
22. W. Lucas, ş.a. Review of Industrial Senzors for Control of Arc Welding. IIWDoc.XII-1566-1999.

23. Sima Gh, Tusz Fr Utilizarea senzorilor la sudare automată MIG-MAG, Univ. A. Vlaicu Arad, 1996
24. Sima Gh, Tusz Fr Conceperea celulelor și tehnologiilor de sudare robotizată. Univ. A. Vlaicu Arad, 1996
25. Sima Gh, Tusz Fr Celule flexibile robotizate utilizate în construcția de vagoane, Roboți industriali Reșița, 1996
26. Worn, H. Einsatzbeispiele für sensorgesteuertes Schutzgas schweißen mit Industrierobotern, Fachberichte Huttenpraxis Metallverarbeitung 25.1989.
27. H. Nomura Sensors and control systems in arc welding. Champane Hall, Londra 1994
28. \* \* \* Cecil Equipment Co; Trade Brochure, USA.
29. Yuji Sugitani General Review of "Automation Technology of Arc Welding. IIWDoc.XII-1471-1996
30. \* \* \* Cyclomatic Industrie Inc., Trade brochure, USA.1990
31. H. Nomura, ș.a. Sensor and Control Sistem in Arc Welding. IIW Com.XII-1207 Haga 1991
32. T.Gotoh, Kabushiki Kaisha Automatic Welding Apparatus with Weld Line Detection Means, U.S.A. patent 440455, 1983.
33. L.Cabrol. Procédé et dispositif pour la commande et le contrôle de la position entre deux bords métallique d'un organe de soudage à l'arc, Brevet Européen 83400993.
34. John Norrish Arc Welding Power sources. IIWCom.XII-1215-Haga1991

35. Y. Kitazava, T. Izumi Automatic Robot for the Welding Robots.  
Journal of the Japan welding Societe,nr.1,1993
36. Noubuo Shibata, ș.a. Automatic Welding System with Visual Seam  
Tracking Sensor.  
IIW DocXII-1471-96
37. D.Mălai. Senzor pentru sudarea cu RI a unui rost cu  
deschidere variabilă. Conf.Timișoara 1994.
38. F. D. He, ș.a. Tracking sensor for arc welding.  
Electric welding machine, nr.4 1990
39. H. J. Gerhard Use of field sensors for automating welding  
processes.  
Schweissen und schneide,pag168-169.1991
40. A. Zeantal Brevet francais. 1972.
41. Messer Griesheim Brevet francais. 1975.
42. H. Vallourec Brevet francais. 1972.
43. Takano,Ishisaka, Seijima Development and actual application of  
arc welding robot with senor.  
IIW Com 1230-Haga 1991
44. Tacahasi Mukai Aimi: Self-Teaching Spin Arc Sensor.  
Welding Process Committee, SW-2331-94
45. F.Goldbert,R.Karlen Inductive seam-tracking and height  
sensing syste sensing system for arc  
welding methods and there cutting, in  
Developments in mechanised automated  
and robotic welding,1990. Material AB
46. Yuji Sugitani, ș.a. Arc welding sensor.  
IIW Doc. XII-1471-96

47. \*\*\* Digital Control of Position and Weld.  
Trans of IEEE IAS –vol 28-1996
48. T. Matsubara, H. Shimoyama Development of portable arc welding robots for large steel structures, in 16 ISIR, 1986.
49. \* \* \* Update on Noncontact Seam Tracking System, Robotics Today, 1983.
50. Matthes K.J Sensoren für das automatische MAG-Schweißen ZIS Mitteilungen 26.
51. Schmall K.H. Einsatzmöglichkeiten von kapazitiven und induktiven Sensoren beim Schweißen mit Robotern. Vortragsband zum Aachener Kolloquium: Schweißen mit Robotern 1987.
52. A. Treuenfels Berührungslos arbeitendes Nahtführungssystem Industrie Anzeiger 106, (1984) nr. 8
53. W. Florian, K. Ohlsen Praxisnahe Schweißversuche mit sensorgeführten Robotern Vorbereitung eines Piloteinsatzes DVS Duserdorf Berichte 1989.
54. W. Florian, K. Ohlsen Untersuchungen zum sensorgeführten MAG, Schweißen mit Robotern DVS-Berichte 109. Duserdorf 1992.
55. F. Goldberg, R. Karlen Seam tracking and height sensing-an inductive system for arc welding and thermal cutting. Metal construction nr. 12, 1980
56. F. Goldberg, Inductive seam-tracking improves mechanized and robotic welding In, Automation and robotisation in welding and allied processes, 1985.

