

Universitatea "Politehnica" Timișoara, Facultatea de Mecanică

ing. Paul FOGARASSY

**SISTEM EXPERT PENTRU
SUDAREA ELECTRICĂ PRIN PRESIUNE**

Teză de doctorat

**BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITENNICĂ"
TIMIȘOARA**

**Conducător științific
Prof. dr. ing. Voicu SAFTA**

Timișoara

- 1998 -

CUPRINS

INTRODUCERE

i. Contextul științific

ii. Organizarea tezei

I. ANALIZA FENOMENELOR MECANICE, ELECTRICE ȘI TERMICE CARE AU LOC LA SUDAREA ELECTRICĂ PRIN PRESIUNE

1.1 Analiza distribuției presiunii de contact la sudarea electrică prin presiune

1.1.1 Analiza distribuției presiunii de contact la sudarea prin presiune în puncte

1.1.2 Analiza distribuției presiunii de contact la sudarea prin presiune în relief

1.1.2.1 Cazul bosajului simplu

1.1.2.2 Cazul bosajului inelar

1.1.3 Analiza distribuției presiunii de contact la sudarea prin presiune în linie

1.2 Analiza fenomenelor electrice la sudarea electrică prin presiune

1.2.1 Analiza fenomenelor electrice la sudarea prin presiune în puncte

1.2.2 Analiza fenomenelor electrice la sudarea prin presiune în relief

1.2.2.1 Cazul bosajului simplu

1.2.2.2 Cazul bosajului inelar

1.3 Concluzii în legătură cu fenomenele care au loc la sudarea electrică prin presiune

II. STUDIUL EXPERIMENTAL A INFLUENȚEI PARAMETRILOR TEHNOLOGICI ASUPRA CALITĂȚII ÎMBINĂRII SUDATE ELECTRIC PRIN PRESIUNE

2.1 Studiul influenței principalilor parametri asupra calității îmbinării sudate

2.1.1 Condiții tehnice

2.1.2 Materialul de bază

2.1.3 Electrozii de sudare

2.1.4 Organizarea experimentului

2.1.5 Prelucrarea preliminară a datelor experimentale

2.1.6 Prelucrarea statistică a datelor experimentale

2.1.7 Interpretarea rezultatelor analizei statistice și observații

2.2 Influența stării de impurificare a suprafețelor asupra calității îmbinării sudate

2.2.1 Condiții tehnice

2.2.2 Materialul de bază

2.2.3 Electrozii de sudare

2.2.4 Organizarea experimentului

2.2.5 Prelucrarea preliminară a datelor experimentale

2.2.6 Prelucrarea statistică a datelor experimentale

2.2.7 Interpretarea rezultatelor analizei statistice și observații

- 2.3 Studiul influenței formei vârfului electrozilor asupra calității punctului sudat electric prin presiune**
 - 2.3.1 *Condiții tehnice*
 - 2.3.2 *Materialul de bază*
 - 2.3.3 *Electrozii de sudare*
 - 2.3.4 *Organizarea experimentului*
 - 2.3.5 *Prelucrarea preliminară a datelor experimentale*
 - 2.3.6 *Prelucrarea statistică a datelor experimentale*
 - 2.3.7 *Interpretarea rezultatelor analizei statistice și observații*
- 2.4 Studiul dezvoltării nucleului la sudarea electrică prin presiune în puncte**
 - 2.4.1 *Condiții de sudare*
 - 2.4.2 *Materialul de bază*
 - 2.4.3 *Rezultate experimentale*
 - 2.4.4 *Analiza rezultatelor experimentale și observații*
- 2.5 Analiza experimentală a corelației dintre modul de formare a nucleului topit și câmpul electric**
 - 2.5.1 *Condiții de desfășurare a experimentelor*
 - 2.5.2 *Distribuția câmpului electric la sudarea electrică prin presiune în puncte*
 - 2.5.3 *Concordanța dintre forma câmpului electric și forma nucleului sudat*
- 2.6 Concluzii rezultate în urma programului experimental**

III. SISTEM EXPERT PENTRU SUDAREA ELECTRICĂ PRIN PRESIUNE

- 3.1 Introducere în teoria Sistemelor Expert**
 - 3.1.1 *Ce este un sistem expert*
 - 3.1.2 *Ce poate face un sistem expert*
 - 3.1.3 *Alegerea problemelor rezolvabile de către un sistem expert*
 - 3.1.4 *Reprezentarea cunoștințelor sub formă de arbori de decizie*
- 3.2 Sisteme expert în domeniul sudării**
 - 3.2.1 *Automated Intelligent Weld Flaw Detection & Classification (Detectarea și clasificarea inteligentă a defectelor de sudare)*
 - 3.2.2 *Choosing Welding Methods and Estimating Welding Costs (Alegerea procedeeleor și estimarea costurilor de sudare)*
 - 3.2.3 *Welding Related Expert Systems (Sistem expert în domeniul sudării)*
 - 3.2.4 *Assisting Process Planning of Friction Welding (Determinarea asistată a tehnologiei de sudare prin frecare)*
- 3.3 Descrierea Sistemului Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune**
 - 3.3.1 *Alegerea Procedului de Sudare Electrică prin Presiune (APSEP)*
 - 3.3.2 *Sistem informatic pentru identificarea defectelor la sudarea electrică prin presiune (DefSEP)*
 - 3.3.3 *Resurse Bibliografice în domeniul Sudării Electrice prin Presiune (RBSEP)*
 - 3.3.4 *Dicționar de termeni din domeniul sudării și procedeeleor conexe (WelDict)*
 - 3.3.5 *Recomandări Tehnologice pentru Sudarea Electrică prin Presiune a Tabelor Acoperite (SEPTA)*
 - 3.3.6 *Recomandări tehnologice pentru sudarea electrică prin presiune (RecTeh)*
 - 3.3.7 *Simularea statistică a sudării electrice prin presiune în puncte (SimSEPP)*
- 3.4 Concluzii în legătură cu Sistemul Expert pentru Sudarea prin Presiune**

IV. CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI CONSIDERAȚII FINALE

4.1 Contribuții personale

4.2 Considerații finale

BIBLIOGRAFIE

ANEXE

- Anexa 1. Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la forfecare prin tracțiune a îmbinării sudate electric prin presiune în puncte - reprezentări grafice**
- Anexa 2. Influența curentului și forței de apăsare asupra rezistenței la forfecare prin tracțiune a îmbinării sudate electric prin presiune în puncte - reprezentări grafice**
- Anexa 3. Influența principalilor parametrii de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate - rezultatele analizei statistice**
- Anexa 4. Sursele modulelor componente a sistemului expert pentru sudarea electrică prin presiune - selecție a celor mai reprezentative module**

INTRODUCERE

i. Contextul științific

Această teză are scopul de a prezenta o serie de contribuții personale legate de înțelegerea fenomenelor care apar la sudarea electrică prin presiune în puncte, linie și în relief, precum și influența acestora asupra calității îmbinării sudate. Cunoștințele astfel dobândite, împreună cu cele care se găsesc în literatura de specialitate, au fost încorporate într-un Sistem Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune (SESEP).

Există la ora actuală preocupări pe plan mondial cu privire la modelarea fenomenelor care apar la sudarea electrică prin presiune în puncte (mai ales), în linie și în relief, datorită avantajelor pe care le oferă anticiparea rezultatelor sudării înainte ca aceasta să fie realizată.

În Japonia, cel mai avansat cercetător în acest domeniu este Kin Ichi Matsuyama și Hidekazu Murakawa de la Osaka University. Aceștia au elaborat un model de evoluție dinamică al suprafeței de contact dintre componente la sudarea în puncte; astfel a fost posibilă realizarea unui simulator de sudare suficient de rapid pentru a funcționa simultan cu un echipament de sudare, care astfel oferă un sistem de control on-line a procesului de sudare pe baza parametrilor de sudare măsurăți.

În Germania, Martin Greitmann de la MPA Stuttgart a realizat în 1992 un sistem de simulare analitică a rezultatelor îmbinărilor sudate în puncte, iar în 1997 la Graz, același autor a prezentat un model de analiză prin metoda elementelor finite pentru simularea îmbinării prin presiune în puncte.

Pe lângă modelarea fenomenelor care apar la sudare, o altă tendință din ce în ce mai evidentă în ultimii zece ani o reprezintă dorința de "cristalizare" a know-how-ului din diferite domenii în sisteme expert. Acum zece-cincisprezece ani sistemele expert erau mai mult o modă, iar specialiștii nu știau exact la ce se pot aștepta de la o asemenea aplicație informatică (lucru întâlnit chiar și astăzi). S-au vehiculat multe păreri greșite care nu au făcut decât să învâluie și mai mult în ceață subiectul.

Sistemele expert care au trecut proba timpului și s-au dovedit utile au permis nu numai înțelegerea acestora și a modului de abordare a problemei dar au dus la apariția celei de a doua generații (dacă se poate vorbi despre așa ceva) de sisteme, realizate într-o diversitate incredibilă de medii de programare. Există chiar rudimente de sisteme expert realizate sub formă de hypertext, cu dirijarea utilizatorului spre soluție prin arbori de decizie binari.

Apariția mediilor de programare sub Windows (devenit la rândul său sistem de operare) cu facilități deosebite în vederea realizării interfeței cu utilizatorul a reprezentat un alt argument pentru apariția sistemelor informatice mari (în general) și printre acestea și a sistemelor expert.

În domeniul tehnic există la ora actuală o mulțime de sisteme expert greu de enumerat. Prin cercetările pe Internet realizate în ultimele luni ale anului 1997, s-au găsit asemenea programe cu aplicabilitate în cele mai neașteptate domenii tehnice. Un asemenea sistem este de exemplu dedicat identificării cauzelor care conduc la probleme în procesul de fabricație a hârtiei, un alt sistem expert este dedicat rezolvării problemelor legate de instalarea unei imprimante și enumerarea poate continua.

În domeniul sudării există de asemenea realizări interesante, cel puțin din ceea ce a rezultat în urma unei investigații destul de minuțioase pe Internet. În continuare se vor enumera câteva sisteme expert în domeniul sudării:

- Unul dintre cele mai interesante sisteme expert în domeniul sudării (care are un echivalent și în sistemul expert prezentat în această teză, prin modulul DefSEP) este "*Detectarea și clasificarea inteligentă a defectelor de sudare*". Sistemul a fost conceput și realizat de Rockwell International - Rocketdyne Division, cu scopul de a

înlătura subiectivitatea operatorului uman pe timpul controlului ultrasonic al îmbinărilor sudate.

- Un alt sistem expert din domeniul sudării este "*Alegerea procedeeelor și estimarea costurilor de sudare*" (și acest sistem își regăsește echivalentul în sistemul expert prezentat în această lucrare, prin modulul APSEP). Acesta a fost realizat de *Juan C. Ramirez și Ali Touran* și permite analiza costurilor operațiilor de sudare cu arcul electric și ajută producătorul de structuri sudate și beneficiarul în realizarea devizului de cheltuieli, precum și în controlul și analiza productivității.
- Sistemul expert denumit "*Determinarea asistată a tehnologiei de sudare prin frecare*" a fost realizat de către *SUYOTO, Toshiro KUROZAWA, Koichi OGAWA și Akinobu TAKEHARA* de la *Mechanical Systems Engineering, Osaka Prefecture University*. Autorii au dezvoltat un sistem expert capabil să determine condițiile corespunzătoare de sudare pentru diferite materiale. Baza de cunoștințe a sistemului este alcătuită din ecuații empirice și tehnologii de sudare obținute experimental sau din literatură. Acest sistem expert are două module echivalente în SESEP, prin RecTeh și SEPTA.
- La *Stone & Webster Engineering Corp* a fost realizat un sistem denumit generic "*Sistem expert în domeniul sudării*". Ca și SESEP, acesta are o concepție modulară, programele componente având posibilitatea să lucreze independent sau împreună. Câteva dintre modulele componente ale acestui sistem sunt:
 - Alegerea procedeeului de sudare (echivalentul pentru APSEP)
 - Diagnosticarea defectelor de sudare (echivalentul pentru DefSEP)
 - Alegerea testelor pentru calificarea sudorilor
- La ISF Aachen a fost realizat de către *Park J.* și continuat de către alți cercetători Sistemul Expert pentru sudarea MAG, numit MAGXPRT. Ca și celelalte sisteme amintite, și acest program are aceleași funcții, dar specifice sudării MAG.

Pe lângă cele câteva sisteme amintite mai sus, există cu siguranță și altele, pe care autorii lor nu au avut abilitatea de a le face cunoscute prin Internet. Interesant este faptul că indiferent de autori, funcțiile principale se regăsesc în toate acestea și bineînțeles și în Sistemul Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune (SESEP).

ii. Organizarea tezei

Lucrarea este structurată în trei părți mari și o încheiere în care sunt enumerate contribuțiile personale și aspectele inedite relevante în teză.

- I. Prima parte prezintă o serie de studii teoretice realizate prin modelare matematică prin metoda elementelor finite. Sunt prezentate mai multe modele matematice, utile pentru analiza presiunii de contact de la suprafața dintre electrozi și componente, precum și la interfața dintre componente. De asemenea modelele realizate sunt utilizate la analiza modului de redistribuire a liniilor de curent și generarea căldurii prin efect Joule.
- II. În partea a doua a tezei sunt prezentate o serie de studii experimentale cu scopul de a analiza, pe de o parte valabilitatea modelelor matematice prezentate în prima parte a lucrării și de asemenea pentru studiul experimental a influenței principalilor parametri și factori de sudare asupra calității îmbinării sudate.
- III. Partea a treia a tezei a concentrat, într-un volum relativ mic, majoritatea efortului depus pentru realizarea întregii lucrări. În această parte sunt prezentate modulele

Sistemului Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune. În Anexa 4 sunt prezentate sursele celor mai importante module din componența sistemului.

În încheierea tezei sunt prezente patru anexe care prezintă rezultatele analizei statistice sub formă grafică sau numerică, precum și o parte din sursele modulelor Sistemului Expert realizate în Visual Basic. Aceste anexe sunt:

- A1. Prima anexă prezintă tridimensional dependența dintre capacitatea portantă a îmbinării sudate rezultată în urma încercării de forfecare prin tracțiune față de curentul și timpul de sudare.
- A2. A doua anexă prezintă aceeași dependență, însă ca o funcție de curentul de sudare și forța de apăsare.
- A3. În anexa a treia se prezintă rezultatele analizei statistice de corelație dintre principalii parametrii de sudare și capacitatea portantă a îmbinării, așa cum au rezultat acestea în urma rulării programului NONLIN.
- A4. În ultima anexă sunt prezentate sursele procedurilor cele mai semnificative ale câtorva module ale Sistemului Expert.

În bibliografie sunt prezentate, în mod selectiv 151 de referiri dintre cele mai importante utilizate pe timpul întocmirii tezei. Nu au fost citate manualele de utilizare ale aplicațiilor de uz general și nu au fost citate lucrări științifice ale căror rezultate se regăsesc în lucrări de referință anterioare (manuale sau enciclopedii). Deoarece au fost citate o serie de lucrări publicate pe Internet, pentru care nu s-a dat o trimitere bibliografică publicată clasic, acestea au fost consemnate cu adresa Internet respectivă. O altă clasă de referiri neclasice sunt documentele electronice, fără echivalent pe hârtie, cum sunt unele fișiere help neasociate unei aplicații, sau enciclopediile electronice. Acestea au fost referite prin numele complet al fișierului respectiv sau prin numele comercial al produsului informatic.

Doresc să aduc mulțumiri pe această cale tuturor celor care m-au ajutat la realizarea acestei teze.

În primul rând, mulțumesc Domnului Prof. dr. ing. Voicu SAFTA, pentru încrederea pe care mi-a acordat-o atunci când a acceptat să mă îndrume la realizarea acestei teze. De asemenea, realizarea părții experimentale nu ar fi avut consistența necesară dacă Domnul Prof. Voicu SAFTA nu mi-ar fi oferit posibilitatea unui stagiu de cercetare și pregătire la ISF Aachen, în Germania, în cadrul unui program TEMPUS. Sprijinul continuu, în toate etapele de realizare a tezei, a fost de neprețuit.

Mulțumesc de asemenea Domnului Prof. dr. ing. Viorel MICLOȘI, care a avut amabilitatea să citească cu atenție teza, în prima sa versiune, și m-a ajutat apoi să evit o serie de gafe. Discuțiile purtate cu Domnia sa pe marginea tezei mi-au fost de mare folos.

Datorez mulțumiri, nu în ultimul rând, Domnului Prof. dr. ing. Dorin DEHELEAN, pentru faptul că mi-a permis accesul la toate facilitățile oferite de ISIM și m-a ajutat în vederea deplasării la Seminarul de Modelare Matematică a Fenomenelor la Sudare de la Graz, unde am putut discuta cu specialiști cu preocupări asemănătoare din întreaga lume.

PARTEA I

ANALIZA FENOMENELOR MECANICE, ELECTRICE ȘI TERMICE CARE AU LOC LA SUDAREA ELECTRICĂ PRIN PRESIUNE

Scopul primei părții din această teză este de a prezenta o serie de studii teoretice care au scopul de a evidenția fenomenele mecanice, electrice și termice care au loc la sudarea electrică prin presiune în puncte, linie și relief.

1.1 Analiza distribuției presiunii de contact la sudarea electrică prin presiune

În acest capitol se prezintă analiza distribuției presiunii de contact la interfața dintre electrod și piesă și la interfața dintre piese (zona de formare a nucleului topit), în cazul sudării electrice prin presiune în puncte, linie și relief.

Scopul analizei este de a determina zonele unde presiunea de contact este maximă și evoluția acesteia pe măsura uzării electrozilor în timpul sudării. Acest studiu este necesar, pentru ca în corelație cu distribuția liniilor de curent să poată fi evidențiate zonele critice din punct de vedere al densității critice de energie termică, cu efect asupra calității îmbinării sudate.

Analiza s-a efectuat prin metoda elementelor finite.

1.1.1 Analiza distribuției presiunii de contact la sudarea prin presiune în puncte

S-au avut în vedere atât electrozii cu vârf tronconic (de tip B) cât și electrozii cu vârf sferic (de tip E și F) [30], astfel:

- B 16 SR EN 25821-1993;
- E 16 SR EN 25821-1993;
- F 16 SR EN 25821-1993.

Studiul s-a efectuat pentru un caz particular în următoarele condiții:

- material de bază: tablă din oțel carbon obișnuit;
- grosime tablă: 1 mm;
- diametrul vârfului electrodului de tip B: $d_e = 6$ mm.

S-au făcut următoarele ipoteze simplificatoare:

- materialul este izotrop și omogen;
- toate deformările au loc în domeniul elastic [84], [89], [90], [112].

În figura 1.1.1 este prezentată geometria și modul de discretizare a ansamblului electrozi de contact - componente de sudat pentru electrodul de tip B 16. Figurile 1.1.2 și 1.1.3 prezintă discretizarea pentru electrozii de tip F 16 și respectiv E 16. Din motive de simetrie, s-a analizat doar jumătate din structură.

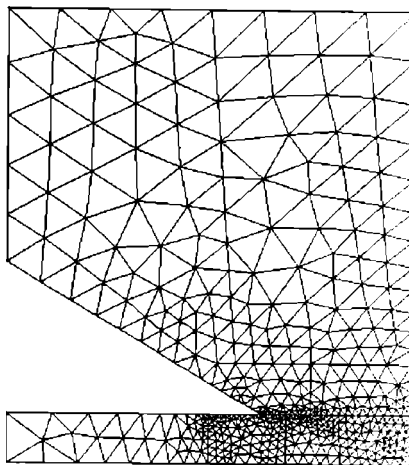


Figura 1.1.1 Modul de discretizare pentru electrozi cu vârf tronconic (de tip B)

Așa cum se observă discretizarea este mai fină în zona unde este de așteptat prezența unor gradienti maximi a stării de tensiune. Acest lucru a fost posibil de fapt prin rezolvarea succesivă a problemei cu discretizări din ce în ce mai fine în zona de interes, până la obținerea preciziei dorite.

Datorită simetriei axiale a modelului problema care se rezolvă este axial - simetrică, iar datorită simetriei modelului față de planul de contact între componente, se poate studia doar o jumătate din acesta, dar cu condiția la limită a rigidității infinite în direcția planului de simetrie.

Încărcarea structurii s-a realizat la suprafața vârfului electrozului cu o presiune unitară de 1 Pa, în vederea unei analize calitative. Atât timp cât este respectată ipoteza elasticității, analiza cantitativă este posibilă prin multiplicarea rezultatelor cu încărcarea efectivă a electrozilor exprimată în Pascali [112], [133].

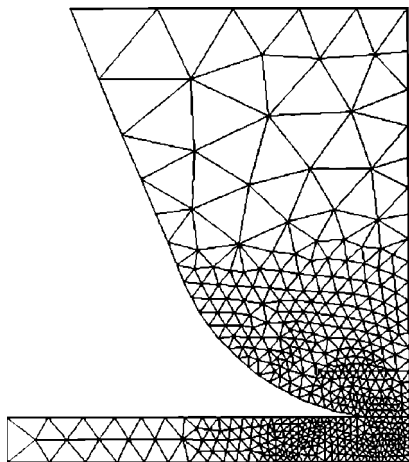


Figura 1.1.2 Modul de discretizare pentru electrozi cu vârf sferic (de tip E)

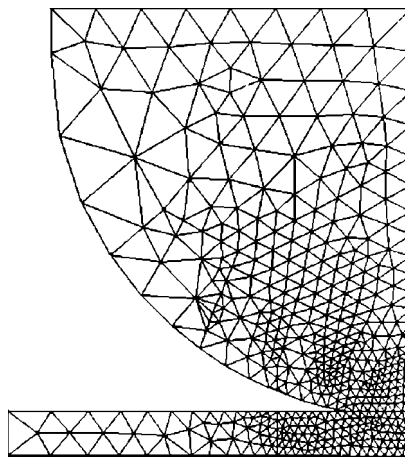


Figura 1.1.3 Modul de discretizare pentru electrozi cu vârf sferic (de tip F)

În figura 1.1.4 este prezentată distribuția tensiunilor axiale (modelul este axial-simetric) în cazul electrozilor de tip B. Sunt prezentate de asemenea și detalii ale zonei în care presiunea specifică este maximă. Așa cum se poate observa, repartiția tensiunilor axiale prezintă un maxim la periferia suprafeței de contact dintre electrod și piesă.

Figura 1.1.5 prezintă distribuția presiunii la interfața dintre componente în cazul electrozilor cu vârf tronconic, de tip B. Sunt prezentate comparativ curbele de repartiție a presiunii pentru diferite diametre ale vârfului electrozilor (5 mm, 6 mm și 7 mm).

Din analiza celor trei curbe rezultă diferențe majore ale valorii presiunii maxime, pentru variații ale diametrului electrozilor ușor de atins în timpul procesului de sudare datorită uzurii electrozilor. În tabelul 1.1.1 sunt prezentate comparativ, pentru cele trei diametre ale vârfului electrozilor studiate, principalii parametri ai curbelor de variație a presiunii de contact.

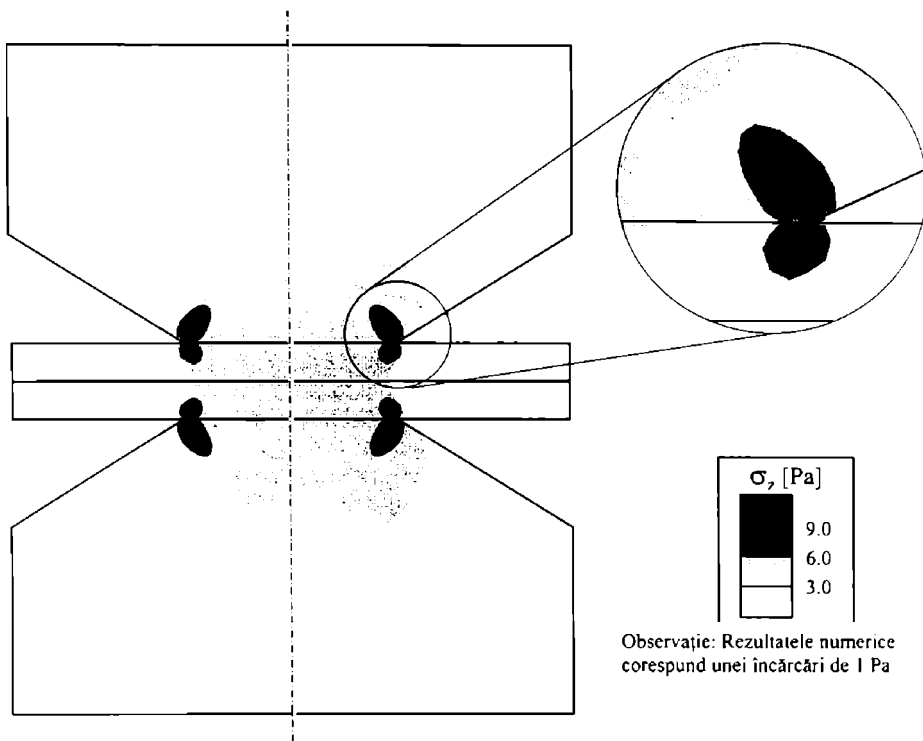


Figura 1.1.4 Distribuția tensiunilor axiale în cazul electrozilor de tip B

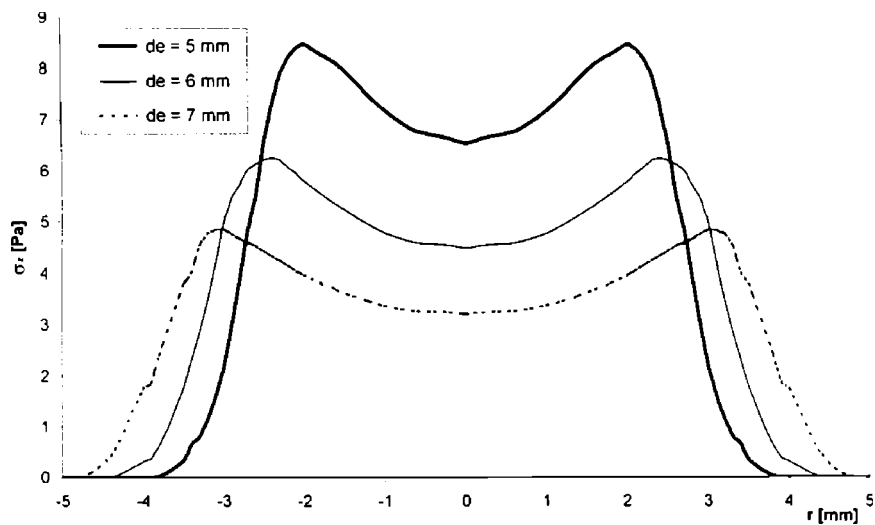


Figura 1.1.5 Distribuția presiunii la interfața dintre componente pentru electrozi de tip B. la o încărcare inițială de 1 Pa

Tabelul 1.1.1 Principalii parametri ai curbelor de variație a presiunii la interfața dintre componente

Diametrul electrozilor d_e [mm]	5.00	6.00	7.00
Presiunea maximă σ_{zmax} [Pa]	8.47	6.26	4.85
Presiunea minimă σ_{zmin} [Pa]	6.54	4.49	3.21
Variația presiunii $\sigma_{zmax} - \sigma_{zmin}$ [Pa]	1.93	1.77	1.64
Presiunea medie σ_{zmed} [Pa]	7.43	5.26	3.87

Așa cum se poate observa în tabelul 1.1.1, odată cu creșterea diametrului electrozilor (pe măsura uzării acestora), presiunea maximă din zona periferică a nucleului scade, cu efecte nedorite asupra păstrării nucleului lichid în îmbinare.

Deasemenea presiunea minimă din zona centrală a punctului precum și presiunea medie pe suprafața punctului scade, cu efect negativ direct asupra condițiilor de răcire a băii metalice. Este cunoscut faptul că răcirea punctului sub presiune este favorabilă prin apariția simultană a mai multor centre de cristalizare și deci finisarea granulației nucleului sudat.

Tot din tabelul 1.1.1 se observă că diferența dintre presiunea maximă la marginea nucleului și presiunea din zona centrală a acestuia scade odată cu creșterea diametrului electrozilor. Acest lucru poate duce la ruperea echilibrului dintre presiunea internă a metalului topit și presiunea periferică, ceea ce are ca efect expulzarea parțială a metalului topit din îmbinare, cu efecte negative asupra capacității portante a îmbinării sudate. Acest lucru urmează să fie demonstrat prin rezultate experimentale, în partea a doua a acestei teze.

Modul de repartiție a presiunii de contact este pozitiv din punct de vedere al calității îmbinării sudate [148], deoarece în această zonă densitatea de curent este maximă. În cazul în care presiunea specifică este insuficientă, corespunzător unei anumite densități de curent, în zona respectivă apar arsuri ale materialului componentelor și aderențe ale materialului electrozilor pe tablele care se sudează [131], [92].

Deasemenea, presiunea crescută în zona periferică a punctului sudat este benefică deoarece permite menținerea nucleului topit în îmbinare și împiedică expulzarea acestuia sub formă de împrăscări de material [69], [84].

Tabelul 1.1.2 Principalii parametri ai curbelor de variație a presiunii de contact pe suprafața electrozilor

Diametrul electrozilor d_e [mm]	5.00	6.00	7.00
Presiunea maximă σ_{zmax} [Pa]	28.47	21.20	16.51
Presiunea minimă σ_{zmin} [Pa]	6.18	4.15	3.13
Variația presiunii $\sigma_{zmax} - \sigma_{zmin}$ [Pa]	22.29	17.05	13.38
Presiunea medie σ_{zmed} [Pa]	8.30	5.69	4.23

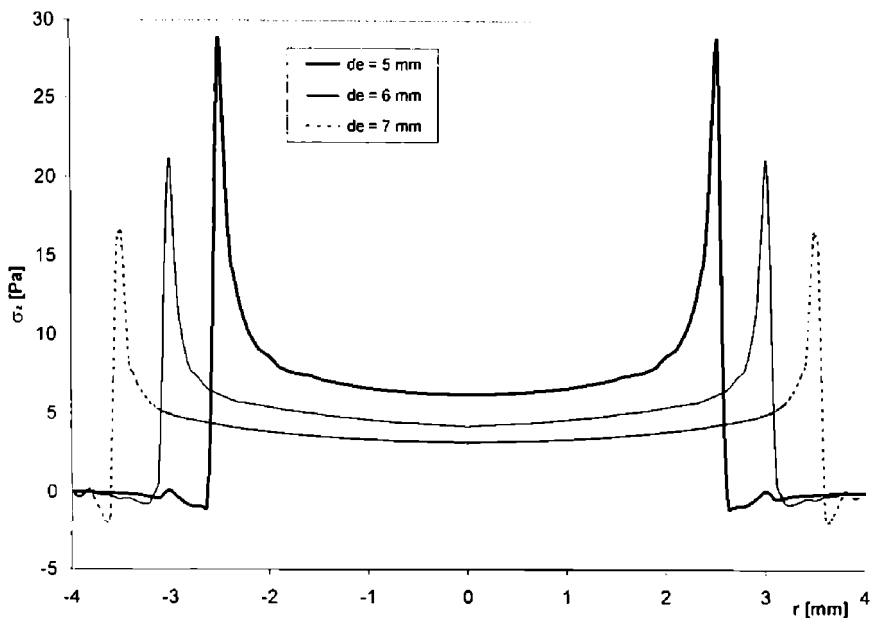


Figura 1.1.6 Distribuția presiunii la interfața electrozi-componente pentru electrozi de tip B, la o încărcare inițială de 1 Pa

În figura 1.1.6 este prezentată distribuția presiunii la interfața dintre componente și electrozi în cazul electrozilor de tip B, pentru diametre ale suprafeței electrodului de 5 mm, 6 mm și 7 mm. Modul de repartiție a tensiunilor normale pe suprafața electrodului are un rol hotărâtor asupra modului de uzare a capetelor electrozilor utilizați la sudarea prin presiune în puncte. Experiența arată că vârful electrozilor se uzează într-o formă caracteristică de ciupercă; acest lucru este pe deplin justificat de repartiția presiunii de contact prezentată în figura 1.1.6.

Din analiza principalilor parametri ai curbelor de variație a presiunii de contact pe suprafața electrozilor, prezentați în tabelul 1.1.2, rezultă în general aceleași tendințe ca și în cazul presiunii de contact de la interfața dintre componente. Astfel presiunea maximă scade odată cu creșterea diametrului electrozilor prin uzare; aceeași tendință, așa cum era de așteptat, o are și presiunea medie pe suprafața electrozilor.

Totuși semnificația acestor tendințe este cu totul alta decât în cazul interfeței dintre componente. Calitatea îmbinării sudate este indirect influențată de fenomenele de la interfața electrod-componentă. Presiunea insuficientă din această zonă duce nu la expulzarea nucleului topit, ci la aderența materialului electrozilor pe suprafața componentelor și eventual arsuri ale pieselor ce se sudează [77], [98].

Din cele arătate mai sus rezultă nu numai că presiunea insuficientă duce la uzarea mai rapidă a electrozilor (lucru insuficient înțeles uneori în locurile de producție), dar rezultă deasemenea și faptul că uzarea electrozilor are loc nu linear, ci accelerat, fenomenul putând fi asemănat cu ceea ce în chimie se numește “reacție autocatalitică”. În aceste condiții, remedierea sau înlocuirea capetelor electrozilor trebuie efectuată imediat după atingerea creșterii critic-acceptabile a diametrului vârfului electrodului, peste o anumită limită fiind compromisă calitatea îmbinării sudate [113].

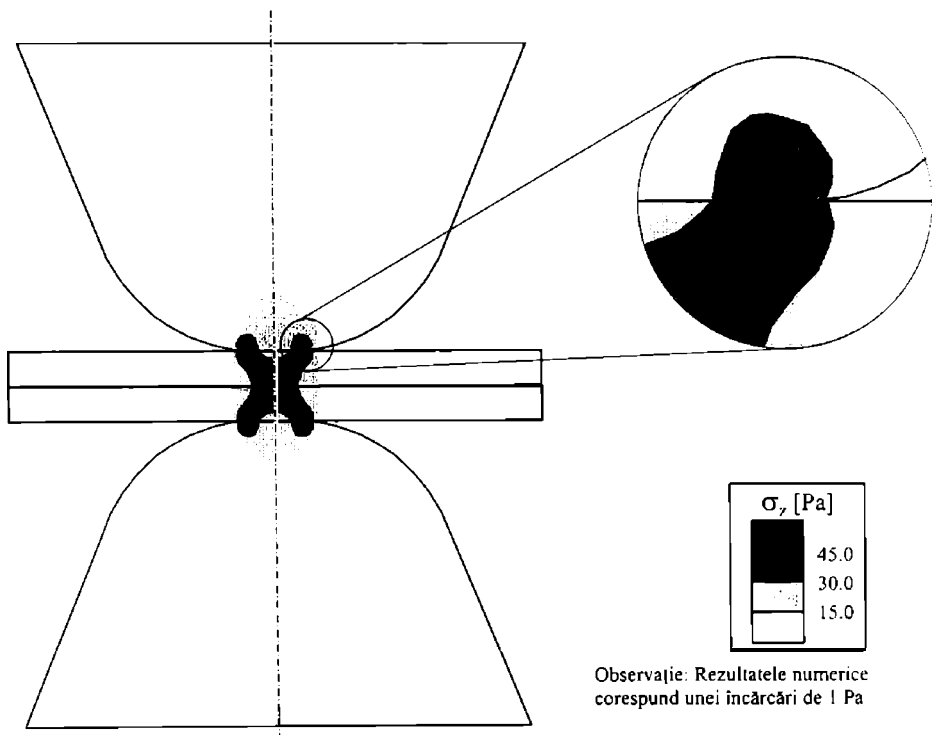


Figura 1.1.7 Distribuția tensiunilor axiale în cazul electrozilor cu vârf sferic de tip E

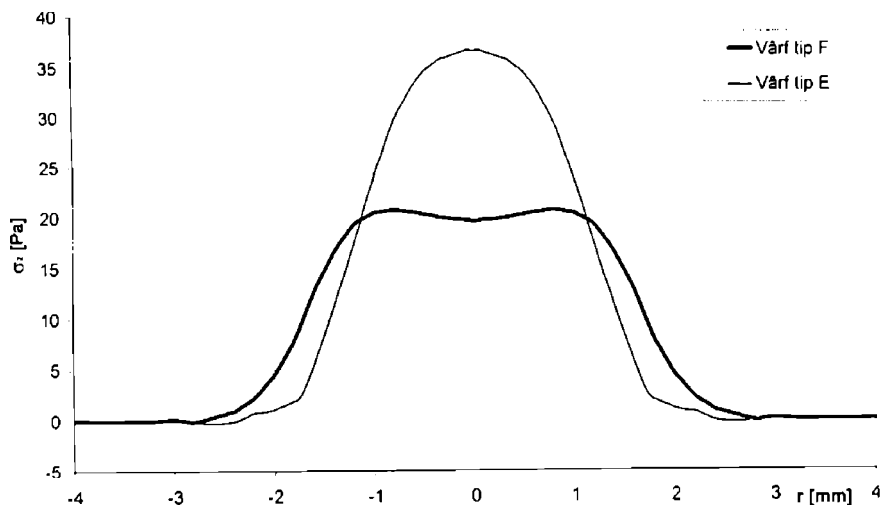


Figura 1.1.8 Distribuția presiunii la interfața dintre componente pentru electrozi cu vârf sferic, la o încărcare inițială de 1 Pa

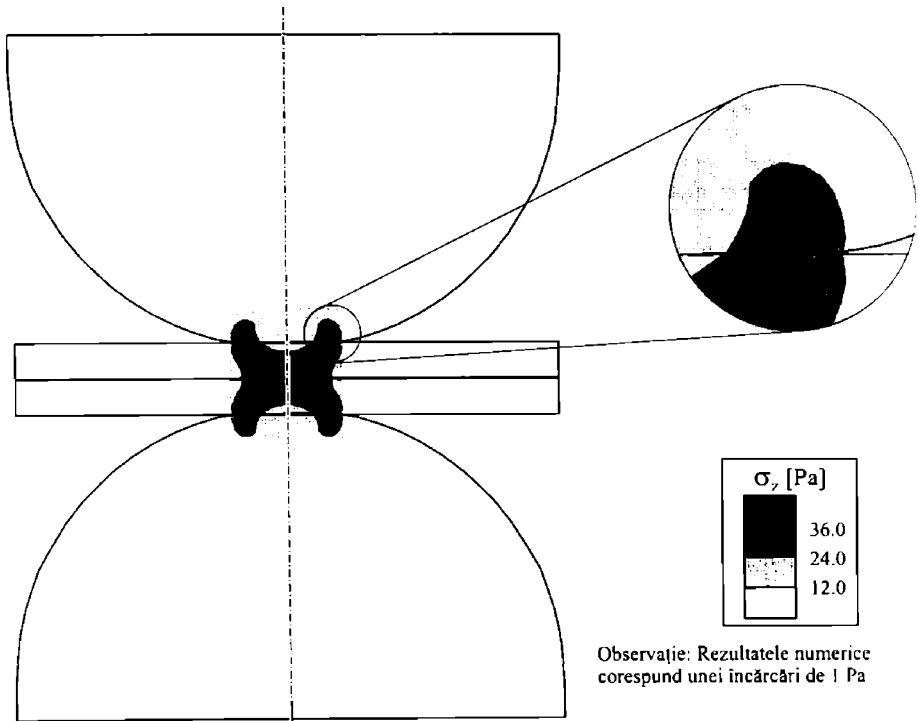


Figura 1.1.9 Distribuția tensiunilor axiale în cazul electrozilor cu vârf sferic de tip F

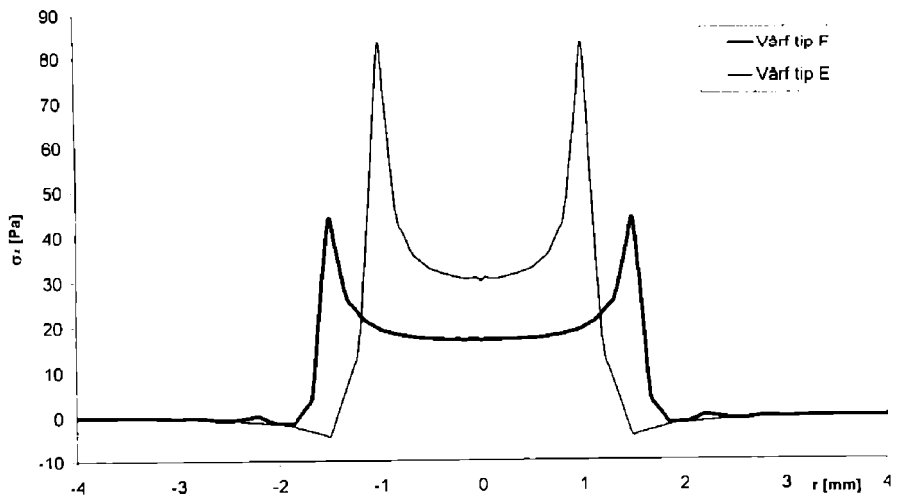


Figura 1.1.10 Distribuția presiunii la interfața electrozi-componente pentru electrozii cu vârf sferic

Înțelegerea fenomenelor care au la loc la uzarea electrozilor trebuie completată cu analiza redistribuirii liniilor de curent, așa cum se va vedea într-un capitol următor, unde se va reveni asupra concluziilor din acest capitol.

În figura 1.1.7 este prezentată distribuția tensiunilor axiale în cazul electrozilor cu vârf sferic de tip E. Ca și în cazul electrozilor cu vârf tronconic de tip B, presiunea de contact maximă apare la interfața electrod-piesă, în zona periferică a suprafeței de contact.

Figura 1.1.8 prezintă distribuția presiunii de contact la interfața dintre componente pentru electrozi cu vârf sferic de tip E și F. Așa cum se poate observa, există o diferență calitativă față de repartitia presiunii de contact în cazul electrozilor cu vârf tronconic, prezentată în figura 1.1.5. Spre deosebire de electrozii cu suprafață de așezare plană, în cazul electrozilor cu vârf sferic, presiunea la interfața dintre componente nu prezintă un maxim în zona periferiei punctului sudat, ci în funcție de mărirea efectivă a suprafeței de contact, maximum se poate situa în zona centrală, sau presiunea poate fi aproximativ uniform distribuită. Electrozii avuți în vedere în acest studiu au raza la vârf de 6 mm, în cazul electrozilor de tip E și de 8 mm, în cazul electrozilor de tip F.

În figura 1.1.9 este prezentată distribuția tensiunilor axiale în cazul electrozilor cu vârf sferic de tip F. Ca și în cazul electrozilor cu vârf tronconic de tip B sau cu vârf sferic de tip E, presiunea de contact maximă apare la interfața electrod-piesă, în zona periferică a suprafeței de contact.

Figura 1.1.10 prezintă distribuția presiunii de contact la interfața electrozi-componente pentru electrozi cu vârf sferic de tip E și F. În acest caz, nu se mai poate observa o diferență calitativă față de repartitia presiunii de contact în cazul electrozilor cu vârf tronconic, prezentată în figura 1.1.6. Ca și în cazul electrozilor cu suprafață de așezare plană și în cazul electrozilor cu vârf sferic presiunea la interfața dintre componente prezintă un maxim în zona periferică a suprafeței de contact.

1.1.2 Analiza distribuției presiunii de contact la sudarea prin presiune în relief

Procedeul de sudare electrică prin presiune în relief este mult mai sensibil din punct de vedere tehnologic la variația forței de apăsare decât procedeele de sudare prin presiune în linie sau în puncte. Acest lucru se datorează fenomenelor de înmuiere, topire și colapsare a proeminenței sau bosajului în primele perioade de trecere ale curentului de sudare. Datorită acestui fapt, cunoașterea distribuției presiunii de contact la sudarea în relief prezintă o importanță particulară.

1.1.2.1 Cazul bosajului simplu

În acest paragraf se analizează distribuția presiunii de contact în cazul bosajului simplu, așa cum rezultă acesta în urma utilizării unui poanson și a unei matrițe standardizate, în funcție de grosimea tablei celei mai groase (pe care se realizează bosajul).

În figura 1.1.11 este prezentat modul de discretizare al bosajului simplu; așa cum se vede, discretizarea este mai fină în zonele unde sunt așteptate gradienți mari ai tensiunilor.

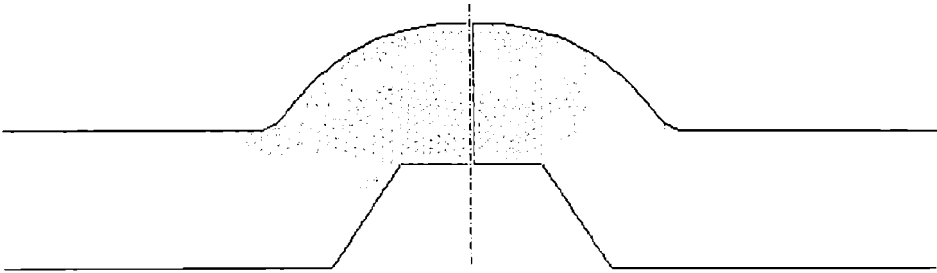


Figura 1.1.11 Modul de discretizare a bosajului simplu

Figura 1.1.12 prezintă distribuția tensiunilor axiale în cazul bosajului simplu. Așa cum se poate observa, tensiunile inițiale maxime sunt mai mari decât în cazul sudării prin presiune în puncte. Acest lucru se datorează suprafeței de contact inițial foarte mic. Modelul s-a realizat în urma unor măsurători care au relevat un contact pe o porțiune circulară cu rază de 0,2 mm.

Observație: Rezultatele numerice corespund unei încărcări de 1 Pa

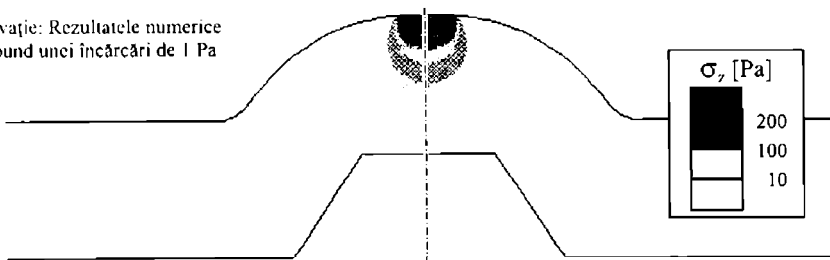


Figura 1.1.12 Distribuția tensiunilor axiale în cazul bosajului simplu

Datorită aplatizării bosajului, suprafața de contact a acestuia crește în timpul primelor perioade de trecere a curentului, ceea ce duce la redistribuirea tensiunilor axiale în zona acestuia. Figura 1.1.13 prezintă această evoluție, în funcție de raza suprafeței de contact (rc).

Tot în figura 1.1.13 este prezentată curba învelitoare a vârfurilor de tensiune din zona periferică a suprafeței de contact dintre bosaj și tablă. Ecuația curbei învelitoare este dată de relația (1.1.1).

$$\sigma_z = 50 \cdot rc^{-1.4} \quad (1.1.1)$$

Curba învelitoare descrisă de ecuația (1.1.1) permite aprecierea aproximativă a maximului presiunii axiale σ_z , ca funcție de raza suprafeței de contact rc .

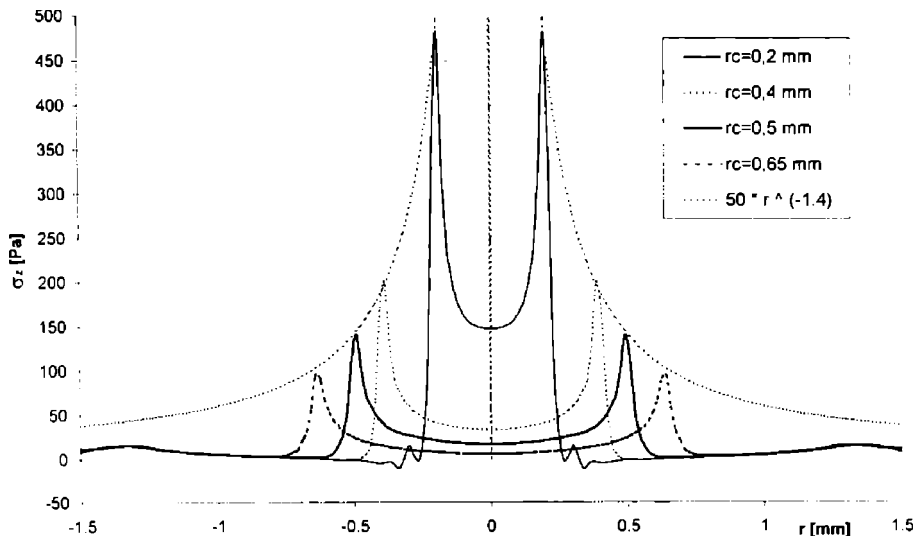


Figura 1.1.13 Evoluția în timp a tensiunii axiale pe suprafața bosajului în cazul bosajului simplu

1.1.2.2 Cazul bosajului inelar

Modul de realizare a bosajelor inelare nu este standardizat, totuși acestea sunt utilizate în diferite situații, în special atunci când se dorește un volum mai mare al nucleului topit. În acest paragraf se prezintă distribuția presiunii de contact în cazul bosajului inelar.

În figura 1.1.14 este prezentat modul de discretizare a bosajului inelar; ca și în cazul bosajului simplu, discretizarea este mai fină în zonele unde este de așteptat ca tensiunile să prezinte gradienti maximi.

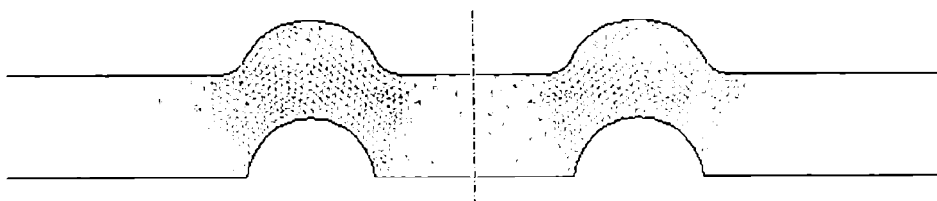


Figura 1.1.14 Modul de discretizare a bosajului inelar

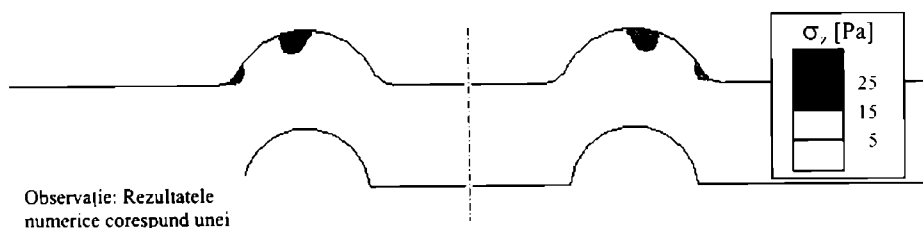


Figura 1.1.15 Distribuția tensiunilor axiale în cazul bosajului inelar

În figura 1.1.15 este prezentată distribuția tensiunilor axiale în cazul bosajului inelar. Ca și în cazul bosajului simplu, vârfurile de tensiune se regăsesc în zona periferică exterioară a suprafeței de contact, care în acest caz are o formă bandă circulară, cu raza medie de 1.63 mm.

Figura 1.1.16, prezintă redistribuirea presiunii de contact odată cu creșterea lății benzii de contact de la valoarea de 0.25 mm până la 0.95 mm. Așa cum se poate observa și din figură, există diferențe calitative între forma curbelor de distribuție a tensiunii axiale în cazul bosajului inelar și cazul bosajului simplu. În primul rând, vârful de tensiune secundar de la baza bosajului este mai important în cazul modelului considerat pentru bosajul inelar. Acest lucru poate juca un rol negativ, prin colapsul prematur al proeminenței în timpul primelor perioade de curent.

Spre deosebire de cazul bosajului simplu, nu se observă o diferență atât de mare între tensiunile maxime, odată cu creșterea diametrului exterior al suprafeței de contact. Acest lucru este explicabil prin faptul că nici creșterea procentuală a acesteia nu a fost atât de mare ca și în cazul bosajului simplu.

S-a încercat găsirea unei forme matematice pentru curba învelitoare a maximelor, ca și în cazul bosajului simplu, dar programul de analiză de regresie [87], a respins ipoteza unei curbe de tip putere ($y = a \cdot x^b$) recomandând în schimb o evoluție lineară; acest lucru însă poate fi acceptat doar pentru intervale de observație înguste și suficient de îndepărtate de axa de simetrie a bosajului.)

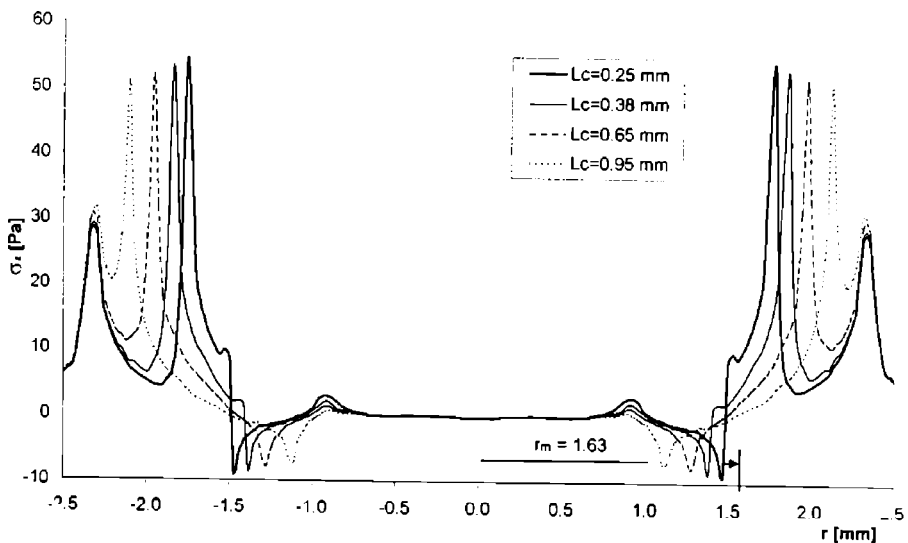


Figura 1.1.16 Evoluția în timp a tensiunii axiale pe suprafața bosajului în cazul bosajului inelar

1.1.3 Analiza distribuției presiunii de contact la sudarea prin presiune în linie

Spre deosebire de cazul sudării electrice în puncte și în relief (majoritatea situațiilor), în cazul sudării electrice prin presiune în linie nu mai poate fi acceptată ipoteza modelului axial-simetric. În cazul sudării în linie presiunea de contact se poate studia în două plane perpendiculare: în planul rolei de contact și în planul perpendicular pe rola de contact.