- 57 J. Derse, R.Henrici Sensomat-Nahtführungssystem halt Schweißbrenner auf Kurs Trennen und Fugen Oxford 1985.
- 58 Schmall. K.H. Sensoren für Schweiß und Schneidvorgänge Automobilindustrie 27 (1987) nr.14
- 59 F. Eichhorn, J.Borowka Schweißen und Schneiden-Jahresübersicht 1985 VDI Zeitschrift 128.
60. F. Blume, W.Schaffrath Induktive Sensoren zur Automatisierung von Schweißfertigungsprozessen Technisches Messen 51.1990.
61. G. Spur, G.Duelen Einsatz induktiver Abstandssensoren beim MAG Schweißen Technisches Messen 51,nr.14 (1990)
62. P. Puschner Prozesssignale DVS-Berichte 83, Duserdolf 1988.
63. Yuji Sugitani Characteristics of the Arc Sensor and its Future Technology. Journal of JWS vol 63,1994.
64. M. Schmidt Berührungslose Sensoren DVS Berichte 1983.
65. Y. Sugitani, W. Mao Adaptiv Control of Weld Bead Shape Utilizing Arc sensor. IIW Doc.XII-1360, 1990.
66. H Eichhorn, J.Platz Schweißkopfführung beim Lichtbogenschweißen Industrie Anzeiger 105, nr.76 (1993)
67. B. Eichhorn, J. Borowka Sensorgeführtes Roboterschweißen dünner Blecheinneues prozesorientiertes Schweißkopfführungssystem zur Erkennung von Toleranzen der Fugestellengeometrie.DVS-Brichte, Duserdolf 1989.
68. Puscher P Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung maschineller Schweißvorgänge beim Gleichstrom, DP2533448v.20.10.93 Int B23k9/12.

69. M. Ushio, W. Mao Modeling and Characteristics of the Trough-the-Arc Sensor.  
Proc. of Pre-Assambly Simposion,Dalian,1994
70. Y. Sugitani, ş.a. Development of the Lattice Welding Robot by Arc Sensor Control.  
Tehnicl Commission on Welding Processes SW-2313-94 (Japonia)
71. S. Iwaki. Present Status of Arc Sensor By Welding Robot.  
Forum JWS,1993
72. Oster E. Beitrag zur WEiterentwicklung der Prozeskenngrosen verarbeitenden Schweißkopfführung bei vollmechanisier Lichtbogenschweißverfahren  
Dissertation RWTH Aachen. (1986)
73. Kenji Ohshima, ş.a. Aplication of Neuro Arc Sensor to the robotic Welding. IIW Doc.XII-1400, Stocholm,1995.
74. S.Muller, R.Haas Einsatz von Industrie-Robotern zum Lichtbogenschweissen. Duserdolf 1986.
75. Noubuo Shibata, ş.a. Automatic Welding Sistem with Visual Seam Traking Sensor.IIWDoc-1471-96
76. Ken Fujita, ş.a. Procesing control by visual sensing for the multi pass layer arc welding.  
IIW Doc.XII-1471-96
77. R.A.Budell Robotic Mig Welding using vision seam General Motors Corp tracking,Robots 8,1984.
78. D.Lees, P.Trepagnier. Automatix,Guiding robot with stereo vision, Robotics Today,1984.
79. D.Lacoe 3D vision guided welding robot system,The industrial robot,1984.

80. \* \* \* Documentation fabricant RICO.Japon.,1988
81. P. Drems, U. Struns Quality Control and Post-Welding Inspection With an Optical Sensor Systems. IIWDoc.XII-1344,Glasgow,1993.
82. G.Gaussorgues Utilisation temps reel de la thermographie infrarouge dans les procedes de fabrication, Automatisation de procedes de sudage SEE, Grenoble, 4 novembre 1986.
83. \* \* \* Method for seam tracking in a moving arc torch welding operation, General Electric 1983.
84. P. Drems, B. Cordes Development of an optical sensor system for seam tracking and welding parameter adaptation. IIWComXII-1175,Montreal,1990.
85. Yasuo Suga, ş.a. Devalopment of an Autonomus Mobile Robot with a Visual Sensor. IIWDocXII-1333,Glasgow,1993
86. \* \* \* Controle de procede de soudage par anlyseur infrarouge a balayage,Brochure du constructeur. H.G.H. Ingenierie,1988.
87. B.A.Chin, J.S.Goodling Infrared Thermography shows Promise for Sensors in Robotic Welding. Robotics Today, 1983.
88. G.Roeder. Brevet European 064603.Messer Griesheim,1982.
89. P.Drems, U.Strunz On-line Measuring Sensor System for Laser Welding Aplication. IIWDocXII-1339 Glasgow,1993.