Situația în planul perpendicular pe rola de contact este similară cu cea care apare la sudarea prin presiune în puncte. Totuși, asemănarea este doar calitativă, deoarece există diferențe

dimensionale între profilul recomandat al roleurilor de contact și geometria electrozilor utilizați la sudarea în puncte [8], [14], [25], [35].

În continuare se prezintă analiza distribuției presiunii de contact în planul rolei la sudarea electrică prin presiune în linie.

Figura 1.1.17 prezintă modul de discretizare a modelului. Porțiunea de rolă considerată apasă cu o presiune unitară asupra tablelor componentelor. Modelul considerat este plan simetric față de interfața componentelor. S-a considerat o deformare (tasare) permanentă de 5% din grosimea tablei.

În figura 1.1.18 se prezintă modul de distribuire a tensiunilor normale în planul rolei, la sudarea prin presiune în linie. Bineînțeles, așa cum era de așteptat, vârfurile de tensiune sunt localizate la periferia suprafeței de contact rolă-electrod.

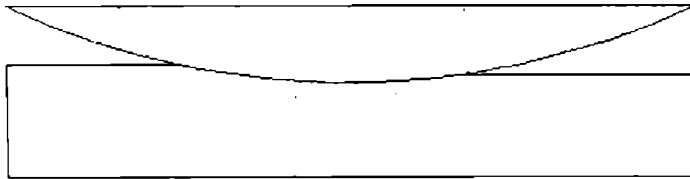
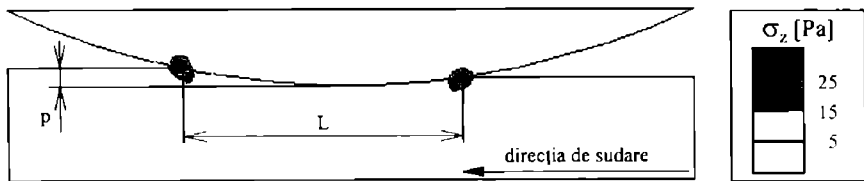


Figura 1.1.17 Modul de discretizare la sudarea prin presiune în linie



Observație: Rezultatele numerice corespund unei încărcări de 1 Pa

Figura 1.1.18 Distribuția tensiunilor normale la sudarea prin presiune în linie

În figura 1.1.19 sunt prezentate curbele de distribuție a tensiunilor normale în planul rolei de contact la interfața dintre rolă și componente. Fiecare curbă a fost trasată pentru o altă deformare (tasare - vezi figura 1.1.18) a tablei sub acțiunea forței de apăsare.

În tabelul 1.1.3 sunt prezentați parametrii celor cinci curbe astfel:

- p - deformarea [mm]
- σ_{zmax1} - presiunea maximă absolută [Pa]
- σ_{zmax2} - presiunea maximă locală [Pa]
- L - lungimea de contact [mm]

Tabelul 1.1.3 Parametrii curbelor din figura 1.1.19

p [mm]	0.89	0.86	0.84	0.81	0.79
σ_{zmax1} [Pa]	16.15	16.53	17.13	17.87	21.07
σ_{zmax2} [Pa]	22.70	23.52	24.39	25.33	28.83
L [mm]	2.96	2.70	2.48	2.18	1.69

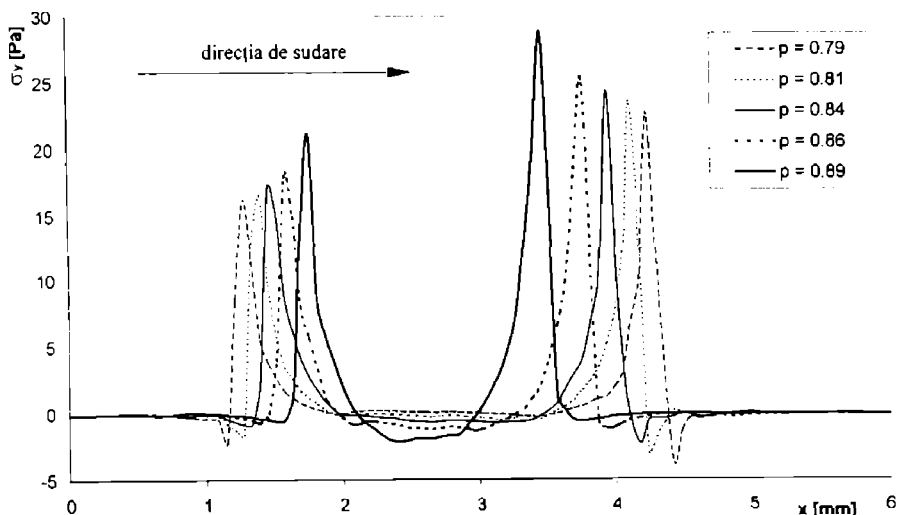


Figura 1.1.19 Distribuția tensiunilor normale la sudarea în linie funcție de deformarea plastică a componentelor (p), la o încărcare inițială de 1 Pa

Așa cum rezultă din figura 1.1.19, tensiunile normale maxime apar la contactul rolei cu materialul de sudat, în direcția de sudare. Acest lucru este pozitiv din punct de vedere al stropirilor, deoarece unul dintre maximele densități de curent se află în această zonă. În cazul sudării cu viteză mică (regim moale) acest maxim are însă un efect negativ deoarece favorizează o deformare plastică pronunțată datorată căldurii care prin conducție a preîncălzit materialul de bază. Acest fenomen este numit “fuga căldurii înaintea rolei” [112].

Pătrunderea p , parametrul acestui studiu, este influențată (și deci poate fi controlată) de doi factori: forța de apăsare și diametrul rolei electrod.

1.2 Analiza fenomenelor electrice la sudarea electrică prin presiune

În acest capitol se vor prezenta fenomenele electrice asociate sudării electrice prin presiune în puncte, cu electrozi cu vârfuri de diferite forme, mai des utilizate. Analiza s-a efectuat prin metoda elementelor finite; discretizările și ipotezele de lucru sunt aceleași cu cele prezentate în capitolul 1.1.

Generarea de căldură prin efect Joule este descrisă de relația (1.2.1), ca funcție de câmpul electric E și densitatea de curent j prin elementul de suprafață considerat ds [138].

$$q = \int (\vec{E} \cdot \vec{j}) ds \quad (1.2.1)$$

Pentru analiza tridimensională a câmpului electric în buni conductori electrici se poate scrie ecuația lui Poisson, conform relației (1.2.2).

$$\frac{\partial}{\partial x} \sigma \frac{\partial \Phi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \sigma \frac{\partial \Phi}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \sigma \frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0 \quad (1.2.2)$$

Datorită simetriei axiale relația (1.2.2), scrisă în coordonate carteziene se poate scrie, în coordonate cilindrice conform (1.2.3) [90].

$$\frac{\partial}{\partial r} \sigma \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial z} \sigma \frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0 \quad (1.2.3)$$

În ecuațiile (1.2.1) și (1.2.3) σ este conductivitatea electrică a materialului, iar Φ este potențialul electric măsurat în volți.

Câmpul electric E este dat de ecuația (1.2.4) în coordonate carteziene sau de ecuația (1.2.5) în coordonate cilindrice.

$$E = -\frac{\partial \Phi}{\partial x} - \frac{\partial \Phi}{\partial y} - \frac{\partial \Phi}{\partial z} \quad (1.2.4)$$

$$E = -\frac{\partial \Phi}{\partial r} - \frac{\partial \Phi}{\partial z} \quad (1.2.5)$$

1.2.1 Analiza fenomenelor electrice la sudarea prin presiune în puncte

Ca și în cazul paragrafului 1.1.1, se au în vedere atât electrozii tronconici (de tip B) cât și electrozii cu vârf sferic (de tip E și F), astfel:

- B 16 STAS 10 626 / 2 - 81;
- E 16 STAS 10 626 / 2 - 81;
- F 16 STAS 10 626 / 2 - 81.

Pe lângă ipotezele de lucru acceptate în paragraful 1.1.1, se acceptă și ipoteza că proprietățile electrice și termice ale materialului nu variază semnificativ în perioada de timp considerată.

Modul de discretizare a modelelor de calcul este prezentat pentru electrozii de tip B, E și F în figurile 1.1.1, 1.1.2 și 1.1.3, respectiv. A fost posibilă utilizarea aceleiași discretizări atât pentru analiza fenomenelor mecanice cât și pentru analiza fenomenelor electrice și termice, deoarece gradientii maximi ai mărimilor studiate (chiar dacă nu apar exact în aceeași poziție) sunt situați la zona de contact dintre electrod și componenta de sudat.

Simetria în planul de sudare se exprimă prin introducerea condiției la limită de potențial electric nul în acest plan.

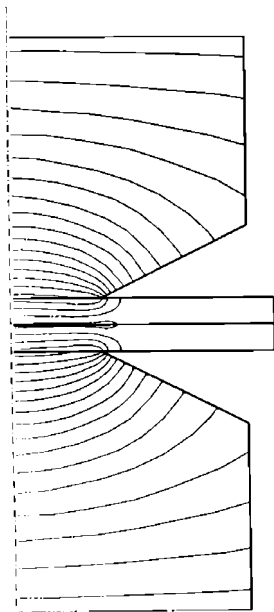


Figura 1.2.1 Electrozi B
Liniile de echipotențial

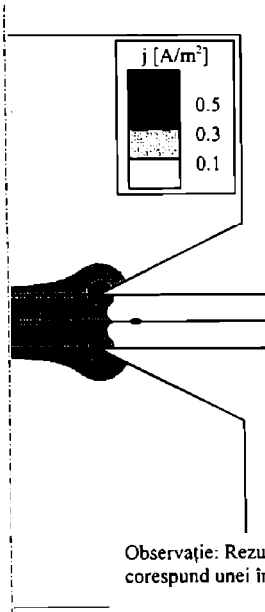


Figura 1.2.2 Electrozi B
Repartiția densității de curent

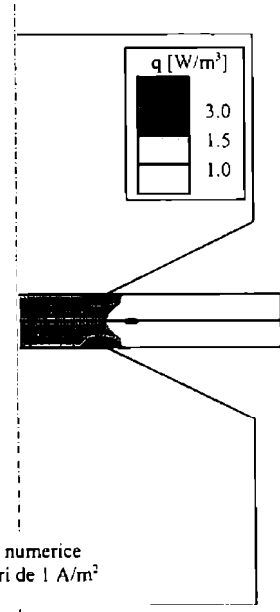


Figura 1.2.3 Electrozi B
Degajarea căldurii prin efect Joule

Observație: Rezultatele numerice corespund unei încărcări de 1 A/m²

În figura 1.2.1 sunt prezentate liniile de echipotențial electric (suprafețele cu potențial electric identic). Liniile de curent electric sunt perpendiculare pe aceste suprafețe.

Figura 1.2.2 prezintă repartiția densității de curent. Așa cum era de așteptat, densitatea de curent este maximă pe muchia electrodului. Acest lucru explică uzura mai accentuată a electrozilor în această zonă. Este de menționat faptul că tot în această zonă și presiunea de apăsare specifică este maximă. Acest lucru este într-o oarecare măsură pozitiv deoarece asigură un contact electric mai bun în zona cu densitate de curent maximă, dar în anumite condiții poate avea și caracter negativ prin solicitarea atât electrică cât și mecanică a aceleiași zone. Experiența a arătat că uzura electrodului cu suprafață plană are loc prin tasarea muchiilor și apariția formei de ciupercă datorită bavurii formate [113].

În figura 1.2.3 este prezentată repartiția degajării de căldură prin efect Joule, conform ecuației (1.2.1). Se observă că datorită rezistivității electrice a materialului de bază (oțel în cazul de față) mult mai mici decât a electrozilor (cupru) căldura este într-o mult mai mare măsură degajată în piesele care se sudează. Așa se explică (dacă mai era nevoie) de ce electrozii de sudare sunt fabricați aproape numai din cupru sau aliaje de cupru.

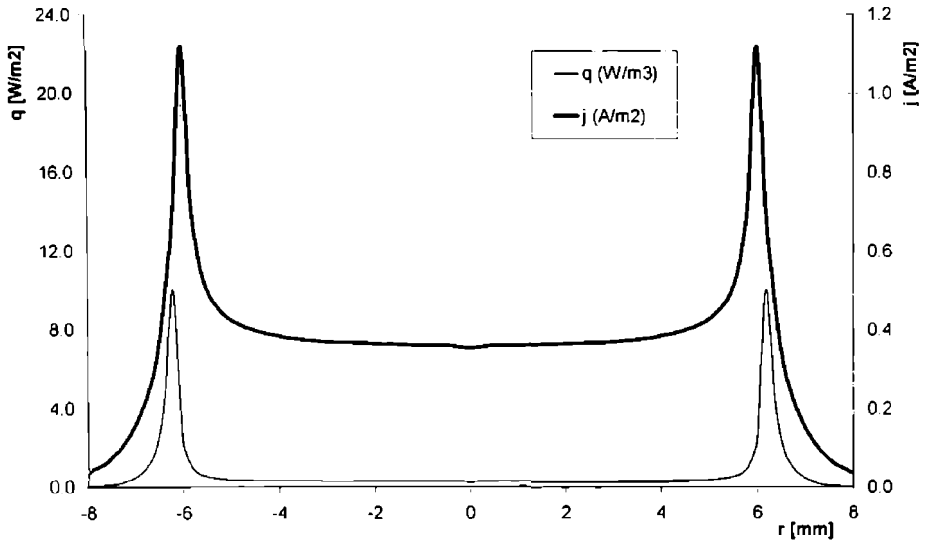


Figura 1.2.4 Densitatea de curent și generarea de căldură la interfața electrod-piesă

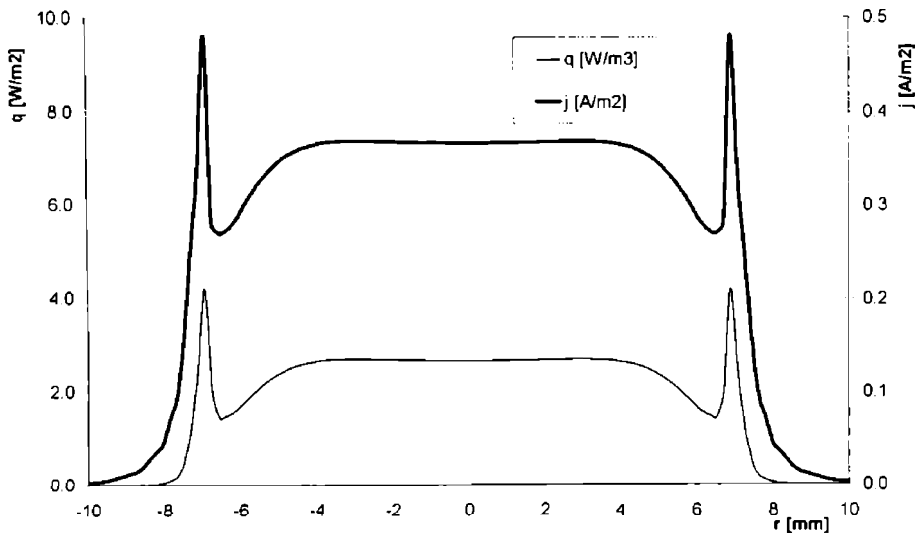


Figura 1.2.5 Densitatea de curent și generarea de căldură la interfața dintre componente

În figurile 1.2.4 și 1.2.5 sunt prezentate variația radială a densității de curent și a generării de căldură prin efect Joule la interfața dintre electrod și piesă (în componentă) și respectiv la interfața dintre componente, în cazul electrozilor cu vârf tronconic. Așa cum se poate observa, la interfața electrod-piesă factorul de concentrare a densității de curent este de aproximativ 2.8, iar la interfața dintre componente aproximativ 1.3.

Concentrarea densității de curent la marginea suprafeței de contact dintre electrod și piesă, precum și la marginea nucleului topit este responsabilă de stropirile care pot să apară atunci când forța de apăsare nu este corect corelată cu curentul de sudare.

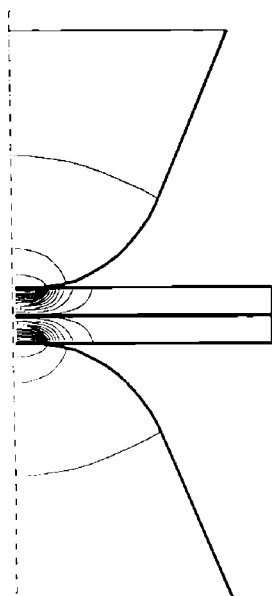


Figura 1.2.6 Electrozi E
Liniile de echipotențial

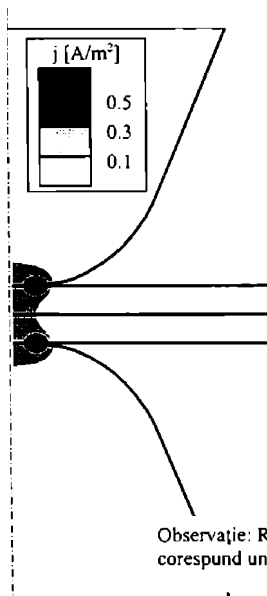


Figura 1.2.7 Electrozi E
Repartiția densității de curent

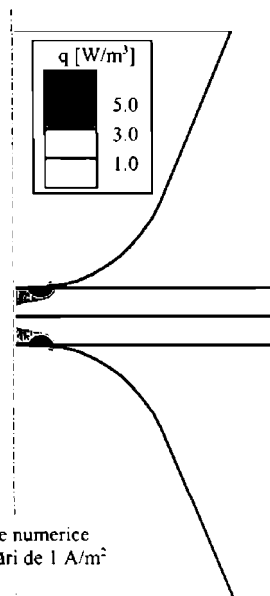


Figura 1.2.8 Electrozi E
Degajarea căldurii prin efect Joule

Observație: Rezultatele numerice corespund unei încărcări de 1 A/m²

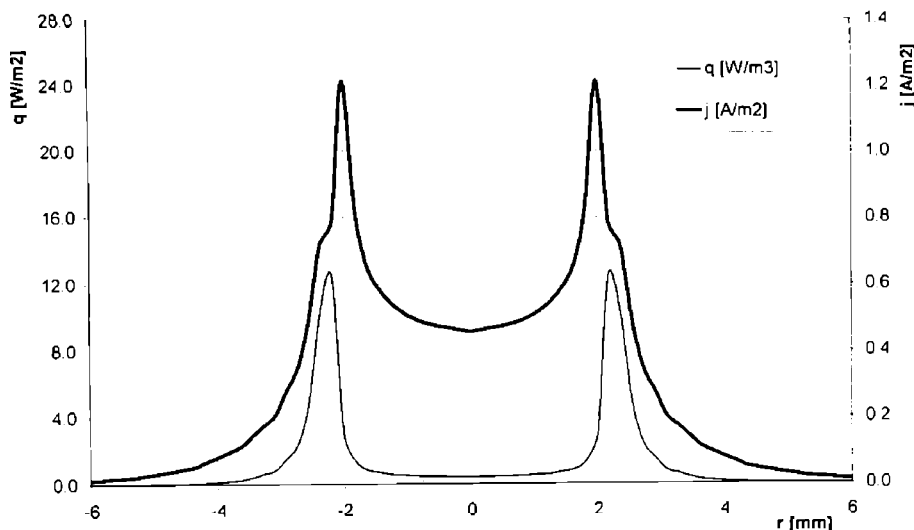


Figura 1.2.9 Densitatea de curent și generarea de căldură la interfața electrod-piesă

020.531
DCC E

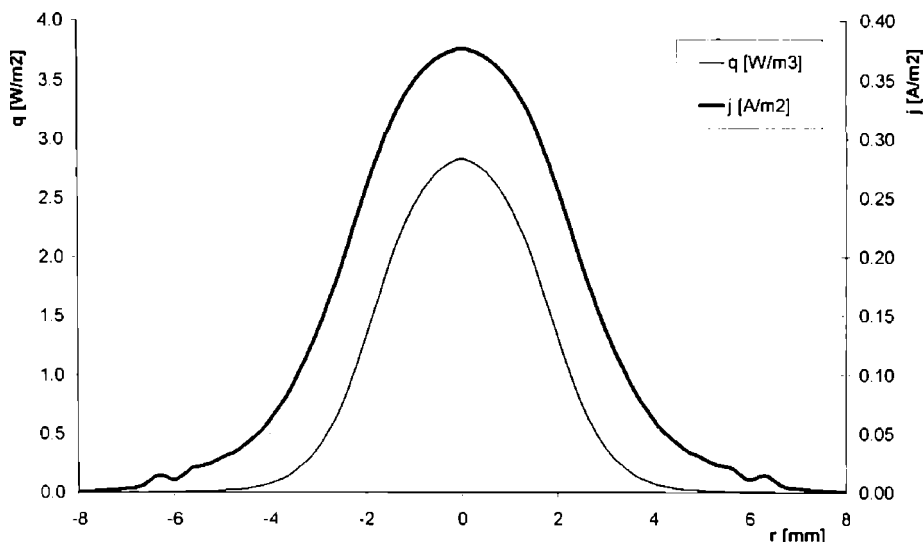


Figura 1.2.10 Densitatea de curent și generarea de căldură la interfața piesă-piesă

Figura 1.2.6 prezintă liniile de echipotențial electric pentru electrozi cu vârf sferic de tip E, iar în figura 1.2.11 pentru electrozi cu vârf sferic de tip F. Așa cum s-a mai arătat, liniile de curent electric sunt perpendiculare pe acestea.

În figurile 1.2.7 și 1.2.12 este prezentată repartiția densității de curent pentru electrozi cu vârf sferic de tip E și respectiv F. Ca și în cazul electrozilor tronconici, densitatea de curent este maximă la marginea suprafeței de contact dintre electrod și componentă. Tot în această zonă și presiunea de apăsare specifică este maximă, ceea ce asigură un contact electric mai bun în zona cu densitate de curent maximă. La fel ca în cazul electrozilor cu suprafață plană, uzura electrodului sferic are loc prin tasarea muchiilor și apariția formei de ciupercă datorită bavurii formate [148].

În figurile 1.2.8 și 1.2.13 este prezentată repartiția degajării de căldură prin efect Joule, de asemenea pentru electrozi de tip E și respectiv F, conform ecuației (1.2.1). Căldura degajată este și în acest caz mai mare în piesele care se sudează decât în electrozii din cupru.

În figurile 1.2.9 și 1.2.10 sunt prezentate variația radială a densității de curent și a generării de căldură prin efect Joule la interfața dintre electrod și piesă (în componentă) și respectiv la interfața dintre piesele de sudat, în cazul electrozilor cu vârf sferic de tip E (cu raza la vârf de 6 mm), iar în figurile 1.2.14 și 1.2.15 este prezentat cazul electrozilor cu vârf sferic de tip F (cu raza la vârf de 8 mm). La interfața electrod-piesă factorul de concentrare marginală a densității de curent este de aproximativ 2.7 pentru electrozi de tip E și de 2.5 pentru electrozi de tip F. Spre deosebire de electrozii cu suprafață plană, în cazul electrozilor cu vârf sferic nu mai apare o concentrare marginală a densității de curent și degajare de căldură. Pentru acest tip de electrozi nici în timpul experimentelor nu s-a observat o inițiere toroidală a nucleului topit ca în cazul electrozilor cu vârf tronconic de tip B (cu suprafață plană) [125].

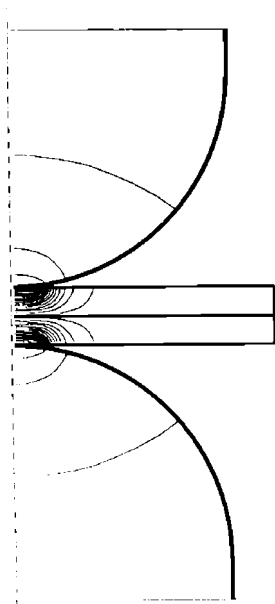


Figura 1.2.11 Electrozi F
Linii de echipotențial

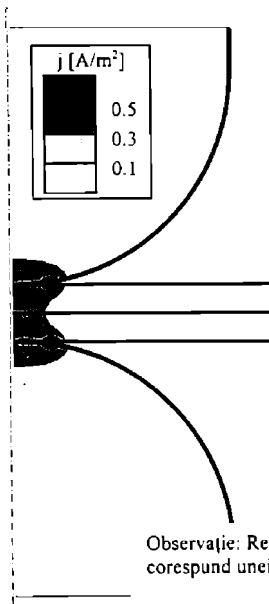


Figura 1.2.12 Electrozi F
Repartiția densității de curent

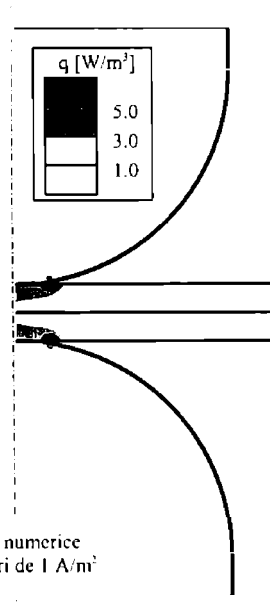


Figura 1.2.13 Electrozi F
Degajarea căldurii prin efect Joule

Observație: Rezultatele numerice corespund unei încărcări de 1 A/m²

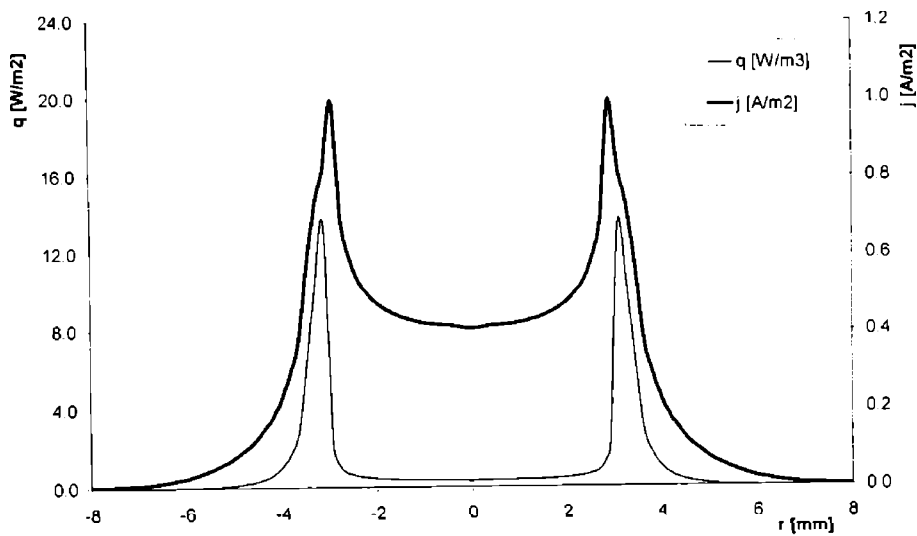


Figura 1.2.14 Densitatea de curent și generarea de căldură la interfața electrod-piesă

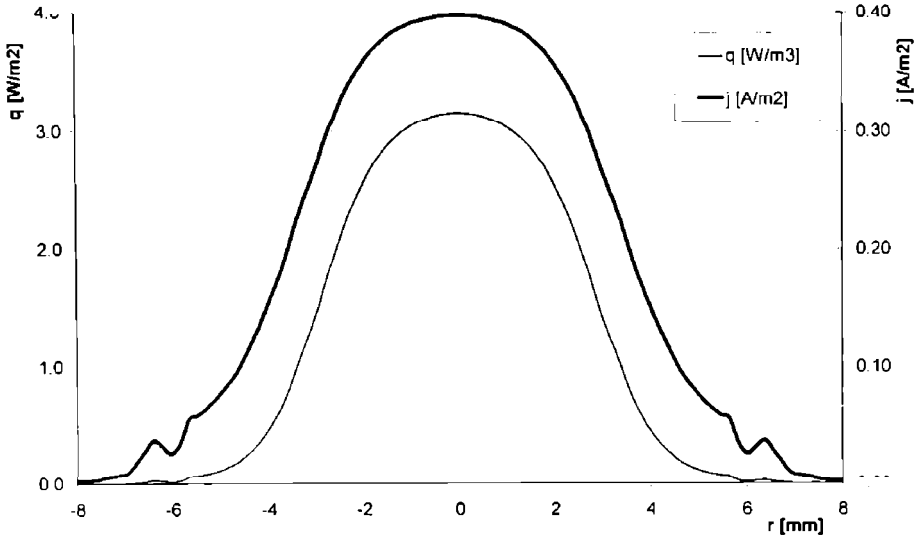


Figura 1.2.15 Densitatea de curent și generarea de căldură la interfața piesă-piesă

1.2.2 Analiza fenomenelor electrice la sudarea prin presiune în relief

Spre deosebire de cazul sudării electrice prin presiune în puncte, când forma electrozilor este standardizată și bine cunoscută, în cazul sudării electrice prin presiune în relief, forma bosajului este mult diferită de la un producător la altul, în conformitate cu diferitele recomandări. Mai mult decât atât, la sudarea în relief forma bosajului suferă variații semnificative în timpul procesului de sudare, de la forma inițială până la aplatizarea completă.

În acest paragraf se vor studia fenomenele electrice numai pentru forma inițială a bosajului. Acest lucru este justificat de faptul că fenomenele care au loc în prima parte a primei semiperioade de curent influențează în mod hotărâtor calitatea îmbinării sudate. Imediat după ce curentul începe să parcurgă bosajul acesta colapsează ("se prăbușește") sub acțiunea forței datorită plastifierii produsă de efectul Joule al curentului de sudare.

În continuare se studiază două situații distincte: cazul bosajului simplu, utilizat de obicei la sudarea tablelor cu grosime diferită și cazul bosajului inelar, utilizat în situații speciale, când capacitatea portantă a sudurii trebuie asigurată printr-o singură sudură sau un număr mic de suduri.

1.2.2.1 Cazul bosajului simplu

În figura 1.2.16 este prezentat modul de discretizare al bosajului simplu. Așa cum se poate observa, discretizarea este mai fină în zona bosajului, deoarece în acest loc analizele preliminare au scos în evidență apariția unor gradienti importanți ai mărimilor electrice studiate (cădere de tensiune, densitate de curent, căldură dezvoltată prin efect Joule).

Deoarece modelul este axial-simetric, elementele prezentate în figura 1.2.16 sunt de fapt elemente toroidale. Ipoteza modelului axial-simetric este valabilă în cazul în care se poate neglija efectul de șuntare în punctele de sudare adiacente la sudarea cu bosaje multiple și dacă marginea tablelor este suficient de departe de sudură.

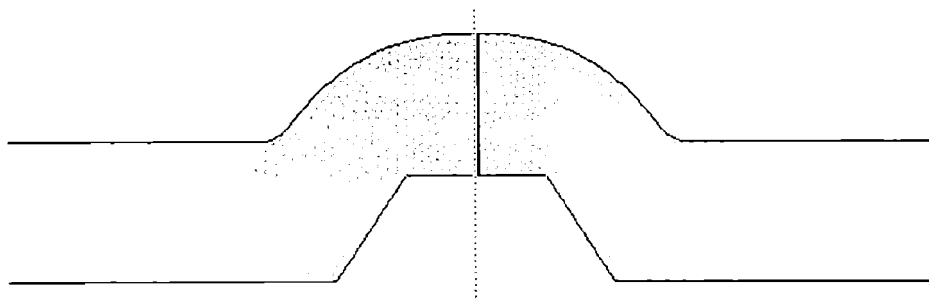


Figura 1.2.16 Modul de discretizare a bosajului simplu

În figura 1.2.17 sunt prezentate liniile de echipotențial (cădere de tensiune egală) în cazul bosajului simplu. Așa cum se poate observa, densitatea acestor linii este maximă în zona superioară a bosajului; în acest loc este de așteptat o densitate de curent maximă.

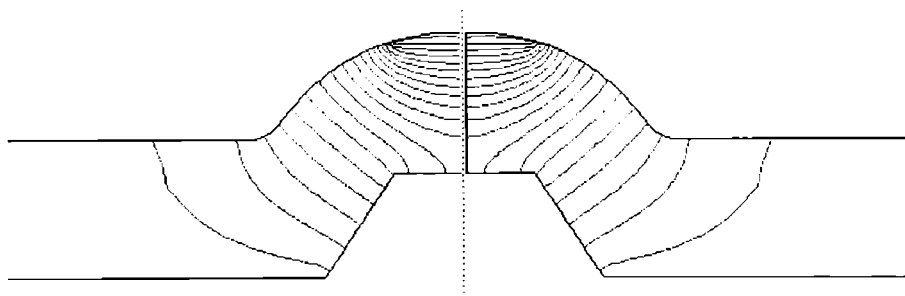


Figura 1.2.17 Distribuția liniilor de echipotențial în cazul bosajului simplu

În figura 1.2.18 este prezentată repartiția densității de curent în cazul bosajului simplu. Este important de observat faptul că densitatea de curent maximă se găsește în zona vârfului bosajului. Acest lucru poate fi defavorabil, din punct de vedere al expulzării de material, deoarece la majoritatea mașinilor de sudat în relief electrodul nu poate urmări cu viteza necesară aplatizarea bosajului, ceea ce are ca efect apariția momentană a unei presiuni de contact insuficiente în această zonă cu densitate de curent maximă (vezi paragraful 1.2.2).

Acest aspect explică deosebită a procedurii de sudare electrică prin presiune în relief la parametrul forță de apăsare. O forță exagerată duce la aplatizarea bosajului înaintea trecerii curentului de sudare, iar o forță de apă sare insuficientă duce (așa cum s-a arătat mai sus) la expulzări de material topit din zona de sudare, care poate avea efect negativ asupra capacității portante a îmbinării.

În figura 1.2.19 se prezintă repartiția generării de căldură prin efect Joule datorită curentului de sudare, conform relației (1.2.1). Aceasta este o mărime importantă din punct de vedere tehnologic deoarece topirea materialului metalic și deci sudarea are loc datorită generării căldurii. Așa cum era de așteptat în urma analizei repartiției densității de curent, degajarea de căldură este maximă la suprafața bosajului, ceea ce este favorabil formării nucleului topit. Prin analogie cu sudarea electrică prin presiune în puncte cu electrozi cu vârf sferic, este posibilă inițierea toroidală a punctului de sudare.

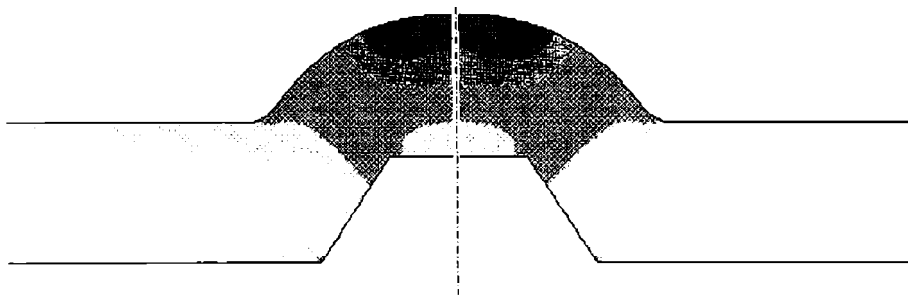


Figura 1.2.18 Repartiția densității de curent în cazul bosajului simplu

Spre deosebire de distribuția densității de curent, generarea de căldură prezintă un gradient mai mare, ceea ce este util deoarece căldura este concentrată în zona de sudare. Totuși, trebuie subliniat faptul că studiul a fost realizat pentru oțel și este de așteptat ca în cazul aliajelor ușoare, datorită conductivității electrice și termice superioare, căldura să fie mai puțin concentrată în zona de sudare.

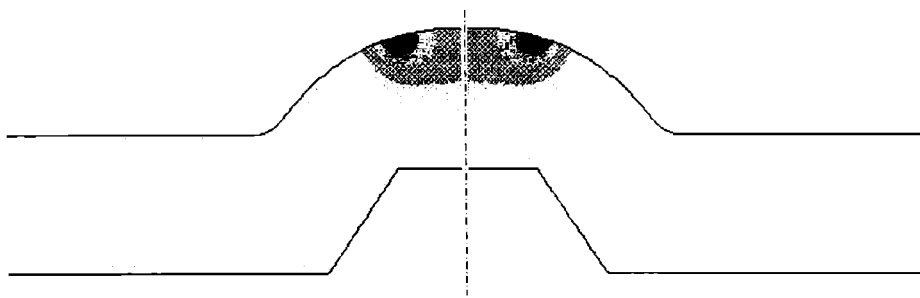


Figura 1.2.19 Repartiția generării de căldură în cazul bosajului simplu

Graficul prezentat în figura 1.2.20 prezintă curbele de variație a densității de curent și a generării de căldură pe suprafața bosajului. Așa cum este normal, generarea de căldură este direct influențată de densitatea de curent, motiv pentru care cele două curbe sunt asemănătoare; totuși cele două mărimi nu sunt proporționale, așa cum se poate vedea pe grafic.

Cel mai interesant lucru care rezultă din forma ambelor curbe este vârful foarte abrupt. (deci gradient mare al celor două mărimi), asemănător cu cel care apare la sudarea în puncte cu electrozi cu vârf sferic.

Un alt aspect interesant cu privire la colapsul bosajului în timpul încălzirii rezultă din figura 1.2.21, care prezintă densitatea de curent și generarea de căldură pe fundul bosajului simplu. Datorită dimensiunilor și geometriei poansonului și matriței pentru realizarea bosajelor, muchiile fundului bosajului sunt concentratori de căldură, datorită densității de curent ridicate din aceste zone.

Din comparația curbelor prezentate în figura 1.2.20 (pentru suprafața bosajului) și 1.2.21 (pentru fundul bosajului) rezultă valori de circa 50 de ori mai mici la partea inferioară decât la suprafața proeminenței.

Prezența unor concentratori de căldură în zonele în care solicitările mecanice sunt ridicate (vezi capitolul 1) favorizează aplatizarea bosajului nu numai dinspre vârf spre bază, așa cum ar fi fost de așteptat, ci și prin forfecarea bazei pereților acestuia. Acest lucru explică viteza deosebit

de ridicată a colapsului proeminenței în timpul sudării și necesitatea măsurilor tehnologice necesare pentru păstrarea unei presiuni de contact minim necesare pe toată durata sudării.

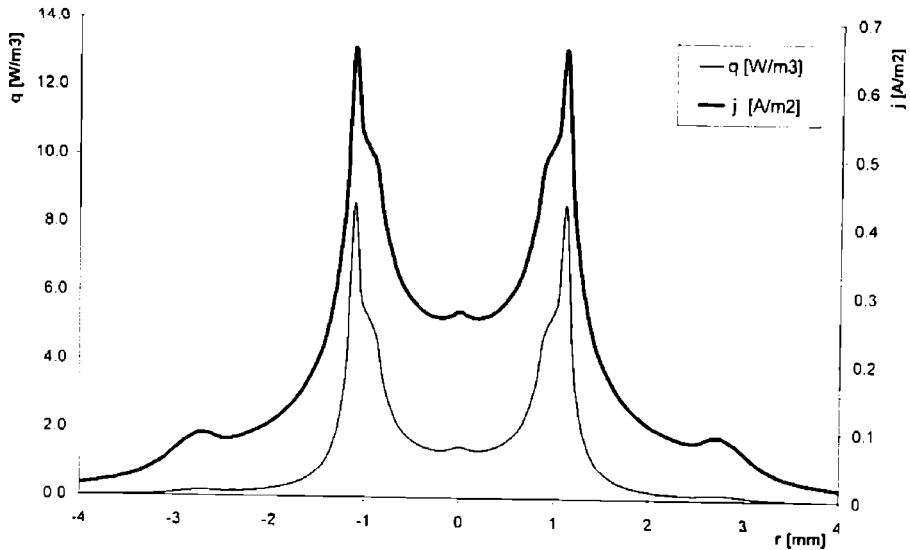


Figura 1.2.20 Densitatea de curent și generarea de căldură pe suprafața bosajului simplu

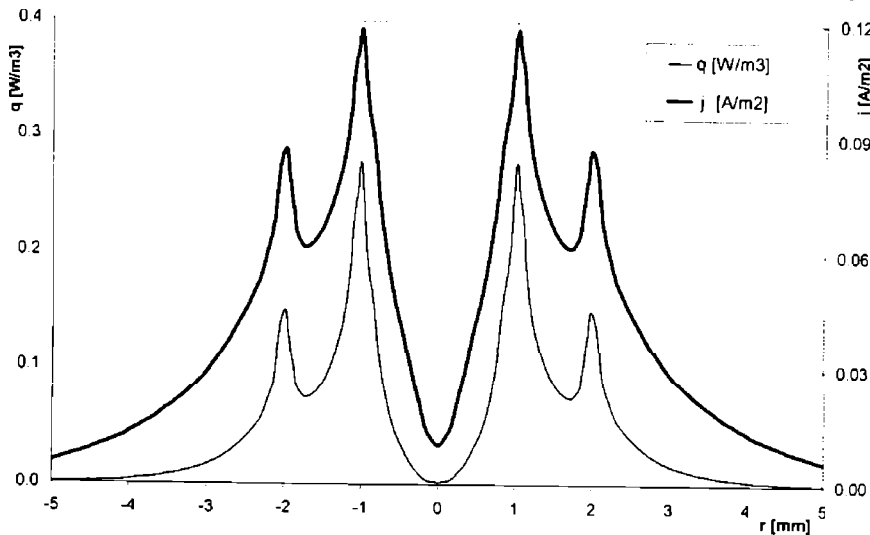


Figura 1.2.21 Densitatea de curent și generarea de căldură pe fundul bosajului simplu

1.2.2.2 Cazul bosajului inelar

În figura 1.2.22 este prezentat modul de discretizare al bosajului inelar. Ca și în cazul bosajului simplu, discretizarea este mai fină în zona bosajului, deoarece în acest loc analizele preliminare au scos în evidență apariția unor gradienti importanți ai mărimilor electrice studiate (cădere de tensiune, densitate de curent, căldură dezvoltată prin efect Joule).

Ipoteza modelului axial-simetric este valabilă și în cazul bosajului inelar; în acest caz se poate neglija aproape întotdeauna efectul de șuntare în punctele de sudare adiacente, deoarece bosajele inelare se utilizează la sudarea cu bosaje singulare, totuși marginea tablelor trebuie să fie suficient de departe de sudură.

În figura 1.2.23 sunt prezentate liniile de echipotențial (cădere de tensiune egală) în cazul bosajului inelar. Așa cum se poate observa, ca și în cazul bosajului simplu, densitatea acestor linii este maximă în zona superioară a bosajului, unde este de așteptat o densitate de curent maximă.

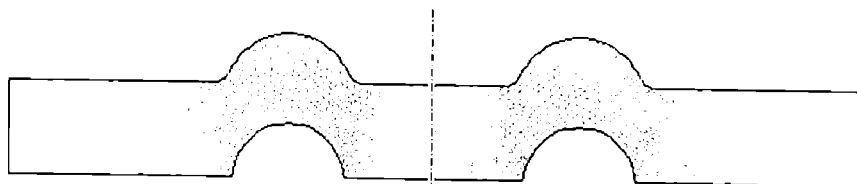


Figura 1.2.22 Modul de discretizare a bosajului inelar

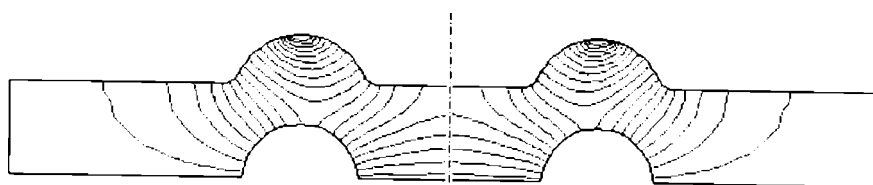


Figura 1.2.23 Distribuția liniilor de echipotențial în cazul bosajului inelar

În figura 1.2.24 este prezentată repartiția densității de curent în cazul bosajului inelar. Este important de observat faptul că densitatea de curent maximă se găsește în zona vârfului bosajului, ca și în cazul bosajului simplu. Totuși trebuie observat că modul de repartiție a densității de curent este ușor diferit de cazul bosajului simplu prezentat în figura 1.2.18.

Pericolul expulzării de material datorită concentrării de curent în zona superioară, menționat și în paragraful anterior rămâne, motiv pentru care trebuie luate măsuri tehnologice care să împiedice expulzările de metal inacceptabile.



Figura 1.2.24 Repartiția densității de curent în cazul bosajului inelar

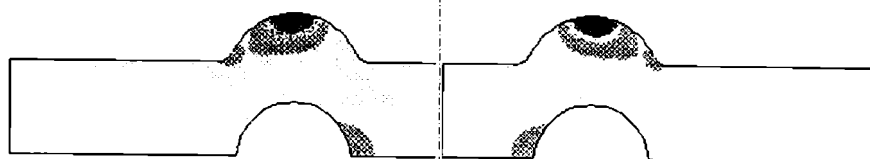


Figura 1.2.25 Repartiția generării de căldură în cazul bosajului inelar

În figura 1.2.25 se prezintă repartiția generării de căldură prin efect Joule datorită curentului de sudare, conform relației (1.2.1). Așa cum s-a mai arătat, aceasta este o mărime importantă din punct de vedere tehnologic deoarece topirea materialului metalic și deci sudarea are loc datorită generării căldurii. Ca și în cazul bosajului simplu, degajarea de căldură este maximă la suprafața bosajului, ceea ce este favorabil formării nucleului topit.

Graficul prezentat în figura 1.2.26 prezintă curbele de variație a densității de curent și a generării de căldură pe suprafața bosajului inelar, iar figura 1.2.27 la baza aceluiași tip de bosaj. Generarea de căldură este direct influențată de densitatea de curent, motiv pentru care cele două curbe sunt asemănătoare, totuși cele două mărimi nu sunt proporționale, așa cum se poate vedea și de pe grafic. Din analiza ambelor curbe rezultă că pantele acestora sunt foarte abrupte. (deci cele două mărimi au un gradient mare), asemănător cu situația de la sudarea în puncte cu electrozi cu vârf sferic și sudarea prin presiune în relief cu bosaj simplu.

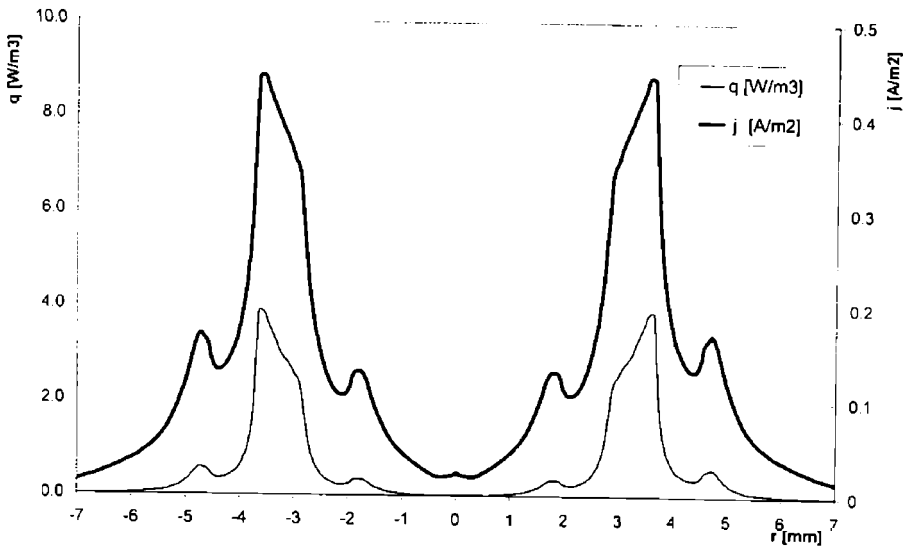


Figura 1.2.26 Densitatea de curent și generarea de căldură pe suprafața bosajului simplu, pentru o densitate de curent nominală de $1 A/m^2$

Ca și în cazul bosajului simplu, la baza bosajului inelar, apar concentrări de curent și deci concentrări de temperatură care determină dinamica de aplatizare a bosajului. Acest lucru explică viteza deosebit de ridicată a colapsului proeminenței în timpul sudării și necesitatea măsurilor tehnologice necesare pentru păstrarea unei presiuni de contact minim necesare pe toată durata sudării.

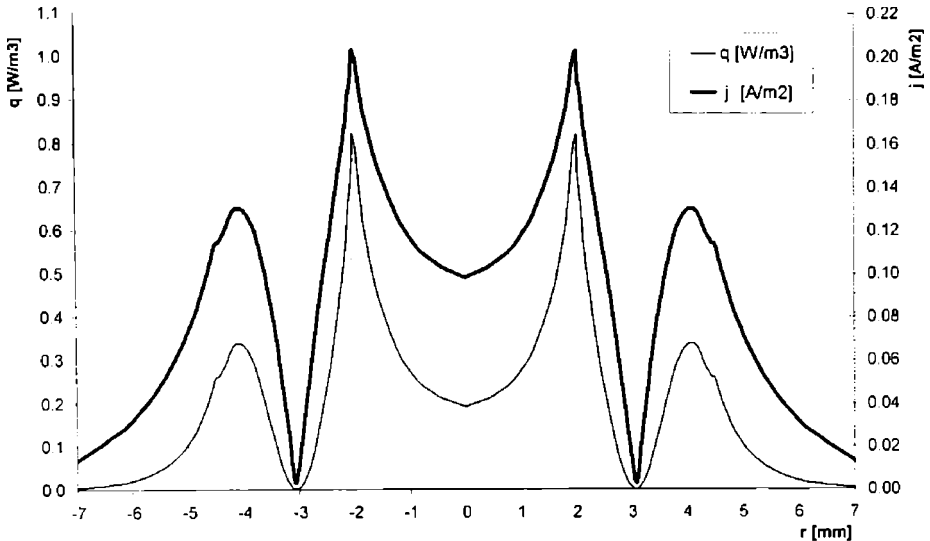


Figura 1.2.27 Densitatea de curent și generarea de căldură la baza bosajului simplu

1.3 Concluzii în legătură cu fenomenele care au loc la sudarea electrică prin presiune

Analiza fenomenelor mecanice, electrice și termice care au loc la sudarea electrică prin presiune în puncte, linie și relief permite dezvoltarea unor modele pe baza cărora se poate analiza modul în care parametrii de sudare influențează calitatea îmbinării sudate, nu numai din punct de vedere al capacității portante a acestora dar și sub aspectul calității suprafeței componentelor.

În urma analizei prin metoda elementelor finite a distribuției tensiunilor normale și de contact între electrozi și componente, pe de o parte și între componentele care se sudează, pe de altă parte, a rezultat o repartiție foarte neuniformă a tensiunilor, cu consecințe directe nu numai asupra calității componentelor dar și asupra durabilității electrozilor.

În continuare sunt prezentate succint concluziile care rezultă în urma studiilor teoretice, prin metoda elementelor finite, prezentate în prima parte a acestei teze:

- a) La sudarea prin presiune în puncte, atât în cazul electrozilor tronconici, indiferent de diametrul vârfului, cât și în cazul electrozilor cu vârf sferic, cu diferite raze de curbură, maximul tensiunilor de contact la interfața dintre electrozi și componente este situat la periferia suprafeței de contact. Acest lucru are următoarele consecințe:
 - Uzura electrozilor este maximă la periferia suprafeței de așezare a acestora, ceea ce duce la forma de ciupercă a vârfului electrozilor după un anumit număr de puncte sudate.
 - Utilizarea electrozilor cu diametru la vârf mare sau cu rază de curbură mare (A50, A75 sau A100) este de natură să reducă viteza de uzură a electrozilor, prin diminuarea raportului dintre tensiunea de contact maximă de la periferia suprafeței vârfului electrodului și presiunea medie, cu condiția menținerii presiunii specifice medii aproximativ constantă.
 - Uzura vârfului electrozilor are ca și consecință creșterea suprafeței efective de contact și deci scăderea presiunii efective medii; de asemenea prin scăderea nivelului de neomogenitate a repartiției presiunii, la periferia vârfului electrozilor

- (unde nivelul de uzare este maxim) reducerea de presiune este și mai mare, deci uzarea are un caracter accelerat. Din acest motiv, remedierea sau înlocuirea capetelor electrozilor trebuie efectuată imediat după atingerea creșterii critic-acceptabile a diametrului vârfului electrodului, peste o anumită limită fiind compromisă calitatea îmbinării sudate.
- Amprenta lăsată de electrozi pe componente este mai adâncă în cazul electrozilor cu diametrul vârfului mic sau cu rază a vârfului redusă, nu numai datorită creșterii presiunii specifice (la forță de apăsare constantă) ci și datorită creșterii gradului de neomogenitate a presiunii de contact (figurile 1.1.6 și 1.1.10).
 - În cazul unei forțe de apăsare insuficiente, la interfața dintre electrozi și componente pot să apară supraîncălziri locale, datorită creșterii rezistivității electrice, ceea ce duce la aderențe ale materialului electrozilor pe piese și împrôșcări de metal topit, în special în primele momente ale trecerii curentului de sudare.
- b) La sudarea prin presiune în puncte (cu excepția electrozilor sferici cu raza la vârf mică) și la interfața dintre componente maximul tensiunilor de contact este situat la periferia suprafeței reale de contact. Acest lucru duce la următoarele:
- Nucleul topit este reținut în interiorul învelișului de material plastefiat (viitoarea zonă influențată termo-mecanic), în ciuda presiunilor interne care apar în metalul topit datorită creșterii temperaturii.
 - Până la o anumită limită, creșterea forței de apăsare a electrozilor are ca efect diminuarea împrôșcărilor de material topit de la interfața dintre componente, adică este menținută la un nivel redus, sau chiar eliminată, pierderea de material topit din interiorul nucleului lichid. Acest lucru este adevărat deoarece forma distribuției presiunilor este independentă de valoarea forței de apăsare.
 - Forța de apăsare a electrozilor insuficientă, în special în fazele finale ale formării nucleului topit, când acesta are un volum mare, duce la împrôșcări de material și peste un anumit nivel, reducerea capacității portante a îmbinării prin diminuarea secțiunii efective a îmbinării sudate.
- c) La sudarea electrică prin presiune în relief, datorită aplatizării bosajului, suprafața de contact a acestuia crește în timpul primelor perioade de trecere a curentului, ceea ce duce la redistribuirea tensiunilor axiale în zona acestuia (figura 1.1.13, pentru bosajul simplu și figura 1.1.16 pentru bosajul inelar). Acest fenomen, corelat cu redistribuirea liniilor de curent, are următoarele consecințe:
- Rigiditatea relativ redusă a bosajelor nu permite aplicarea unor forțe de apăsare similare cu cele de la sudarea în puncte sau în linie pentru aceleași valori ale curentului de sudare.
 - Datorită creșterii suprafeței reale de contact dintre bosaj și componenta de bază, curentul de sudare trebuie să ajungă treptat la valoarea nominală, altfel există pericolul împrôșcărilor de metal topit în primele momente ale trecerii curentului de sudare.
 - Colapsul rapid, datorat rigidității mici a bosajelor, impune necesitatea utilizării unor echipamente de sudare cu inerție mică, capabile să asigure presiunea de contact minim necesară prin urmărirea cât mai fidelă a aplatizării în timp a proeminenței.
- d) În cazul sudării electrice prin presiune în linie, maximele presiunii de contact se găsesc în zona inițială și finală a benzii de contact dintre rola electrod și materialul de sudat (figura 1.1.19). Neuniformitatea distribuției tensiunilor normale crește odată cu scăderea nivelului de deformare plastică a componentelor. Aceste aspecte prezintă următoarele consecințe:

- Forța de apăsare a rozelor trebuie corelată cu lățimea rolei electrod; pentru role cu lățime mare forța de apăsare trebuie crescută pentru a păstra constantă nu numai presiunea specifică ci și pentru a controla deformarea plastică a componentelor.
- Forța de apăsare a rozelor trebuie crescută la creșterea vitezei de sudare datorită scăderii deformării plastice a componentelor prin reducerea preîncălzirii zonelor care urmează să fie sudate.