90. P.Drews, G.Starke Ein Steuerungskonzept zum automatischen Lichtbogenschweissen, Vollmechanisches Schweiße, und Schweißen mit Industrie-Robotern., 1989.
91. Y. Sugano, K. Saito. A robust visual sensing system using light section. IIWDoc.XII-1392, Stocholm, 1995.
92. K.Okada, S.Ando Optical Tracking Apparatus, Brevet US 37575, 1983.
93. M.A.Browne Passive visual tacking for Robotic arc Welding, in International Conference on Optical. Techniques in Process Control, 1983.
94. R. Tusuboi, ş.a. Aplicatin of Laser Sensor for Automatic Welding IIWDoc.XII-1594, 1999
95. P. Drews, B. Cordes Surface detection with a Laser-Analog sensor for the control of a welding robot. IIWCom XII-1170, Montreal, 1990.
96. O. Matusomoto, ş.a. Inteligent Control System of GTAW Process Welding Guide Book, 1996
97. P.M.Gonseth Un nouveau dispositif optique de suivi de joint, Bulletin technique VEVEY, 1983.
98. Z.Sami, C.Smith An industrial robot using sensory feedback for an automatic multipass welding system, in 6th BRA Conference, may 1983.
99. T.Bamba, H.Muruyama A visual seam tracking system for arc welding robots, in 14th ISIR, 1984, Goteburg.
100. A.de Keizer, R.de Groot Laser-based arc welding sensor monitors weld preparation profile, Sensor Review, 1984.

101. G.Begin, J.P.Boillot. Third Generation Adaptive Robotic Arc Welding Unit,1985.
102. Gh. Sima, Fr. Tusz. Sudarea robotizată în construcția de vagoane. Luc.Univ. Aurel Vlaicu Arad,1992.
103. .\*\*\* Surse de sudare TRMV500, O.T.C. Daihen ,1991.
104. \*\*\* Senzor Line Master, Condiții tehnice O.T.C. Daihen ,1991.
- 105.I. Platz. Baitrag zur Verbesserung eines Lichtbogen-gesteuerten Schweisskopf-führungs-systems und Entwicklung eines neuen verfahrens mit adaptiver Pendelbreite. Dizertation RWTH Aachen, 1986.
106. Tr. Sălăgean. Tehnologia procedeelor de sudare cu arc. Ed. Tehnică București,1985
107. \*\*\* Materiale de adaos. Metalka Liubliana,1994
108. \*\*\* Materiale fabricate în Romania. ISIM Timișoara, 1986.
109. H. Y. Nakamata Proposal from The Welding Equipment Maker Welding Tehnology,vol.41,1993.
110. V. Stenke. Toleranzen in Drahtpositionierung bum Wollmechanischen MAG Schweeissen. Dusserdolf,1987.
111. L. Micloș, Fr.Tusz Cercetarea regimurilor optime de sudare la o celulă robotizată dotată cu instalație de urmărire a rostului. Sudura,nr.4,1993.
112. M.H.Țierean, M.Tofan Optimizarea structurilor sudate pe baza fiabilității. Sudura,nr.1,1996.

113. E. Oster. Beitrag zur weiterenwiclung der prozesskenn grossen verarbeitenden Maschinemmet. Warsburg, nr22/1990.
114. M. Burcă, ș.a Stabilitatea arcului la sudarea MIG/MAG Luc.Univ. Aurel Vlaicu Arad,1992.
115. P. Fogarassy. Sistem expert pentru sudarea electrică prin presiune. Ed. Sudura 1999.
116. Gh. Sima, I. Costescu. Stabilirea tehnologiei de asamblare și sudare a structurilor sudate folosind calculatoare P.C. Rev. Sudura nr.1/1995.
117. Gh.Sima, D.Szabo. Metodă modernă de elaborare și utilizare a tehnologiei de sudare. Rev. Sudura nr.1/1995.
118. Gh.Sima, I. Costescu. Utilizarea calculatorului în prezentarea rezultatelor tehnologiei de sudare. Luc.Univ. Aurel Vlaicu Arad,1992.
119. P. Fogarassy Analiza informatică a sistemului expert pentru tehnologia sudării electrice prin presiune a tablelor. Sudura,nr.2,1994.
120. \*\*\* Microsoft Internet Assistant for Word 6.0 for Windows, Microsoft Corporation,1995
121. Dorin Dehelean Tehnologia sudării prin topire.Vol.I.Universitatea Tehnică Timisoara 1994.
122. \*\*\* Microsoft Windows Help Authoring Guide, Microsoft Corporation,1993.
123. I. Sejima Transsition of Automatic Technology in welding. Japan Welding Society,1996.
124. M.Usihio, W.Mao Sensors for welding. Advantages and Limitation JWRI nr.2,1994.