Bineînțeles, toate aceste observații sunt valabile în domeniul elastic, fenomenele reale, de fapt elasto-plastice, sunt diferite într-o oarecare măsură.

- e) În cazul sudării electrice prin presiune în puncte, densitatea maximă de curent și generarea de căldură prin efect Joule sunt maxime la periferia suprafeței de contact dintre electrozi și componente și la marginea nucleului topit, pe tot timpul dezvoltării acestuia (figurile 1.2.2, 1.2.3, 1.2.4, 1.2.5, 1.2.7, 1.2.8, 1.2.9, 1.2.10, 1.2.12, 1.2.13, 1.2.14, 1.2.15). Acest lucru conduce la:
- Accentuarea uzării electrozilor în aceeași zonă în care uzarea este favorizată și de repartiția presiunii de contact.
 - Concentrarea dezvoltării de căldură la periferia nucleului topit este responsabilă de stropirile care pot să apară atunci când forța de apăsare și curentul de sudare nu sunt corelate corespunzător.
 - Datorită formei inelare a densității maxime de curent, în majoritatea cazurilor, la sudarea în puncte inițierea punctului topit este toroidală, acesta evoluând ulterior spre interior datorită condițiilor de răcire specifice.
- f) În cazul sudării electrice prin presiune în relief densitatea de curent maximă și generarea de căldură prin efect Joule sunt maxime în zona vârfului bosajului (figurile 1.2.18, 1.2.19, 1.2.24 și 1.2.25). Acest lucru explică următoarele:
- La majoritatea mașinilor de sudat în relief electrodul nu poate urmări cu viteză necesară aplatizarea bosajului, ceea ce are ca efect apariția momentană a unei presiuni de contact insuficiente în această zonă cu densitate de curent maximă (vezi paragraful 1.2.2) și deci expulzări de metal topit, uneori destul de violente.
 - Procedul de sudare electrică prin presiune în relief este sensibil din punct de vedere tehnologic la parametrul forță de apăsare. O forță exagerată duce la aplatizarea bosajului înaintea trecerii curentului de sudare, iar o forță de apăsare insuficientă duce (așa cum s-a arătat mai sus) la expulzări de material topit din zona de sudare, cu efect negativ asupra capacității portante a îmbinării.
- g) Un aspect interesant cu privire la colapsul bosajului în timpul încălzirii rezultă din figura 1.2.21, care prezintă densitatea de curent și generarea de căldură pe fundul bosajului simplu. Datorită dimensiunilor și geometriei poansonului și matriței pentru realizarea bosajelor, muchiile fundului bosajului sunt concentratori de căldură, datorită densității de curent ridicate din aceste zone. Prezența unor concentratori de căldură în zonele în care solicitările mecanice sunt ridicate (vezi capitolul 1) favorizează aplatizarea bosajului nu numai dinspre vârf spre bază, așa cum ar fi fost de așteptat, ci și prin forfecarea bazei pereților acestuia. Acest lucru explică viteza deosebit de ridicată a colapsului proeminenței în timpul sudării și necesitatea măsurilor tehnologice necesare pentru păstrarea unei presiuni de contact minim necesare pe toată durata sudării.

PARTEA a II-a

STUDIUL EXPERIMENTAL A INFLUENȚEI PARAMETRILOR TEHNOLOGICI ASUPRA CALITĂȚII ÎMBINĂRII SUDATE ELECTRIC PRIN PRESIUNE

Scopul părții a II-a din această teză este de a prezenta o serie de experimente care au scopul de a determina influența principalilor parametri și factori tehnologici asupra calității îmbinării sudate electric prin presiune în puncte, linie și relief.

2.1 Studiul influenței principalilor parametri asupra calității îmbinării sudate

Primul studiu efectuat în cadrul programului experimental a avut ca scop determinarea influenței curentului de sudare, timpului de trecere a curentului și forței de apăsare a electrozilor asupra calității punctului sudat.

Calitatea punctului sudat a fost apreciată prin forța necesară de rupere prin forfecare a îmbinării conform STAS 7932-90 [60]. De asemeni diametrul nucleului topit și modul de rupere a îmbinării au fost luate în considerare la aprecierea calității îmbinării sudate [15].

2.1.1 Condiții tehnice

Acest experiment s-a efectuat pe o mașină de sudat prin rezistență produsă de firma Schlatter [22]. Echipamentul a permis reglarea continuă a curentului și forței de apăsare a electrozilor. Timpului de sudare a putut fi reglat cu precizie de o perioadă (0,02 s).

Sudarea s-a realizat conform unui ciclu simplu de sudare cu curent alternativ constant, prezentat în figura 2.1.1.

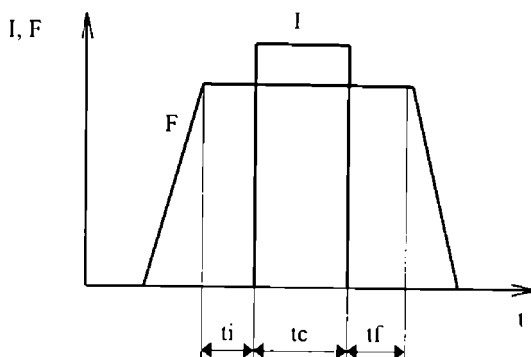


Figura 2.1.1 ciclul de sudare simplu

Timpul inițial (t_i) și timpul de forjare (t_f) au fost de două secunde (100 perioade). În mod normal nu sunt necesari timpi atât de lungi, dar în felul acesta există certitudinea că presiunea în cilindrul pistonului mașinii de sudat s-a egalizat și deci forța nu a variat în timpul formării nucleului topit.

Curentul de sudare a fost monitorizat pentru fiecare perioadă, reținându-se pentru analiza statistică doar valoarea efectivă a acestuia [20].

Forța de apăsare a electrozilor a fost măsurată cu precizie de 2% cu ajutorul unui traductor cu piezocristal și afișaj digital.

Încercarea la forfecare a îmbinării sudate s-a realizat conform STAS 7932-90 cu o viteză de deplasare a părții mobile a mașinii de tracțiune de 10 mm/min.

Măsurarea diametrului punctului sudat s-a făcut cu șublerul după două direcții perpendiculare pe fiecare componentă. Valoarea luată în calcul la analiza statistică fiind deci pentru fiecare punct media a patru măsurători.

2.1.2 Materialul de bază

Experimentele s-au realizat pe un oțel St 12 (Werkstoff-nummer 1.0330) conform DIN 1623.

Oțelul St 12 este larg utilizat pentru realizarea caroseriilor în industria germană de autoturisme. Din acest motiv, cunoașterea comportării sale la sudarea prin rezistență în puncte prezintă interes. Proprietățile mecanice ale acestui oțel sunt prezentate în tabelul 2.1.1.

Tabelul 2.1.1 Proprietățile mecanice ale oțelului St 12

Rezistența la rupere [N/mm ²]	Limita de curgere [N/mm ²]	Alungirea la rupere [%]	Duritatea		Conținutul de carbon [%]
			HRB	HR 30 T	
270-410	280	28	65	60	0,10

Tablele au fost obținute prin laminare la rece. Grosimea tablelor sudate a fost de 0,88 mm. Suprafața tablelor a fost curată, fără urme de oxizi. Protecția anticorozivă a fost asigurată de un strat subțire de ulei pe suprafață. Datorită posibilei aderențe a prafului la acest film de ulei, înainte de sudare probele au fost șterse cu o cârpă moale.

2.1.3 Electrozii de sudare

Electrozii de sudare au fost realizați din cupru aliat cu crom și zirconiu. Electrozii utilizați au fost cu cap detașabil. S-au utilizat capete de electrozi de tip E (vezi figura 2.1.2). Diametrul d_1 a fost de 16 mm iar raza vârfului electrodului R2 de 6 mm [9], [35].

Capetele electrozilor au fost schimbate după fiecare cincizeci de puncte sudate pentru ca uzura suprafeței electrodului să nu influențeze rezultatele experimentului. Bineînțeles înainte de schimbare uzura vârfului a fost minimă și în mod normal nu ar fi fost necesară schimbarea atât de des.

Răcirea electrozilor în timpul sudării a fost asigurată cu apă la temperatura de 15° C.

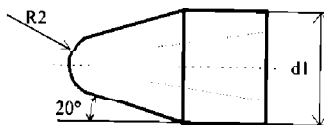


Figura 2.1.2 Cap de electrod tip E

2.1.4 Organizarea experimentului

Experimentul a fost organizat sub forma unui experiment factorial complex cu trei parametrii cantitativi:

- curentul de sudare la zece nivele: 2.2, 3.1, 4.8, 6.2, 8.4, 8.7, 9.1, 10.2, 11.1 și 12.3 kA;
- timpul de trecere a curentului la opt nivele: 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12 și 16 perioade (0.02 s);
- forța de apăsare a electrozilor la șase nivele: 1.0, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 și 6.0 kN.

Așa cum se observă, experimentul a asigurat $10 \times 8 \times 6 = 480$ condiții diferite de sudare.

2.1.5 Prelucrarea preliminară a datelor experimentale

Cu fiecare din cele 480 de regimuri s-au sudat câte două sau trei probe.

Eliminarea datelor afectate de erori grosolane s-a efectuat iterativ în timpul calculului funcțiilor de regresie prin analiza populației abaterilor absolute a valorilor experimentale față de valorile calculate. Pentru eliminarea datelor eronate s-a utilizat criteriul Romanovsky [94].

Sudurile realizate fără topire, în stare solidă, sunt necorespunzătoare și au fost considerate nule.

Apariția stropirilor a fost consemnată iar rezultatele experimentale au fost luate totuși în considerare la analiză.

Deasemenea în cazul deformării excesive a componentelor sau aderării materialului electrozilor pe suprafața pieselor, rezultatele au participat la modelare.

În figurile 2.1.3 - 2.1.8 este prezentată situația apariției stropirilor în funcție de principalii parametri de sudare (curentul de sudare, timpul de sudare și forța de apăsare).

S-a considerat stropire intensă situația în care în urma expulzării de material topit din nucleul topit s-a ajuns la diminuarea pătrunderii acestuia în componente, iar amprenta electrozilor pe componente este pronunțată.

În timpul încercării de forfecare, ruperea îmbinării sudate s-a produs în două moduri calitativ diferite:

- prin distrugerea (forfecarea) punctului sudat;
- prin distrugerea componentelor (debutonare).

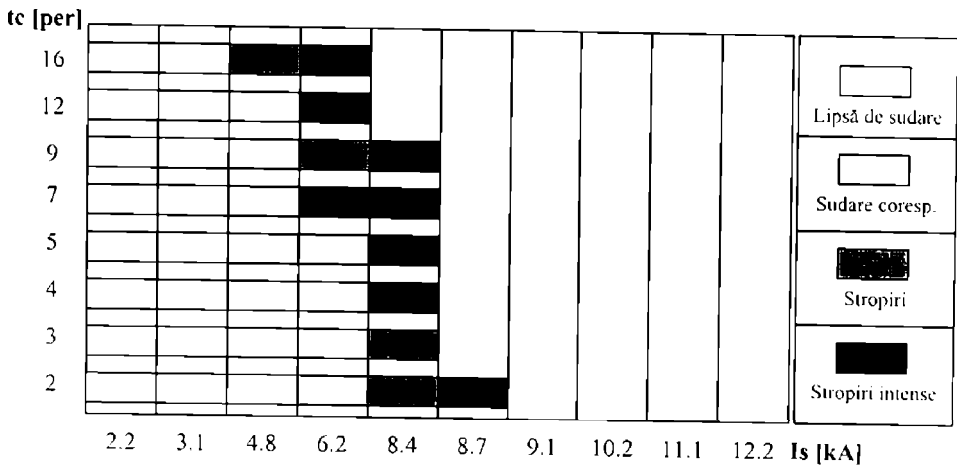


Figura 2.1.3 Situația stropirilor la F=1.0 kN

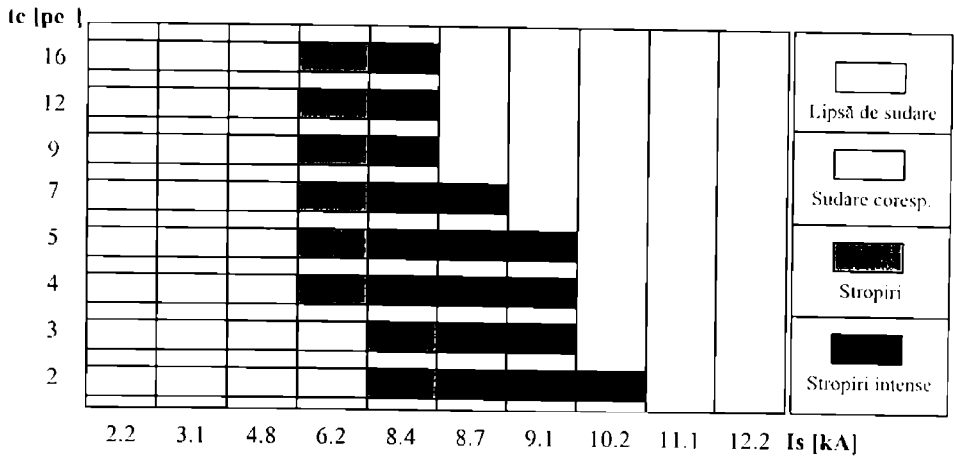


Figura 2.1.4 Situația stropirilor la F=1.5 kN

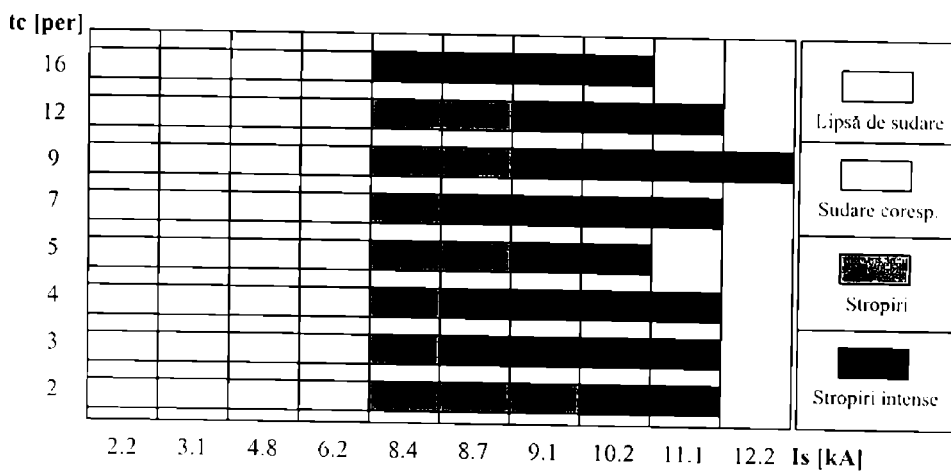


Figura 2.1.5 Situația stropirilor la F=2.5 kN

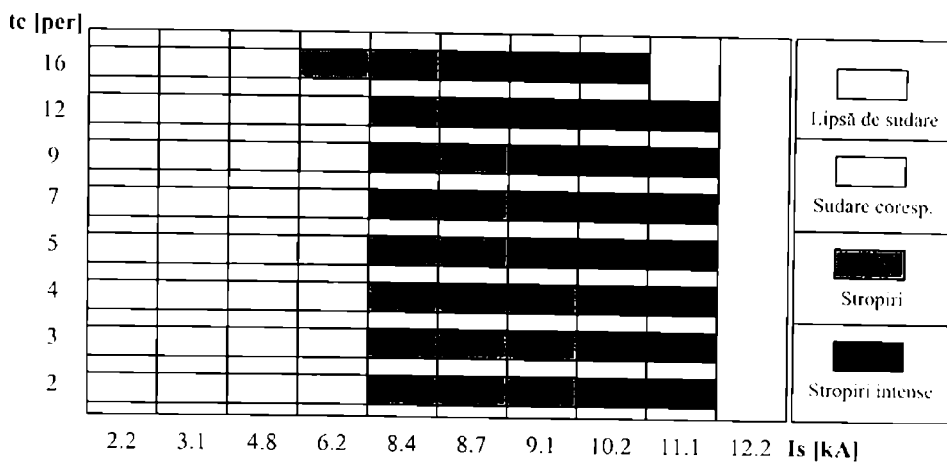


Figura 2.1.6 Situația stropirilor la F=3.5 kN

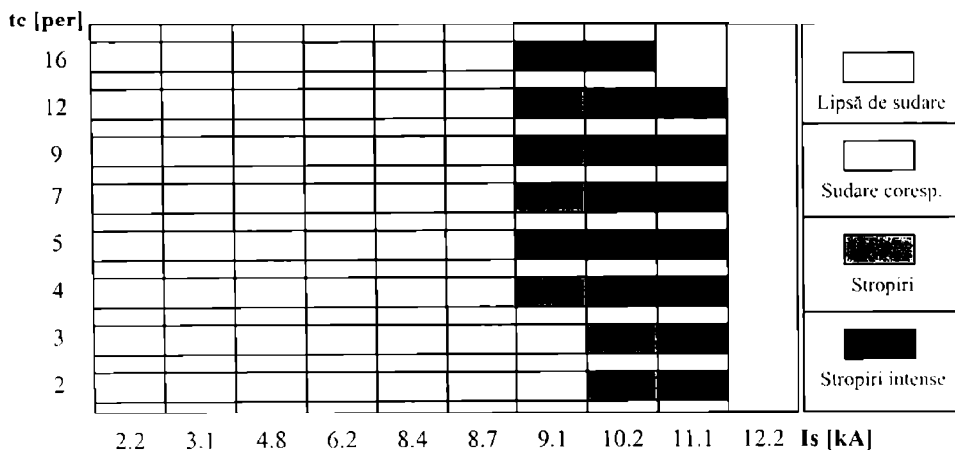


Figura 2.1.7 Situația stropirilor la F=4.5 kN

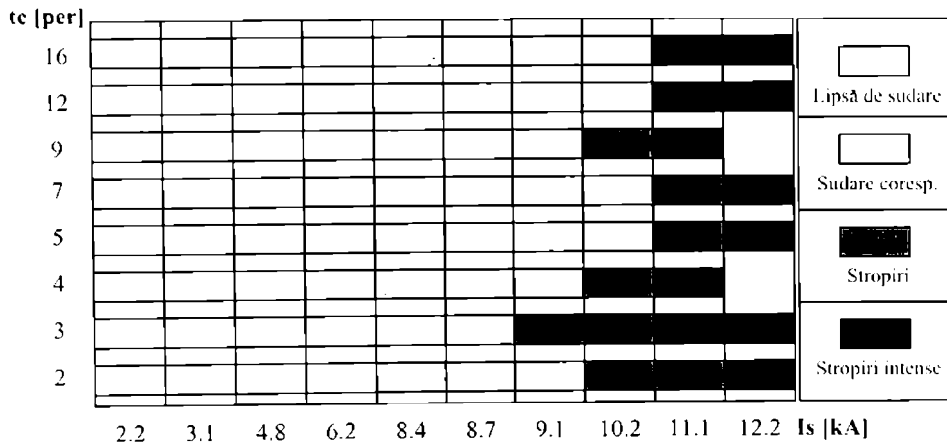


Figura 2.1.8 Situația stropirilor la F=6.0 kN

În figurile 2.1.9 - 2.1.14 este prezentat modul de rupere a probelor sudate în funcție de principalii parametrii de sudare. În figurile 2.1.3 - 2.1.14 datele au fost prezentate așa cum au fost obținute, fără ajustări de corelație.

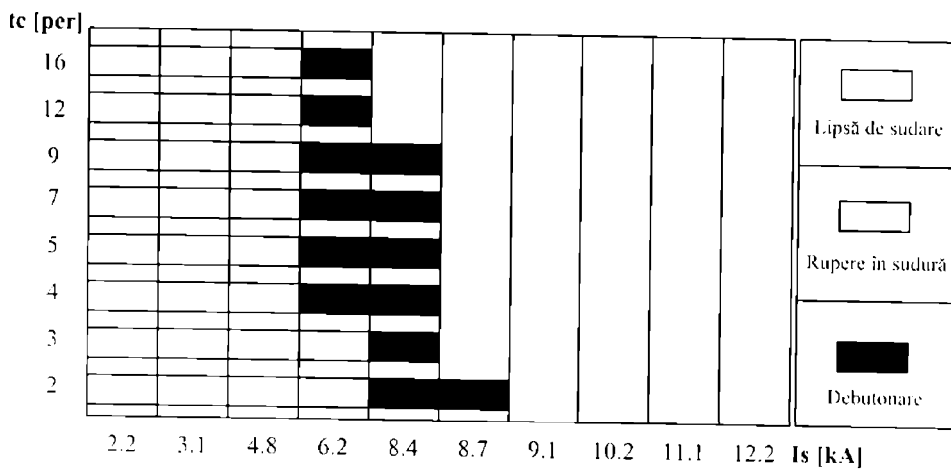


Figura 2.1.9 Modul de rupere a probelor la F=1.0 kN

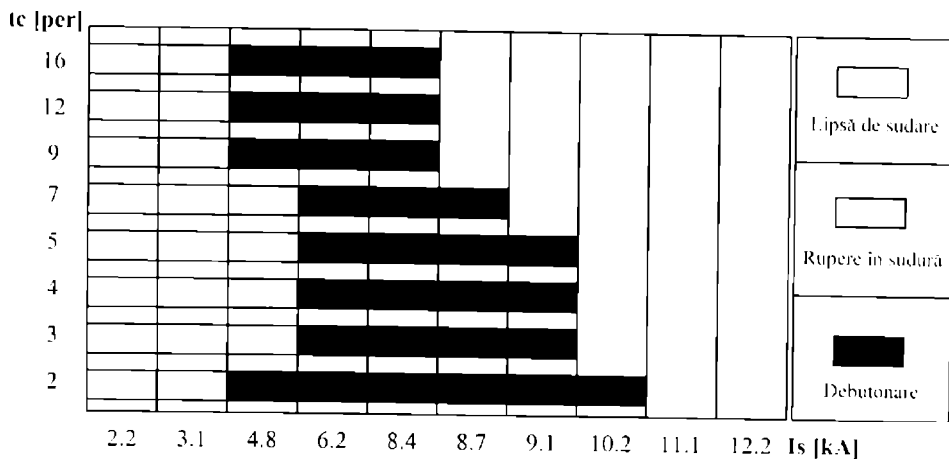


Figura 2.1.10 Modul de rupere a probelor la F=1.5 kN

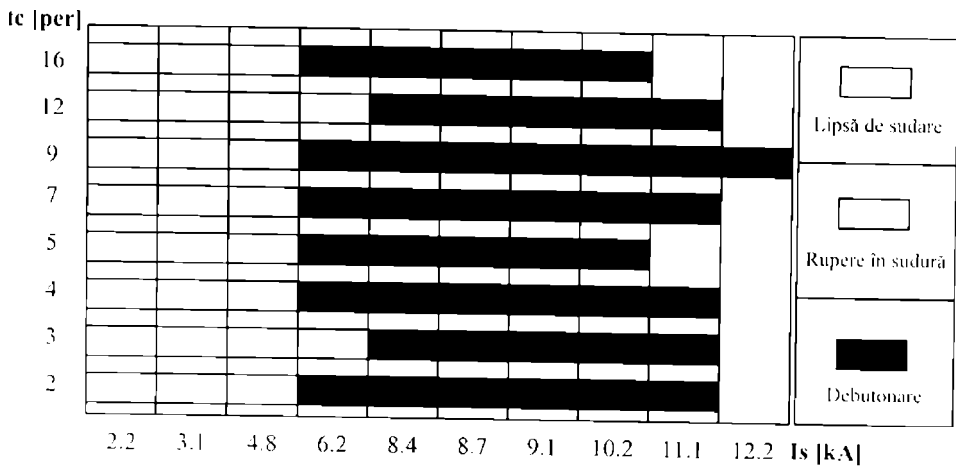


Figura 2.1.11 Modul de rupere a probelor la $F=2.5$ kN

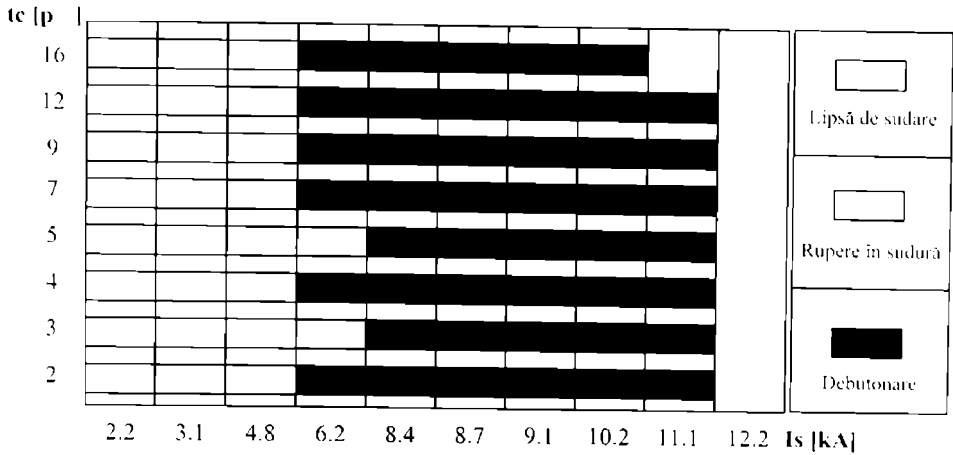


Figura 2.1.12 Modul de rupere a probelor la $F=3.5$ kN

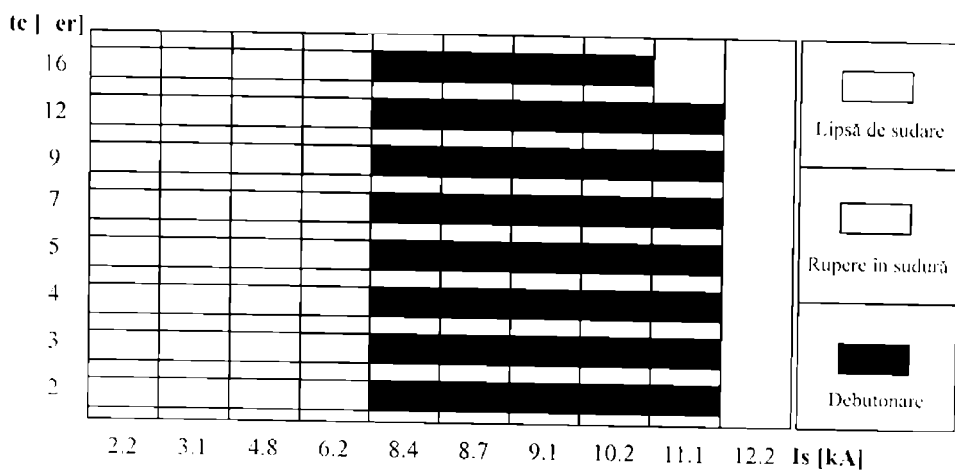


Figura 2.1.13 Modul de rupere a probelor la $F=4.5$ kN

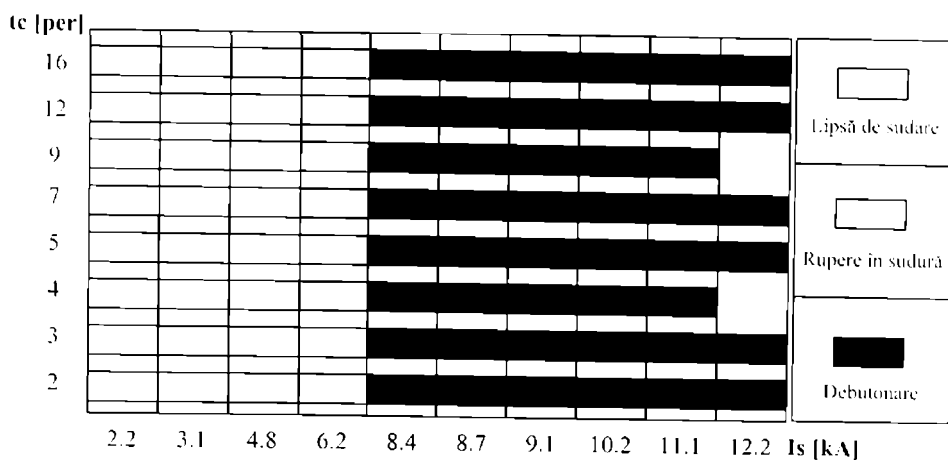


Figura 2.1.14 Modul de rupere a probelor la $F=6.0$ kN

Având în vedere relativa împrăștiere a rezultatelor încercării la rupere a probelor sudate, aceste valori nu sunt prezentate grafic decât după netezirea valorilor rezultate din experiment.

2.1.6 Prelucrarea statistică a datelor experimentale

Prelucrarea statistică are ca scop evidențierea atât a influenței fiecărui parametru asupra funcției de răspuns cât și interacțiunile reciproce ale celor trei parametri avuți în vedere: curentul de sudare I_s , timpul de trecere a curentului t_c și forța de apăsare a electrozilor F .

Analiza datelor experimentale a început cu determinarea funcției de regresie nelineară în care au fost incluși toți parametrii. Expresia acestei funcții este prezentată în relația (2.1.1).

$$Fr(F, I_s, t_c) = c + c_f \cdot F + c_t \cdot t_c + c_i \cdot I_s + c_{ti} \cdot t_c \cdot I_s + c_{fi} \cdot F \cdot I_s + c_{f2} \cdot F^2 + c_{t2} \cdot t_c^2 + c_{i2} \cdot I_s^2 + c_{i2f} \cdot I_s^2 \cdot F + c_{t2i} \cdot t_c^2 \cdot I_s + c_{t2f} \cdot t_c^2 \cdot F + c_{f2t} \cdot F^2 \cdot t_c + c_{f2i} \cdot F^2 \cdot I_s + c_{f2i2} \cdot F^2 \cdot I_s^2 + c_{t2i2} \cdot t_c^2 \cdot I_s^2 + c_{i3} \cdot I_s^3 + c_{f3} \cdot F^3 \quad (2.1.1)$$

Coeficienții relației (2.1.1) au valorile din tabelul 2.1.1.

Tabelul 2.1.1 Valorile coeficienților funcției (2.1.1)

Coeficient	Valoare	Coeficient	Valoare	Coeficient	Valoare
c	-2.5000	ct	0.5000	ci	1.5000
cti	0.0353	cfi	0.2354	cf2	-0.0317
ct2	-0.0193	ci2	-0.0837	ci2f	-0.0181
ct2i	0.0014	ct2f	-0.0011	cf2t	0.0025
cf2i	0.0088	cf2i2	0.0009	ct2i2	3.549E-5
ci3	0.0012	cf3	-0.0137	cf	1.0000

Această ecuație de aproximare prezintă o abatere maximă față de datele experimentale de circa 15% și o abatere medie de circa 6,5 %. Coeficientul de intensitate a corelației este $R=0.9231$. Ea este valabilă pentru $F=1...6$ kN, $I_s=4...13$ kA și $t_c=2...16$ perioade.

Uneori este necesară o precizie de aproximare mai bună; acest lucru se poate obține dacă se utilizează funcții de numai doi parametri, celălalt fiind menținut constant [94], [103].

Relația (2.1.2) prezintă forma generală a funcțiilor de regresie calculate pentru forța de apăsare a electrozilor constantă.

$$Fr_{r_{ct}}(t_c, I_s) = c + c_t \cdot t_c + c_i \cdot I_s + c_{ti} \cdot t_c \cdot I_s + c_{t2} \cdot t_c^2 + c_{i2} \cdot I_s^2 + c_{t2i} \cdot t_c^2 \cdot I_s + c_{ti2} \cdot t_c \cdot I_s^2 + c_{t2i2} \cdot t_c^2 \cdot I_s^2 + c_{i3} \cdot I_s^3 + c_{ti3} \cdot t_c \cdot I_s^3 + c_{t2i3} \cdot t_c^2 \cdot I_s^3 \quad (2.1.2)$$

Valorile coeficienților care intervin în relația (2.1.2) sunt prezentate în tabelul 2.1.2.

Relațiile de tipul (2.1.2) au o abatere maximă absolută față de datele experimentale de numai 4,2 %, iar abaterea medie absolută este de 2,1 %.

Relația (2.1.3) prezintă forma generală a funcțiilor de regresie calculate pentru timpul de trecere a curentului constant.

$$Fr_{r_{ct}}(F, I_s) = [c_f \cdot F + c_i \cdot I_s + c_{fi} \cdot F \cdot I_s + c_{f2} \cdot F^2 + c_{f2i} \cdot F^2 \cdot I_s + c_{fi2} \cdot F \cdot I_s^2 + c_{f2i2} \cdot F^2 \cdot I_s^2 + c_{i3} \cdot I_s^3 + c_{fi3} \cdot F \cdot I_s^3]^p \quad (2.1.3)$$

Tabelul 2.1.2 Valorile coeficienților ecuației (2.1.2)

Coeficient	F [kN]					
	1.0	1.5	2.5	3.5	4.5	6.0
c	-64.8413	-22.6042	-4.6634	-56.7645	-42.4449	-14.4287
ct	0.4926	2.6345	-2.1566	11.3333	5.0873	1.2831
ci	26.2788	9.6669	2.3818	21.4209	14.7223	-0.1010
cti	0.9553	-0.8022	0.8630	-4.1125	-1.5851	0.0074
ct2	0.4034	-0.1403	0.0565	-0.6244	-0.2218	-3.6429
ci2	-3.3412	-1.1628	-0.2236	-2.4876	-1.5357	0.2911
ct2i	-0.2622	0.0487	-0.0213	0.2304	0.0657	-0.1391
cti2	-0.2806	0.0839	-0.0944	0.5026	0.1712	0.0049
ct2i2	0.0502	-0.0057	0.0019	-0.0284	-0.0067	4.4267
ci3	0.1410	0.0468	0.0079	0.0962	0.0535	-0.3237
cti3	0.0202	-0.0027	0.0032	-0.0203	-0.0061	0.0063
ct2i3	-0.0030	0.0002	-4.2·10 ⁻⁵	0.0012	0.0002	-0.0004
R [%]	95.70	93.28	93.67	93.13	97.81	95.64

Valorile coeficienților care intervin în relația (2.1.3) sunt prezentate în tabelul 2.1.3.

Pentru observarea mai ușoară a influenței parametrilor asupra calității punctului sudat, în Anexa 1 și Anexa 2 sunt prezentate tridimensional funcțiile $Fr(tc, Is)$ și respectiv $Fr(F, Is)$ descrise de relațiile (2.1.2) și (2.1.3), pentru diferite valori ale forței de apăsare respectiv timpului de sudare.

În figurile A1.1 - A1.6 sunt reprezentate forța necesară pentru ruperea prin forfecare Fr a punctului sudat conform STAS 7932-90 în funcție de curentul de sudare Is și timpul de trecere a curentului tc , la o forță constantă F de 1,0 kN, 1,5 kN, 2,5 kN, 3,5 kN, 4,5 kN și respectiv 6,0 kN.

În figurile A2.1 - A2.8 sunt reprezentate funcțiile $Fr(F, Is)$ pentru timpi de trecere a curentului de 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12 și respectiv 16 perioade.

O analiză și mai amănunțită a fenomenelor care se produc la sudarea prin rezistență în puncte se poate realiza prin studiul influenței unui singur parametru asupra calității. Bineînțeles în acest caz nu mai pot fi urmărite și influențele reciproce ale parametrilor.

Funcția (2.1.4) prezintă forma de regresie parabolică a influenței curentului de sudare asupra forței de rupere prin forfecare a punctului sudat pentru ceilalți parametri constanți.

$$Fr_1 = c_0 + c_1 \cdot Is + c_2 \cdot Is^2 \quad (2.1.4)$$

Tabelul 2.1.3 Valorile coeficienților ecuației (2.1.3)

Coeficient	tc [per]							
	2	3	4	5	7	9	12	16
c	0.0000	-10.7756	286.94	-20.5168	-794.544	-695.569	-3.1107	-24.2472
cf	-2.4272	0.0000	-55.2898	2.9897	0.0000	0.0000	2.2504	-5.9761
ci	0.6853	5.1184	105.406	8.5800	297.127	288.989	5.3069	17.1619
cfi	1.3066	0.2696	8.1773	-0.3329	32.3986	20.7183	-0.5131	0.0000
cfi2	-0.9457	-0.5053	0.0000	-1.1956	-53.0690	-34.4033	-0.6171	1.2828
cfi2i	0.1972	0.0756	-0.2677	0.2102	7.3419	4.2028	0.1245	-0.3395
cfi2	-0.1897	-0.0293	0.0000	0.0000	-3.6382	-2.6135	0.0231	0.1744
ci2	0.0000	-0.6079	-6.5320	-0.9900	-36.3568	-34.1380	0.0000	-4.2422
cfi2i2	-0.0104	-0.0022	0.0000	-0.0085	-0.1511	0.0000	-0.0055	0.0211
ci3	-0.0021	0.0261	0.0000	0.0397	1.7817	1.5166	-2.5509	0.3994
cfi3	0.0085	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0153
p	1.0000	1.0000	0.3333	1.0000	0.3000	0.3333	1.0000	1.0000
R [%]	93.27	93.97	92.64	96.21	95.66	90.10	86.64	92.03

Tabelul 2.1.4 Valorile coeficienților funcției (2.1.4)

tc [per]	c0	c1	c2	R ²
2	0.0000	0.8558	-0.0346	0.9827
3	0.0000	0.9135	-0.0371	0.9730
4	0.0000	0.9112	-0.0352	0.9755
5	-6.3804	2.2088	-0.0982	0.9374
7	-8.8006	2.7627	-0.1266	0.9614
9	-16.0893	4.4403	-0.0506	0.9440
12	-7.7988	2.5417	-0.1117	0.9797
16	-7.6247	2.5184	-0.1098	0.9717

În tabelul 2.1.4 sunt prezentate valorile coeficienților c0, c1, c2 și a factorului de intensitate a corelației R², în funcție de timpul de trecere a curentului.

Rezultatele analizei statistice pentru acest tip de funcții sunt prezentate în Anexa 3.

În figura 2.1.15 este prezentată dependența dintre forța necesară pentru forfecarea prin tracțiune a îmbinării (Fr) și diametrul punctului sudat (dp).

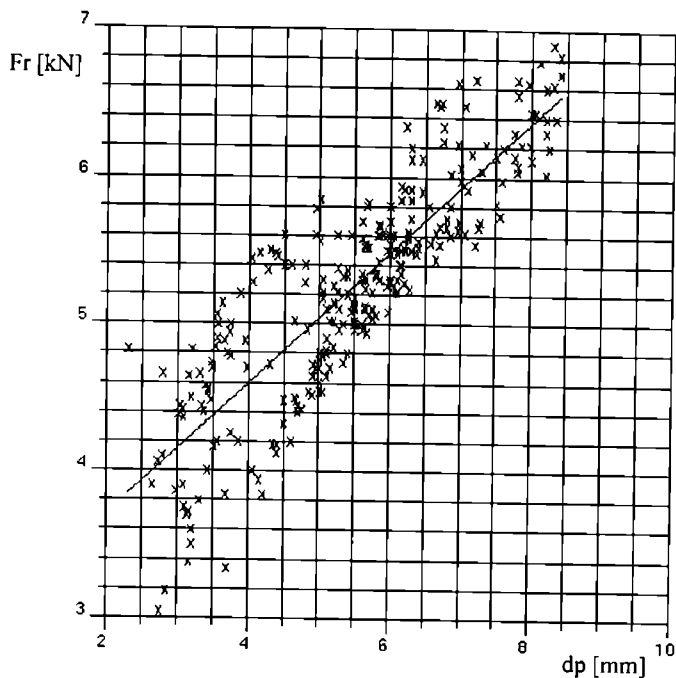


Figura 2.1.15 Corelația între forța de rupere (Fr) și diametrul punctului (dp)

În relația (2.1.5) se prezintă ecuația de regresie liniară dintre forța de rupere la tracțiune a îmbinării și diametrul punctului sudat.

$$Fr = 2,82 + 0,444 \cdot dp \quad (2.1.5)$$

Relația (2.1.5) aproximează bine valorile experimentale prezentând o abatere medie față de datele experimentale de 1,1254. Intensitatea corelației este caracterizată de coeficientul $R=0,8584$ (85,84 %) [94], [113], [134].

În relația (2.1.6) se prezintă o ecuație de regresie neliniară între forța necesară pentru ruperea îmbinării prin tracțiune și diametrul punctului sudat.

$$Fr = \sqrt{5 \cdot dp} \quad (2.1.6)$$

Relația (2.1.6) prezintă o abatere medie față de datele experimentale de 1.4288. Coeficientul de intensitate a corelației este pentru ecuația (2.1.6) $R=0,8440$ (84,40 %).

S-au prezentat două relații deoarece diferența de precizie dintre cele două relații este ne semnificativă cu o probabilitate de 95 %.

Se observă, din figura 2.1.15, că valorile experimentale au o împrăștiere destul de mare, chiar și după eliminarea a 4 % din probe ca fiind valori accidentale. Acest lucru se poate explica prin faptul că îmbinarea sudată se poate rupe în trei moduri diferite:

- fără debutonare, cu forfecarea punctului sudat (14,5 %);
- prin debutonare, cu smulgerea materialului de bază din dreptul punctului sudat, astfel încât într-una din componente rămâne o gaură (44,1 %);
- prin debutonare, cu sfâșierea uneia dintre componente (41,4 %).

Prin despărțirea datelor experimentale conform celor trei moduri diferite de rupere se obțin corelațiile $Fr(dp)$ prezentate în figurile 2.1.16, 2.1.17 și 2.1.18.

Așa cum se observă din figura 2.1.16 în cazul primului mod de rupere, prin forfecarea punctului sudat, nu există o corelație între valorile experimentale pentru forța necesară ruperii îmbinării și diametrul punctului sudat. Acest lucru se datorează probabil variației mari a dimensiunilor zonei adiacente punctului sudat, unde sudarea s-a realizat fără topire (în stare solidă). zonă care contribuie parțial la rezistența îmbinării sudate. Evident o asemenea situație este de evitat.

În relația (2.1.7) se prezintă ecuația de regresie liniară între forța necesară ruperii îmbinării și diametrul punctului sudat, pentru al doilea mod de rupere a îmbinării, prin debutonare. fără sfășierea componentelor.

$$Fr = 3,8 + 0,3 \cdot dp \quad (2.1.7)$$

Coefficientul de intensitate a corelației descrisă de ecuația de regresie (2.1.7) este $R=0,7138$ (72,38 %). Valoarea coeficientului de intensitate a corelației arată că această corelație este slabă-medică. Acest lucru se datorează probabil dimensiunilor diferite a părții care se smulge de pe una din componente. Această variație se datorează probabil tot zonei adiacente punctului sudat, care s-a sudat în stare solidă, și care poate avea dimensiuni diferite [69], [137].

În relația (2.1.8) se prezintă ecuația de regresie liniară între forța necesară ruperii îmbinării și diametrul punctului sudat, pentru al treilea mod de rupere posibil, prin debutonare, cu sfășierea uneia dintre componente.

$$Fr = 1,8 + 0,57 \cdot dp \quad (2.1.8)$$

Coefficientul de intensitate a corelației descrisă de ecuația de regresie (2.1.8) este $R=0,9555$ (95,55 %). Valoarea coeficientului de intensitate a corelației arată că această corelație este foarte puternică. Acest lucru se poate explica prin reducerea rolului zonei adiacente punctului sudat în mecanismul de rupere a îmbinării sudate.

Relația (2.1.9) prezintă influența celor trei parametri principali asupra diametrului punctului sudat.

$$dp(Is,tc,F)=c+ci \cdot Is+ct \cdot tc+cf \cdot F+cit \cdot Is \cdot tc+cif \cdot Is \cdot F+ci2 \cdot Is^2+ct2 \cdot tc^2+cf2 \cdot F^2+ci2t \cdot Is^2 \cdot tc+ci2f \cdot Is^2 \cdot F+ct3 \cdot F^3+citf \cdot Is \cdot tc \cdot F+cpitf \cdot Is^{1,30} \cdot tc^2 \cdot F^{1,5} \quad (3.1.9)$$

În tabelul 2.1.5 sunt prezentate valorile coeficienților care intervin în ecuația (2.1.9).

Coefficienții ecuației (2.1.9), prezentați în tabelul 2.1.5 sunt semnificativi cu o probabilitate de 98 %. Coeficientul de intensitate a corelației dată de ecuația (2.1.9) este $R=0,9120$ (91,20 %).

Tabelul 2.1.5 Coeficienții ecuației (2.1.9)

Coefficient	Valoare	Coefficient	Valoare	Coefficient	Valoare
c	1.0000	cif	0.5440	ci2f	-0.0165
ci	1.1000	ci2	-0.0940	ct2f	-0.0047
ct	0.1000	ct2	-0.0383	ct3	0.0006
cf	-2.7000	cf2	-0.1220	citf	0.0065
cit	0.0405	ci2t	-0.0030	cpitf	0.0207

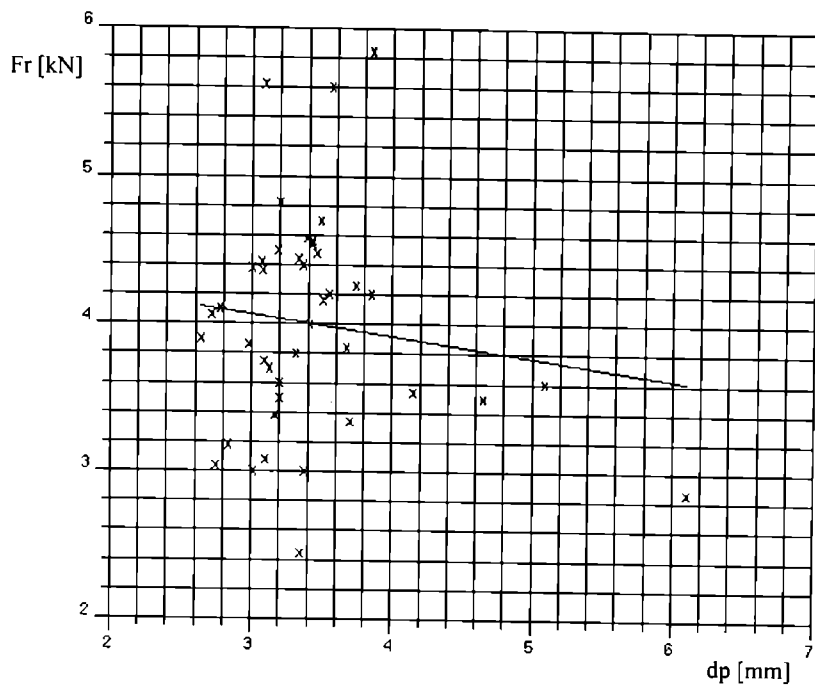


Figura 2.1.16 Corelația între Fr și dp în cazul ruperii probelor fără deubutonare, prin forfecarea punctului sudat

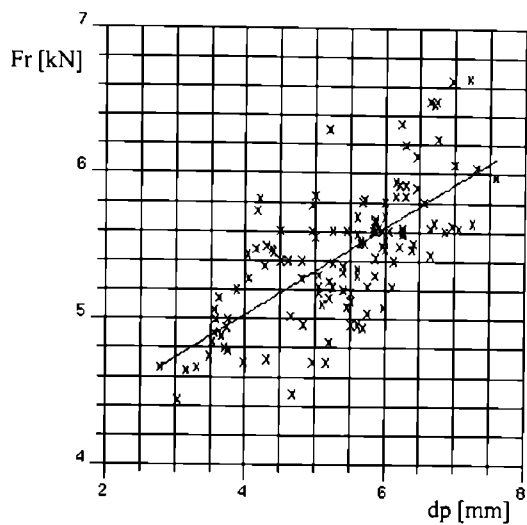


Figura 2.1.17 Corelația între Fr și dp în cazul ruperii probelor prin deubutonare, fără sfășierea componentelor

Se poate obține o relație echivalentă cu relația (2.1.9) prin eliminarea din relațiile (2.1.1) și (2.1.5) sau (2.1.6) a forței de rupere Fr . În același mod, în funcție de modul de rupere a îmbinării, se poate folosi relația (2.1.7) sau (2.1.8). Analog se pot obține ecuații care descriu influența principalilor parametri asupra diametrului punctului sudat utilizând relațiile (2.1.2), (2.1.3) și (2.1.5) împreună cu, respectiv, relațiile (2.1.5), (2.1.6), (2.1.7) sau (2.1.8).

2.1.7 Interpretarea rezultatelor analizei statistice și observații

Relația (2.1.1) nu poate fi reprezentată grafic, deoarece este o funcție de trei parametri. Totuși se pot face observații cu privire la influența parametrilor de sudare și influența lor reciprocă.

În primul rând, așa cum era de așteptat, se observă că în funcția (2.1.1) atât coeficientul c_t cât și c_i sunt pozitivi, deoarece odată cu creșterea curentului și/sau timpului de trecere a curentului, crește și energia introdusă în îmbinare și deci volumul nucleului topit. Coeficientul c_f este negativ, deoarece cu creșterea forței scade rezistența de contact și deci scade și energia introdusă în îmbinare.

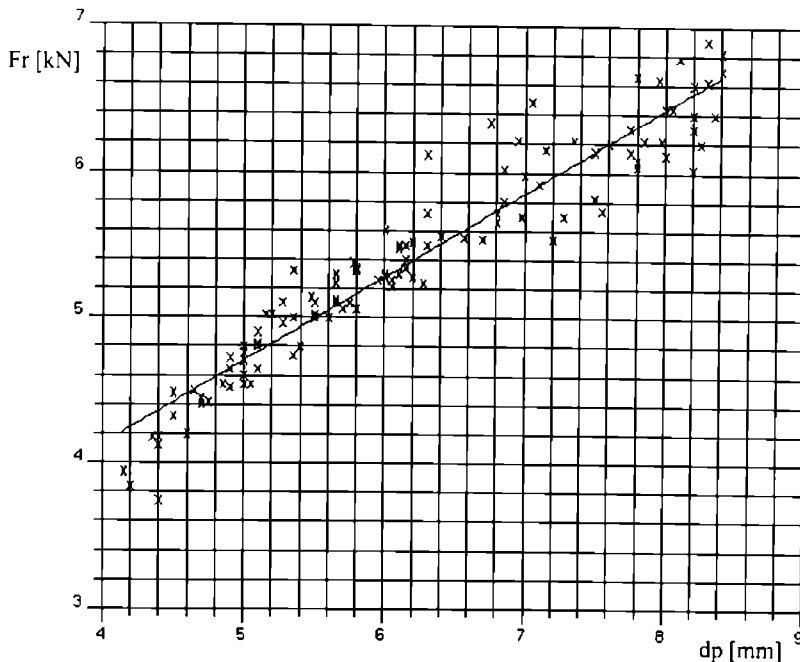


Figura 2.1.18 Corelația între Fr și dp în cazul ruperii probelor prin debutonare, cu sfâșierea uneia dintre componente

Deasemenea, în funcția (2.1.1) se observă că nu apare termenul mixt $t_c \cdot F$. Acest lucru înseamnă că influența reciprocă a celor doi parametri de sudare este nulă, cu o probabilitate de 99% (nivelul de încredere cu care s-a lucrat în acest caz). Influența reciprocă curent - forță și curent - timp de sudare este însă nenulă, cu același nivel de încredere.

Influența reciprocă dintre curent și timp se explică prin faptul că rezistența unei îmbinări sudate nu depinde numai de cantitatea de energie introdusă în îmbinare ($Q=R \cdot I_s^2 \cdot t_c$) ci și de timpul în care această energie este introdusă. Cu cât timpul este mai mic, cu atât randamentul tehnologic al procesului este mai mare, deoarece energia introdusă are mai puțin timp să difuzeze. Aceasta este de altfel și explicația pentru care energia necesară pentru producerea unei îmbinări în regim moale (curent mic, timp mare și forță mică) este mult mai mare decât cea necesară pentru producerea aceluiași punct în regim dur [14].

Observații asemănătoare se pot face și în legătură cu coeficienții funcțiilor de tip $Fr(F, I_s)$ și $Fr(t_c, I_s)$.

În figura A1.1, se observă foarte clar cum datorită stropirilor apare o scădere drastică a capacității portante a îmbinării la curenți mari și timpi lungi. Aceste stropiri sunt favorizate de forța de apăsare a electrozilor mică, de numai 1 kN ceea ce este foarte puțin pentru tablele care s-au sudat. Interesant este că același fenomen nu se mai manifestă decât la o forță de 6 kN (figura A1.6), care de data aceasta este exagerată. Cauza o constituie tot stropirile, care se datorează de data aceasta expulzării nucleului topit cu un volum mare (curent mare și timp mare) datorită forței prea mari corelată cu forma vârfului electrodului (raza la vârf de 6 mm).

Din figurile A1.2 - A1.5 rezultă foarte clar tendința de creștere a forței de rupere prin forfecare a îmbinării odată cu creșterea energiei introduse în îmbinare, prin creșterea simultană a curentului și timpului de trecere a curentului, datorită creșterii dimensiunilor nucleului topit.

În figura A1.6 se observă existența unui maxim pentru Fr în zona curenților maximi, pentru un timp de trecere a curentului de numai 3-5 perioade; acest maxim corespunde regimului dur de sudare. Totuși trebuie observat că acest extrem este în imediata vecinătate a zonei cu stropiri intense la creșterea curentului, ceea ce face riscantă utilizarea acestui regim datorită riscului de apariție a stropirilor la variația necontrolată a parametrilor de sudare (de exemplu uzura în timp a suprafeței electrodului).

În figurile A1.2 - A1.6 și mai puțin în figura A1.1 și de asemeni în figurile A2.1 - A2.6, se observă o regiune aproximativ orizontală, unde variații relativ mari, de $\pm 15\%$ (uneori chiar până la $\pm 25\%$) a parametrilor de sudare nu afectează semnificativ (5 %) rezistența la rupere a îmbinării. Probabil că aceasta este cea mai interesantă observație care rezultă din toate figurile prezentate în Anexa 1 și Anexa 2, cu câteva excepții.

Zona în care variații semnificative ale parametrilor de sudare nu afectează semnificativ rezistența îmbinării am denumit-o *zonă de insensibilitate tehnologică*. Cauzele și consecințele acestui fenomen fac obiectul unui studiu ulterior, bazat pe analiza evoluției în timp a câmpului termic.

În figurile A2.2 - A2.8 se observă apariția unui domeniu în zona curenților mari și forțelor de apăsare mici unde nici măcar nu se mai poate suda datorită expulzărilor masive de material topit prin împingere și aderarea materialului electrozilor, provocate de cantitatea mare de energie introdusă în îmbinare.

Interesant este maximul care se observă în figura A2.8 pentru forțe de apăsare mici și curenți mici 5..6 kA la un timp de trecere a curentului destul de mare (16 perioade). Acesta corespunde regimului moale de sudare. Bineînțeles acest maxim local este mai mic decât cel corespunzător regimului dur.

2.2 Influența stării de impurificare a suprafețelor asupra calității îmbinării sudate

Scopul acestui studiu este de a determina pe cale experimentală măsura în care impuritățile de pe suprafața componentelor influențează calitatea îmbinării sudate electric prin presiune în puncte [115].

2.2.1 Condiții tehnice

Experimentul pentru determinarea influenței stării de impurificare a suprafețelor asupra calității punctului sudat s-a realizat pe o mașină de sudat prin presiune în puncte de tip PPU 16.

Echipamentul a permis reglarea continuă a curentului și forței de apăsare a electrozilor. Timpului de sudare a putut fi reglat cu precizie de o perioadă (0,02 s).

Ca și în cazul experimentului anterior, sudarea s-a realizat conform unui ciclu simplu de sudare cu curent alternativ constant, așa cum este prezentat în figura 2.1.1.

Timpul inițial (t_i) și timpul de forjare (t_f) au fost, de asemeni, de două secunde. Timpul de trecere a curentului a fost păstrat constant tot timpul experimentului la valoarea de 26 de perioade (0,52 secunde).

Curentul de sudare efectiv a fost măsurat cu ajutorul unui aparat cu memorie pentru măsurarea mărimilor electrice în regim tranzitoriu.

Forța de apăsare a electrozilor a fost calculată pe baza presiunii din cilindrul de forță a mașinii cu ajutorul unei curbe de etalonare.

Încercarea la forfecare a îmbinării sudate s-a realizat conform STAS 7932-90 cu o viteză de deplasare a părții mobile a mașinii de tracțiune de 10 mm/min.

2.2.2 Materialul de bază

Experimentul s-a realizat cu tablă specială decapată A4 03, pentru ambutisare, conform STAS 9485-80, din oțel necalmat.

Compoziția chimică a acestei table este prezentată în tabelul 2.3.1 conform STAS 10318-83.

Tabelul 2.2.1 Compoziția chimică a tablei A4 03

C [%]	Mn [%]	Si [%]	P [%]	S [%]	Cr _{max} [%]	Ni _{max} [%]	Cu _{max} [%]
0,01	0,50	0,05	0,035	0,035	0,03	0,10	0,10

Caracteristicile mecanice ale tablei A4 03 sunt prezentate în tabelul 2.3.2 conform STAS 10318-83.

Tabelul 2.2.2 Caracteristicile mecanice ale tablei A4 03

Rezistența la rupere [N/mm ²]	Limita de curgere [N/mm ²]	Alungirea la rupere A5 [%]	Duritatea maximă HRB
270 - 370	280	30	57

2.2.3 Electrozii de sudare

Electrozii de sudare utilizați sunt aceiași cu cei folosiți în experimentul anterior. Aceștia sunt descriși în paragraful 2.1.3.

2.2.4 Organizarea experimentului

În vederea studiului influenței diferitelor impurități asupra calității îmbinării sudate prin rezistență, s-a realizat un experiment factorial de tip 5×4 , în care parametrul calitativ *starea suprafețelor* a fost studiat pe cinci nivele: curat, apă, ulei, vaselină și praf de cretă, iar parametrul *forța de apăsare* a fost studiat pe patru nivele (figura 2.2.1) [87].

Nu s-au studiat simultan și alți parametri, de exemplu curentul de sudare sau timpul de curent, deoarece aceștia nu au influență asupra rezistenței de contact, cum este cazul pentru forța de apăsare și starea suprafețelor.

Pentru fiecare dintre cele douăzeci de condiții de sudare diferite s-au realizat câte cinci experimente, analiza statistică realizându-se pe baza mediilor semnificative.

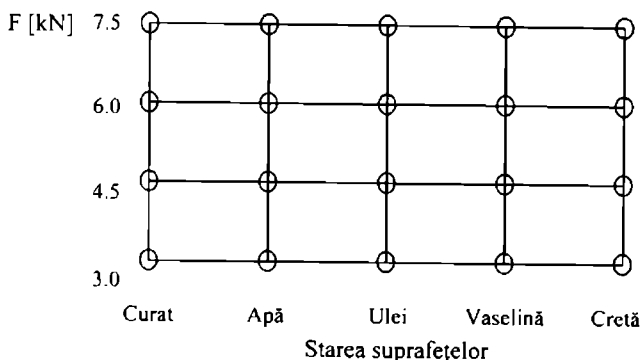


Figura 2.2.1 Organizarea experimentului factorial 5×4

2.2.5 Prelucrarea preliminară a datelor experimentale

Experimentul factorial 5×4 a creat douăzeci de condiții diferite de sudare. Pentru fiecare situație s-au sudat cinci probe, rezultând astfel o sută de probe sudate în total pentru realizarea acestui experiment.

Datele afectate de erori grosolane au fost eliminate prin analiza fiecărui set de cinci date experimentale cu ajutorul criteriului Romanovsky [94]. În urma acestei analize au fost eliminate doar trei rezultate din trei seturi diferite de date.

În urma sudării și încercării de rupere prin tracțiune a probelor sudate s-au distins două moduri diferite de rupere a îmbinării sudate: prin forfecarea punctului sudat (F) și prin debutonare (D).

Modul de rupere a îmbinării sudate în funcție de condițiile de sudare, conform experimentului factorial, este prezentat în tabelul 2.2.3.

În cazul probelor acoperite cu praf de cretă s-a observat o dispersie mare a rezultatelor, probele rupându-se atât prin forfecare cât și prin debutonare.

Tabelul 2.2.3 Modul de rupere a probelor sudate

Starea suprafețelor	Forța de apăsare a electrozilor [kN]			
	3,0	4,5	6,0	7,5
Curată	D	D	F	F
Apă	D	F	F	F
Ulei	D	F	F	F
Vazelină	D	F	F	F
Cretă	F/D	F/D	F	F

În figura 2.2.2 este prezentat sugestiv modul de rupere a probelor în funcție de condițiile de sudare. Prin cuburi s-au marcat condițiile pentru care s-a obținut rupere prin debruturare.

În figura 2.2.3 sunt prezentate rezultatele mediilor semnificative ale încercării de tracțiune a probelor sudate conform condițiilor experimentului.

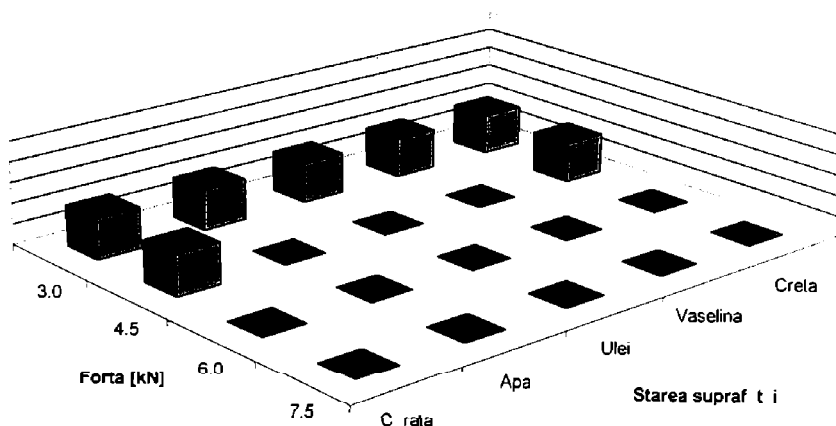


Figura 2.2.2 Modul de rupere a probelor (sunt marcate debrutările)

2.2.6 Prelucrarea statistică a datelor experimentale

Analiza statistică a datelor experimentale urmărește studiul de semnificație a diferenței dintre rezistența la rupere a îmbinării sudate în diferitele situații de impurificare a suprafețelor componentelor care urmează să fie sudate și influența forței de apăsare a electrozilor asupra rezistenței îmbinării.

Nivelul de încredere cu care s-a lucrat, în acest caz, pentru analiza statistică a fost de 95 %.

Avantajul unui experiment factorial constă în faptul că se pot compara nu numai diferitele condiții create de experiment, ci și mediile rezultatelor pe grupuri de experimente realizate în aceleași condiții [103].

II - Studiul experimental a influenței parametrilor tehnologici asupra calității îmbinării SEP

Pentru început se va studia influența forței de apăsare a electrozilor asupra rezistenței la rupere a îmbinării.

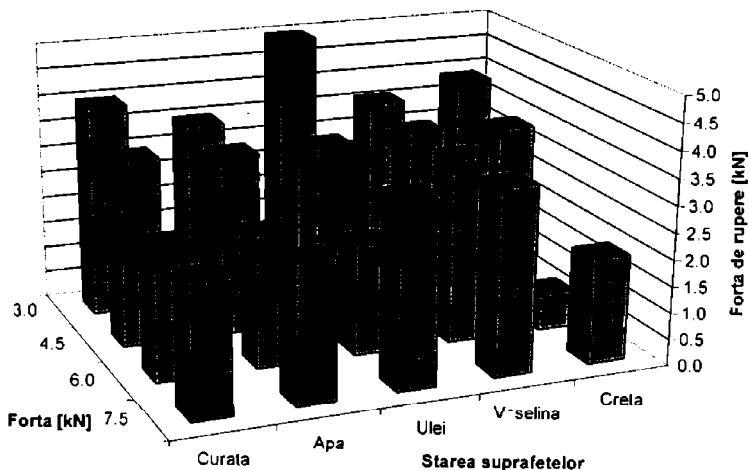


Figura 2.2.3 Reprezentarea rezultatelor experimentale

În figura 2.2.4 sunt prezentate valorile medii ale forței necesare pentru ruperea prin tracțiune a îmbinării sudate la diferite valori ale forței de apăsare a electrozilor. În această figură este evidențiată de asemenea și contribuția diferitelor condiții de impurificare a suprafețelor.

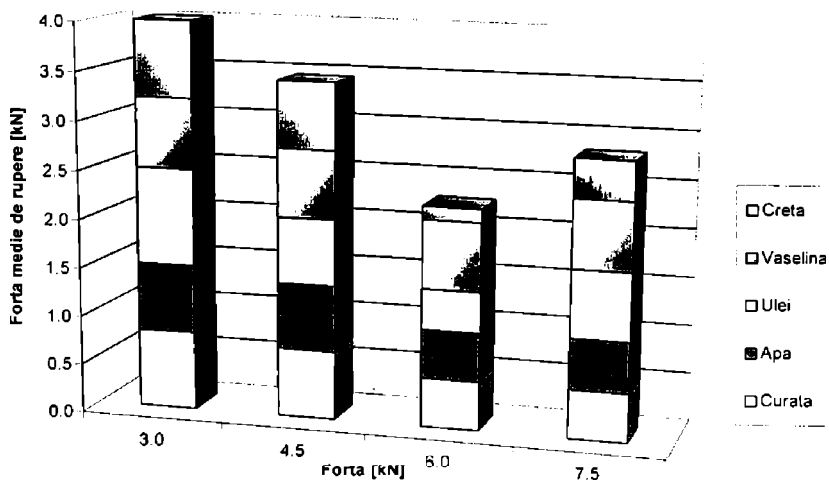


Figura 2.2.4 Influența forței de apăsare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate

Diferența a două medii este semnificativă dacă este îndeplinită relația (2.2.1).

$$t_c \leq t_{(n_1+n_2-2, \alpha)} \quad (2.2.1)$$

unde n_1 și n_2 sunt numărul de date statistice din cele două populații care se compară.

Termenul t_c se calculează conform relației (2.2.2)

$$t_c = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{s_0^2 \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (2.2.2)$$

În ecuația (2.2.2) termenul s_0^2 se calculează conform relației (2.2.3).

$$s_0^2 = \frac{s_1^2 \cdot (n_1 - 1) + s_2^2 \cdot (n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} \quad (2.2.3)$$

În relațiile de mai sus n_1 și n_2 au valoarea $5 \times 5 = 25$ pentru fiecare din grupele de date experimentale care se studiază.

Ținând cont de acest lucru și pentru un nivel de încredere de 95 %, pentru ca diferența dintre două grupe de valori să fie semnificativă trebuie îndeplinită relația (2.2.4). Ținând cont de valoarea criteriului Student, termenul drept a relației (2.2.4) are valoarea 0,6404.

Pentru grupele de valori din figura 2.2.4 care se compară, în tabelul 2.2.4 sunt date valorile termenului stânga a relației (2.2.4). Așa cum se vede din acest tabel, toate cele patru medii de valori, corespunzătoare celor patru forțe de apăsare diferite cu care s-a realizat experimentul, sunt semnificativ diferite cu un risc de a greși de 5 % (sau nivel de încredere de 95 %).

$$\frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{s_1^2 + s_2^2} \geq t_{(48,95)} \cdot \frac{\sqrt{10}}{10} \quad (2.2.4)$$

Tabelul 2.2.4

$\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_1^2 + s_2^2}$	$\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_3}{s_1^2 + s_3^2}$	$\frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_4}{s_2^2 + s_4^2}$
0,6843	0,7545	0,7776

Influența stării de impurificare a suprafețelor asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate este prezentată în figura 2.2.5.

Tabelul 2.2.5

$\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_4}{s_1^2 + s_4^2}$ 1	$\frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_3}{s_2^2 + s_3^2}$ 2	$\frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_3}{s_3^2 + s_3^2}$ 3	$\frac{\bar{x}_3 - \bar{x}_5}{s_3^2 + s_5^2}$ 4	$\frac{\bar{x}_4 - \bar{x}_5}{s_4^2 + s_5^2}$ 5
0,8113	0,7020	0,5933	0,6076	0,7946

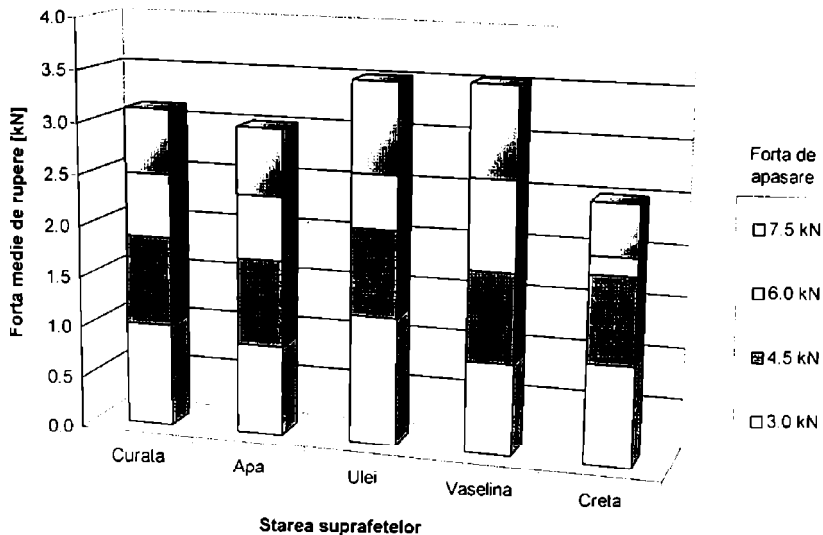


Figura 2.2.5 Influența stării suprafețelor asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate

După cum se vede din tabelul 2.2.5, pentru un nivel de semnificație de 95 % (probabilitate de a greși de 5 %), există o diferență semnificativă între probele a căror suprafață a fost inițial acoperită cu cretă și restul probelor. De asemenea există o diferență semnificativă între probele care au fost ude înainte de sudare și restul probelor. Nu pare să existe o diferență semnificativă (95 %) între probele unse cu vaselină sau cu ulei și probele curate.

2.2.7 Interpretarea rezultatelor analizei statistice și observații

Din analiza tabelului 2.2.3 și a figurii 2.2.2 rezultă că, în general, ruperea probelor sudate prin debutonare s-a realizat doar pentru forța de apăsare a electrozilor de 3,0 kN, adică forța minimă a experimentului factorial.

Ruperea probelor prin debutonare la valori mici ale forței de apăsare era de așteptat, deoarece scăderea forței duce la creșterea rezistenței de contact, ceea ce are ca efect creșterea cantității de energie introdusă în îmbinare și deci creșterea dimensiunilor nucleului topit. Acest efect este confirmat și de influența forței de apăsare asupra rezistenței de rupere a îmbinării, prezentată în figura 2.2.4.

Tot în tabelul 2.2.3 și figura 2.2.2 se observă două excepții în legătură cu modul de rupere. Prima excepție, era oarecum de așteptat la probele curate: ruperea prin debutonare a apărut chiar și la forța de apăsare a electrozilor de 4,5 kN.

A doua excepție, o surpriză, constă în ruperea prin debutonare a unor probe care au fost inițial acoperite cu praf. Ceea ce nu rezultă din tabel este faptul că în cazul acestor probe (cele acoperite cu praf de cretă) dispersia rezultatelor a fost mare, ceea ce poate fi o explicație pentru această anomalie. O altă explicație poate fi legată de creșterea foarte mare a rezistenței de contact dintre componente, datorită proprietăților dielectrice ale prafului, ceea ce adus la creșterea nucleului topit în unele situații.

Din analiza figurii 2.2.4 și a tabelului 2.2.4 rezultă o creștere neașteptată a rezistenței îmbinării sudate pentru valoarea de 7,5 kN față de valoarea de 6,0 kN. Acest lucru se poate explica prin diminuarea efectului impurităților din îmbinare asupra rezistenței de contact datorită scoaterii acestora în afara zonei de sudare. Această explicație este susținută, cum se vede și din figura 2.2.4 și de faptul că diferența este dată practic numai de situațiile în care suprafața a fost impurificată cu ulei, vazelină și cretă.

Din analiza figurii 2.2.5 și a tabelului 2.2.5 rezultă însă că probele acoperite inițial cu praf au suferit o diminuare semnificativă a rezistenței îmbinării, și așa cum rezultă și din cele arătate mai sus calitatea sudurii este nereproductibilă. Este deci o greșeală să se tragă concluzii cu privire la calitatea îmbinării doar după aspectul ruperii, fără o analiză statistică a rezultatelor probelor de tracțiune.

Un alt fapt interesant și neașteptat constă în diferența semnificativă dintre probele curate și cele ude, așa cum rezultă din tabelul 2.2.5 și figura 2.2.5. Această situație poate fi explicată tot prin modificarea rezistenței de contact inițiale mai mici în cazul probelor ude. Această explicație, față de care există unele rezerve, este însă susținută de faptul că, așa cum se vede și din figura 2.2.4, diferențele sunt mai accentuate în cazul forțelor de apăsare mici, atunci când rolul rezistenței de contact este mai pronunțat. Oricum acest rezultat infirmă unele surse bibliografice care neagă influența apei, într-un fel sau altul, asupra calității îmbinării sudate. Studii ulterioare urmează să confirme sau să infirme această concluzie.

Este interesant de observat faptul că nici uleiul și nici chiar vazelina, așa cum se vede din figura 2.2.4 și tabelul 2.2.5, nu au un efect semnificativ (risc de a greși 5 %) asupra calității îmbinării sudate. Acest lucru este de altfel precizat, cu unele excepții, în bibliografia de specialitate.

2.3 Studiul influenței formei vârfului electrozilor asupra calității punctului sudat electric prin presiune

Scopul acestui studiu este de a determina modul în care forma vârfului electrozilor influențează calitatea îmbinării sudate electric prin presiune în puncte [86], [140].

2.3.1 Condiții tehnice

Experimentul pentru influența formei electrozilor asupra calității îmbinării sudate prin rezistență s-a realizat pe o mașină de sudat prin rezistență în puncte de tip PPU 16.

Măsurarea parametrilor de sudare s-a realizat în aceleași condiții și cu aceeași precizie ca și în cazul experimentului anterior (vezi paragraful 2.2.1).

Ca și în cazul experimentului anterior, sudarea s-a realizat conform unui ciclu simplu de sudare cu curent alternativ constant, așa cum este prezentat în figura 2.1.1.

Timpul inițial (t_i) și timpul de forjare (t_f) au fost, de asemenea, de două secunde. Timpul de trecere a curentului a fost păstrat constant tot timpul experimentului la valoarea de 26 de perioade (0,52 secunde).

2.3.2 Materialul de bază

Tabla utilizată pentru realizarea probelor a fost, ca și în cazul experimentului precedent, tabla decapată specială A4 03 pentru ambutisare, din oțel necalmat.

Compoziția chimică a acestei table este prezentată în tabelul 2.2.1 iar caracteristicile mecanice ale acesteia sunt prezentate în tabelul 2.2.2.

2.3.3 Electrozii de sudare

Electrozii de sudare au fost realizați din cupru aliat cu crom și zirconiu. Electrozii utilizați au fost cu cap detașabil. Răcirea electrozilor în timpul sudării a fost asigurată cu apă la temperatura de 15° C.

S-au studiat capetele de electrozi de tip A, B, C, E și F [30], conform figurii 2.3.1.

Dimensiunile capetelor electrozilor care au făcut obiectul acestui studiu sunt prezentate în tabelul 2.3.1. Notațiile sunt cele din figura 2.3.1.

Tabelul 2.3.1 Dimensiunile capetelor electrozilor utilizați [mm]

d_1	d_2	d_3	l_1	l_2	R_1	R_2
16	6	12	20	9,5	40	6

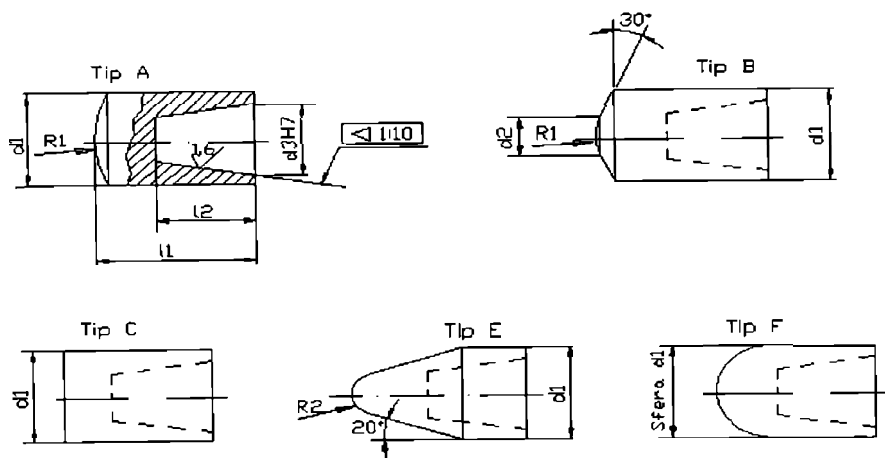


Figura 2.3.1 Capetele de electrozi utilizate mai frecvent la sudarea electrică prin presiune

2.3.4 Organizarea experimentului

În vederea studiului influenței formei vârfului electrozilor asupra calității îmbinării sudate s-a realizat un experiment factorial de tip 3 x 4 x 6, în care curentul de sudare a fost studiat pe trei nivele, forța de apăsare a electrozilor a fost studiată pe patru nivele și tipul vârfului electrodului (parametru calitativ) a fost studiat pe șase nivele [87], 103}. Organizarea acestui experiment este prezentată în figura 2.3.2.

Pentru fiecare dintre cele șaptezecișidouă de condiții de sudare diferite s-au realizat câte trei experimente, analiza statistică realizându-se pe baza mediilor semnificative.

2.3.5 Prelucrarea preliminară a datelor experimentale

Din cele 72 de condiții de sudare doar 43 au fost propice realizării unei îmbinări sudate, deci s-au sudat 215 probe.

Datele afectate de erori grosolane au fost eliminate prin analiza fiecărui set de cinci date experimentale cu ajutorul criteriului Romanovsky. În urma acestei analize au fost eliminate șapte rezultate din șase seturi diferite de date.

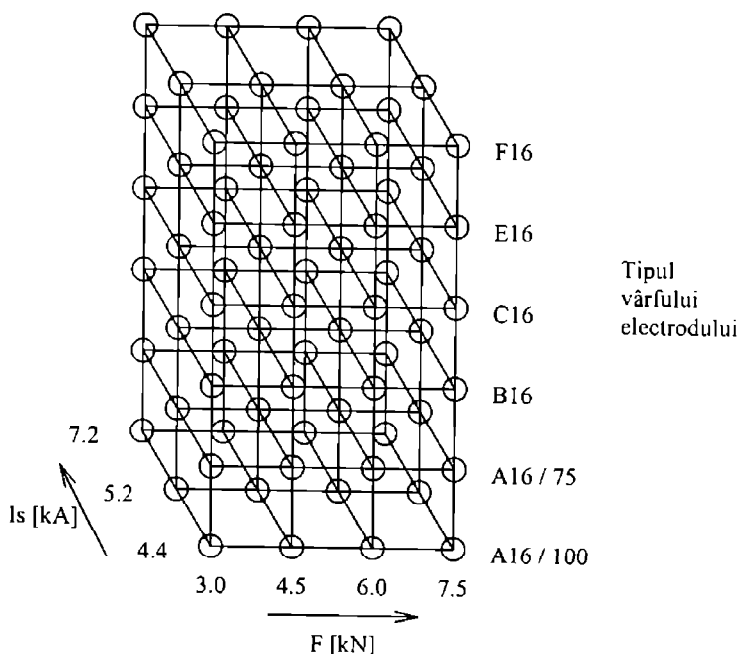


Figura 2.3.2 Organizarea experimentului factorial 3 x 4 x 6

În urma sudării și încercării de rupere prin tracțiune a probelor sudate s-au distins două moduri diferite de rupere a îmbinării sudate: prin forfecarea punctului sudat (F) și prin debutonare (D). Modul de rupere a îmbinării sudate în funcție de condițiile de sudare conform experimentului factorial este prezentat în tabelul 2.3.2.

În figura 2.3.3 este prezentat sugestiv modul de rupere a probelor în funcție de condițiile de sudare.

În figura 2.3.4 sunt prezentate rezultatele mediilor semnificative ale încercării de tracțiune a probelor sudate conform condițiilor experimentului.

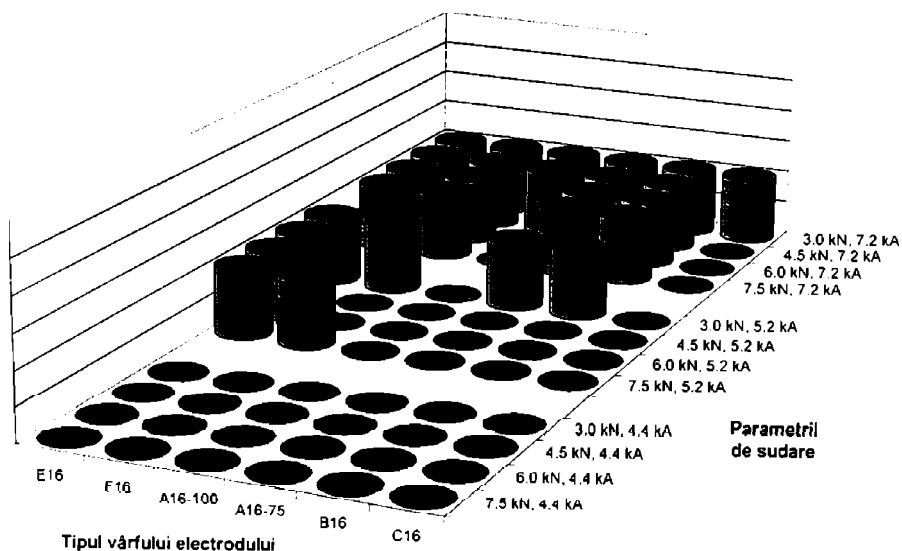


Figura 2.3.3 Modul de rupere a probelor încercate la forfecare prin tracțiune (sunt marcate debutonările)

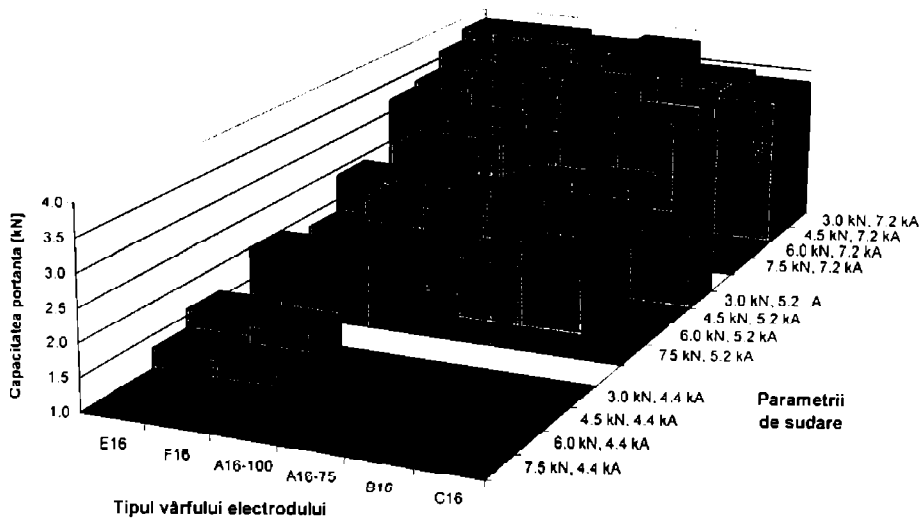


Figura 2.3.4 Rezultatul încercării la forfecare prin tracțiune

2.3.6 Prelucrarea statistică a datelor experimentale

Analiza statistică a datelor experimentale urmărește studiul de semnificație a diferenței dintre rezistența la rupere a îmbinării sudate cu electrozi cu vârfuluri de diferite forme, în situația în care curentul de sudare sau forța de apăsare a electrozilor este constantă.

În cazul acestui experiment nu se urmărește și influența curentului de sudare și forței de apăsare a electrozilor. Nivelul de încredere cu care s-a lucrat, și în acest caz, pentru analiza statistică a fost de 95 %.

Așa cum s-a arătat și în paragraful precedent, avantajul unui experiment factorial constă în faptul că se pot compara nu numai diferitele condiții create de experiment, ci și mediile rezultatelor pe grupuri de experimente realizate în aceleași condiții.

În figura 2.3.5 este prezentată influența formei vârfului electrozilor asupra rezistenței medii la rupere a îmbinării sudate și se prezintă totodată și ponderea curentului de sudare la formarea mediei. În figura 2.3.6 este prezentată de asemenea influența formei vârfului electrozilor asupra rezistenței medii la rupere a îmbinării sudate, dar spre deosebire de figura 2.3.5 se prezintă ponderea forței de apăsare a electrozilor la formarea rezistenței medii.

La fel ca în paragraful 2.2.1, se procedează pentru a se studia semnificația diferenței dintre valorile medii ale rezistențelor la rupere a îmbinărilor sudate cu electrozi cu vârfuluri de diferite tipuri. În fiecare set de valori sunt 50 de probe, deci comparația se face pentru valoarea criteriului Student cu 98 de grade de libertate și un nivel de semnificație de 95 %. Deci termenul drept al relației (2.2.1) este 0,2872.

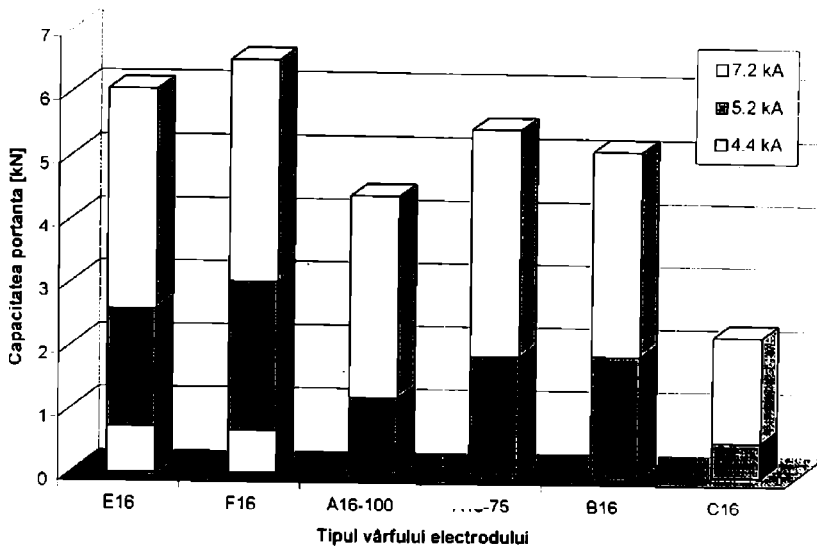


Figura 2.3.5 Influența formei vârfului electrozilor (ponderea curentului de sudare)

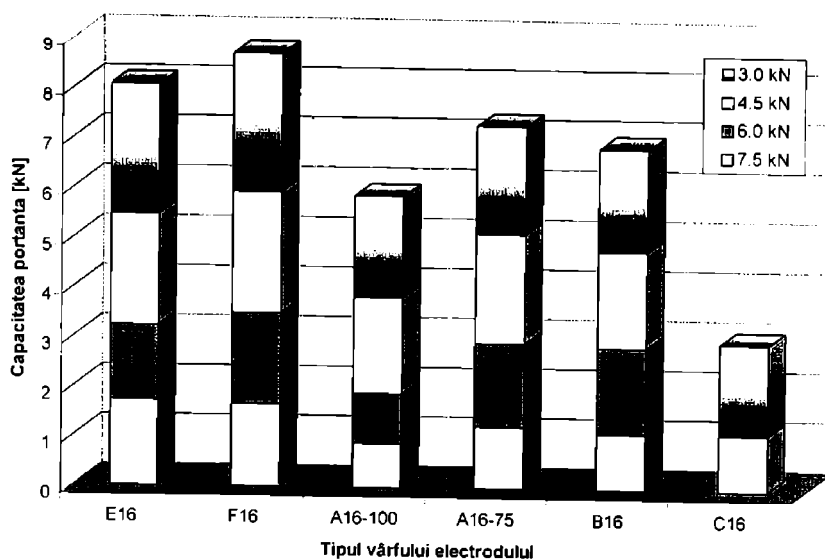


Figura 2.3.6 Influența formei vârfului electrozilor (ponderea forței de apăsare)

Tabelul 2.3.2 Modul de rupere a probelor sudate

Is [kA]	Tipul vârfului	Forța de apăsare [kN]			
		3,0	4,5	6,0	7,5
4,4	E 16	F	F	-	-
	F 16	F	F	-	-
	A 16/100	-	-	-	-
	A 16/75	-	-	-	-
	B 16	-	-	-	-
	C 16	-	-	-	-
5,2	E 16	D	D	D	D
	F 16	D	F	F	D
	A 16/100	F	F	-	-
	A 16/75	D	F	F	-
	B 16	D	F	F	-
	C 16	F	-	-	-
7,2	E 16	D	D	D	D
	F 16	D	D	D	D
	A 16/100	D	D	F	F
	A 16/75	D	D	D	D
	B 16	D	D	D	D
	C 16	D	F	-	-

În tabelul 2.3.3 sunt date valorile termenului stâng al relației (2.2.1) pentru mediile grupelor de valori care se compară.

Din tabelul 2.3.3. rezultă că nu există o diferență semnificativă (la un nivel de încredere de 95 %) între electrozii de tip F 16 și E 16 și de asemeni nu este semnificativă diferența dintre electrozii de tip A 16/75 și B 16. Toate celelalte diferențe dintre tipurile de electrozi sunt semnificative [87].

Tabelul 2.3.3

$\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_1^2 + s_2^2}$	$\frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_3}{s_2^2 + s_3^2}$	$\frac{\bar{x}_3 - \bar{x}_4}{s_3^2 + s_4^2}$	$\frac{\bar{x}_4 - \bar{x}_5}{s_4^2 + s_5^2}$	$\frac{\bar{x}_5 - \bar{x}_6}{s_5^2 + s_6^2}$
0,2583	0,6127	0,8495	0,3066	0,1965

2.3.7 Interpretarea rezultatelor analizei statistice și observații

Din studiul modului de ruperea îmbinării sudate solicitate la tracțiune, ilustrat în figura 2.3.3 și tabelul 3.3.1, rezultă că electrozii cu cele mai bune performanțe, în condițiile utilizate în experiment, sunt electrozii cu vârful de tip E 16 și F 16, aceștia ducând la rupere prin debutonare în majoritatea cazurilor studiate.

Cel mai puțin performanți electrozi, din punct de vedere al modului de rupere, sunt electrozii cu vârful de tip C 16 și A 16/100, care de altfel nici nu se utilizează în practică așa cum au fost folosiți în acest experiment. Prezența acestui tip de electrozi în cadrul experimentului fiind justificată numai prin dorința de exhaustivitate.

Așa cum s-a observat și din experimentele precedente, modul de rupere este doar un criteriu de apreciere aproximativ, care poate duce la concluzii false dacă nu este urmat de o analiză de detaliu asupra rezistenței îmbinării și eventual chiar și de alte criterii de apreciere a calității.

Din tabelul 2.3.3 rezultă că nu există diferență între rezistențele obținute la sudarea cu electrozi cu forma vârfului de tip E 16 și F 16. Acest lucru este destul de interesant, dacă se ține cont de faptul că cei doi electrozi au raza la vârful diferită, de 6 și respectiv 8 milimetrii. Amprenta lăsată de electrozi pe componente este însă mai adâncă pentru electrozii de tip E 16, cu raza la vârful mai mică.

De asemeni, din tabelul 2.3.3 rezultă că nu există diferențe semnificative între rezistențele îmbinărilor sudate cu electrozi cu vârful de tip A 16/100 și C 16. Ținând cont de faptul că oricum rezistența îmbinărilor sudate cu cele două tipuri de electrozi este nesatisfăcătoare, acest rezultat are o importanță secundară.

Era de așteptat, și experimentul a confirmat acest lucru, că amprenta lăsată de electrozi pe piese este cu atât mai mare cu cât raza vârfului electrodului este mai mică.

Astfel se explică faptul că electrodul E 16, cu raza la vârful de 6 mm, a produs cea mai mare amprentă pe componente în comparație cu ceilalți electrozi, în condiții identice de sudare. Din același motiv, electrodul F 16, cu raza vârfului de 8 mm a fost al doilea din punct de vedere al amprentei lăstate de electrod pe piese.

Electrodul tronconic de tip B 16 este situat din acest punct de vedere între electrodul cu vârful de tip A 16/75 și F 16. Amprenta lăsată de electrozii cu vârful de tip A 16/100 este neglijabilă, iar amprenta lăsată pe componente de electrozii cu suprafața plată, de tip C 16, este nesensibilă.

Rezultă din acest experiment, că în general trebuie admis un compromis între rezistența îmbinării și amprenta lăsată de electrozi pe componente, deși un regim de sudare corect ales poate minimiza amprenta.

În situațiile în care este interzisă amprenta pe una dintre componente, restricție justificată de obicei de motive estetice, se poate recurge la soluția utilizării de electrozi cu geometrie a vârfului diferită pe cele două componente. Pe componenta care trebuie să rămână nedeformată se recomandă electrozi cu raza la vârf de cel puțin 75 mm, sau chiar electrozi cu vârful de tip C, cu suprafața plată.

Utilizarea de electrozi cu geometrie diferită poate duce la o formă a câmpului termic de așa natură încât nucleul topit să fie nesimetric [120]. Înainte de a se trage concluzii cu privire la calitatea unei asemenea îmbinări, trebuie studiat efectul acestei asimetrii asupra rezistenței îmbinării. Totuși trebuie menționat că în practică soluția menționată este utilizată.

2.4 Studiul dezvoltării nucleului la sudarea electrică prin presiune în puncte

Scopul acestui studiu este de a determina pe cale experimentală dinamica dezvoltării nucleului topit în timpul sudării electrice prin presiune în puncte [125].

Cea mai directă cale de a determina calitatea și structura îmbinării sudate prin presiune este analiza metalografică a nucleului sudat. Prin această metodă este posibilă determinarea formei și dimensiunilor nucleului format, precum și pătrunderea și integritatea structurală a acestuia. În mod normal, pentru calificarea unei proceduri de sudare nu este necesară analiza metalografică, rezultatele încercării de forfecare prin tracțiune fiind suficiente. Există totuși lucrări care se referă la analiza metalografică a îmbinării sudate în vederea aprecierii comportării metalurgice și tehnologice la sudare (adică sudabilitatea). [120]

2.4.1 Condiții de sudare

Electrozii utilizați la sudare au fost de cupru aliat cu crom și zirconiu, conform RWMA Class II, tronconici teșiți la 45° cu diametrul la vârf de 6 mm. Forța de apăsare utilizată a fost de 6,5 kN.

Ca și în cazul experimentele anterioare, sudarea s-a realizat conform unui ciclu simplu de sudare cu curent alternativ constant, așa cum este prezentat în figura 2.1.1. Timpul inițial (t_i) și timpul de forjare (t_f) au fost, de asemeni, de câte două secunde.

2.4.2 Materialul de bază

Tablele utilizate în timpul experimentului sunt pentru caroserii de autoturisme și au fost de trei tipuri diferite:

- tablă decapată neacoperită;
- tablă zincată la cald;
- tablă electro-galvanizată.

Grosimea tablelor a fost de 0,85 mm (0,035 țoli). Compoziția chimică a acestora este prezentată în tabelul 2.4.1.

Material de bază	Zinc [Kg/m ²]	C [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Si [%]	Al [%]
tablă decapată	0	0,06	0,21	0,010	0,009	0,013	0,060
tablă zincată la cald		0,06	0,21	0,010	0,009	0,014	0,060
tablă galvanizată		0,05	0,30	0,014	0,015	0,019	0,045

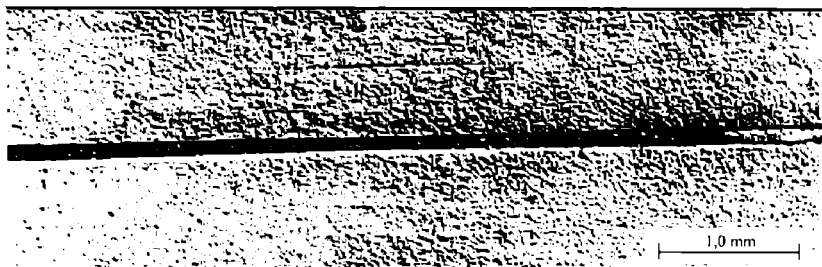


Figura 2.4.1 Tablă decapată, $I_s = 12 \text{ kA}$, $t_c = 2$ perioade

2.4.3 Rezultate experimentale

În aceleași condiții (curent de sudare, forță de apăsare etc.) s-au sudat toate probele; singura diferență a fost timpul de sudare, în vederea obținerii dinamicii de dezvoltare a punctului pentru fiecare tip de material de bază utilizat.

În continuare se prezintă secțiunile metalografice pentru suduri realizate pe table decapate neacoperite, la un curent de sudare de 12 kA, pentru timpi de trecere a curentului de respectiv: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 și 12 perioade de curent.

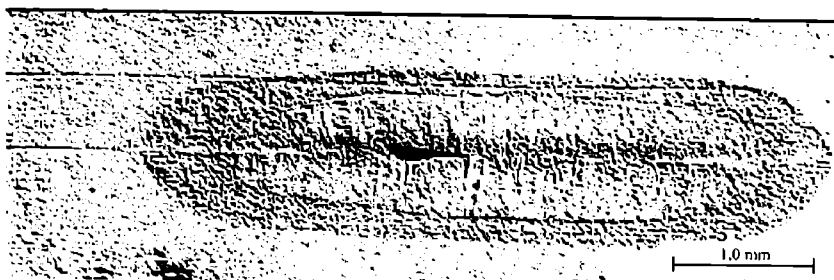


Figura 2.4.2 Tablă decapată, $I_s = 12$ kA, $t_c = 3$ perioade



Figura 2.4.3 Tablă decapată, $I_s = 12$ kA, $t_c = 4$ perioade



Figura 2.4.4 Tablă decapată, $I_s = 12$ kA, $t_c = 5$ perioade

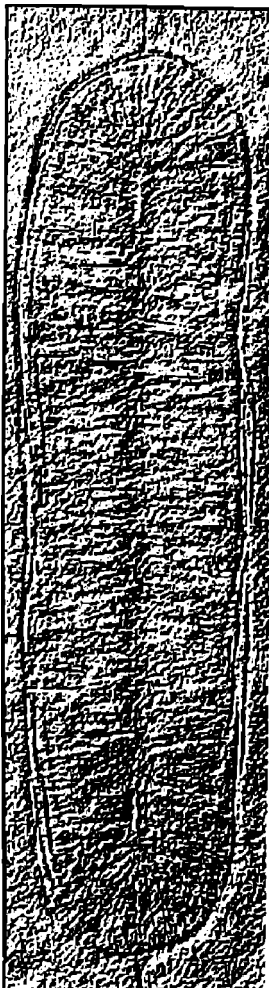


Figura 2.4.5 Tablă decapată, $I_s = 12 \text{ kA}$, $t_c = 6$ perioade



Figura 2.4.6 Tablă decapată, $I_s = 12 \text{ kA}$, $t_c = 7$ perioade



Figura 2.4.7 Tablă decapată, $I_s = 12 \text{ kA}$, $t_c = 10$ perioade

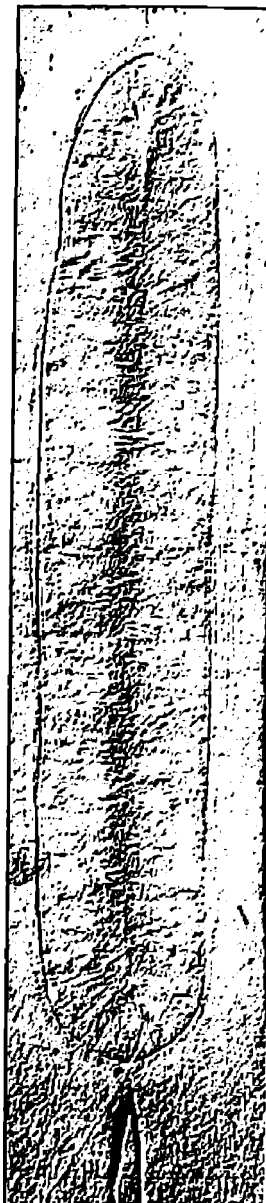


Figura 2.4.8 Tablă decapată, $I_s = 12 \text{ kA}$, $t_c = 12$ perioade

În continuare se prezintă secțiunile metalografice pentru suduri realizate pe table zincate la cald, la un curent de sudare de 16,5 kA, pentru timpi de trecere a curentului de respectiv: 3, 4, 5, 6, 7, 10 și 12 perioade de curent.

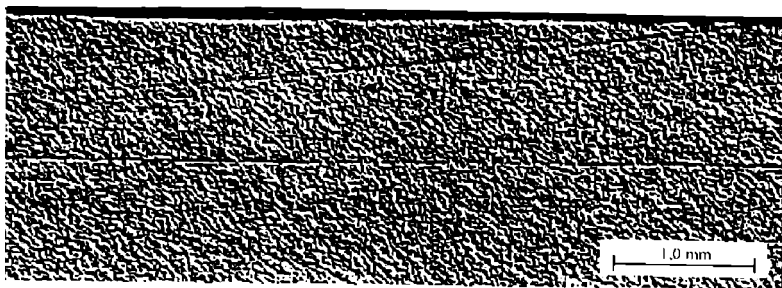


Figura 2.4.9 Tablă zincată la cald, $I_s = 16,5$ kA, $t_c = 3$ perioade

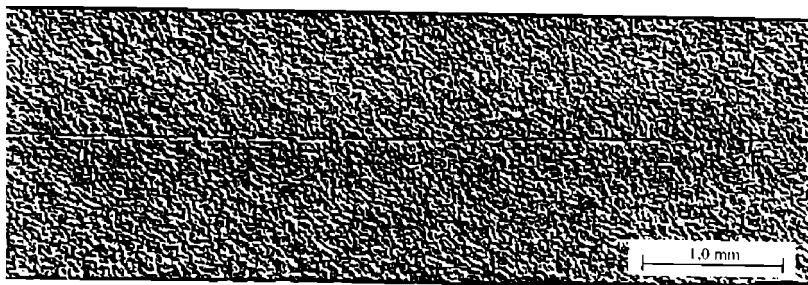


Figura 2.4.10 Tablă zincată la cald, $I_s = 16,5$ kA, $t_c = 4$ perioade

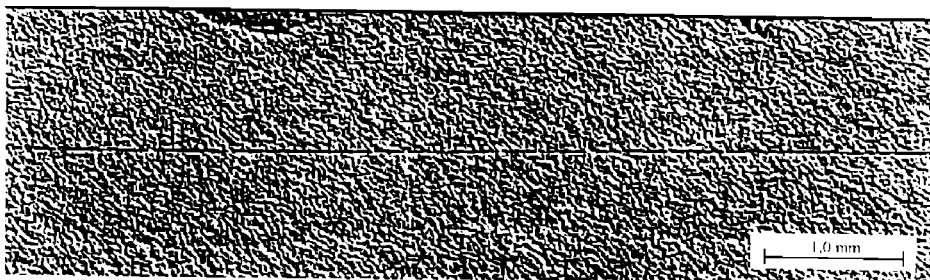


Figura 2.4.11 Tablă zincată la cald, $I_s = 16,5$ kA, $t_c = 5$ perioade

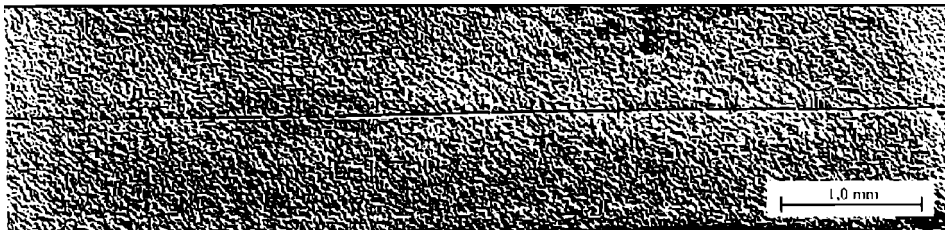


Figura 2.4.12 Tablă zincată la cald, $I_s = 16,5$ kA, $t_c = 6$ perioade

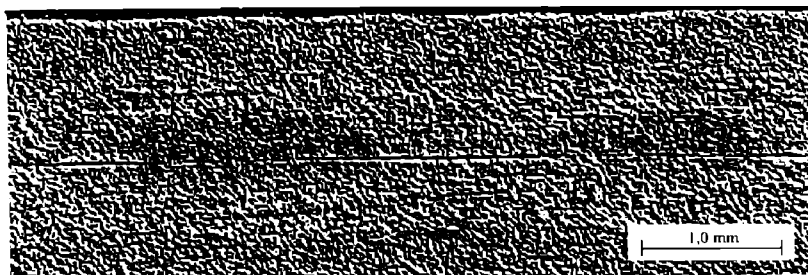


Figura 2.4.13 Tablă zincată la cald, $I_s = 16,5$ kA, $t_c = 7$ perioade

Figurile 2.4.16 - 2.4.20 prezintă secțiunile metalografice pentru suduri realizate pe table electro-galvanizate, la un curent de sudare de 15,5 kA, pentru timpi de trecere a curentului de respectiv: 5, 6, 7, 10 și 12 perioade de curent.



Figura 2.4.14 Tablă zincată la cald, $I_s = 16,5$ kA, $t_c = 10$ perioade



Figura 2.4.15 Tablă zincată la cald, $I_s = 16,5$ kA, $t_c = 12$ perioade

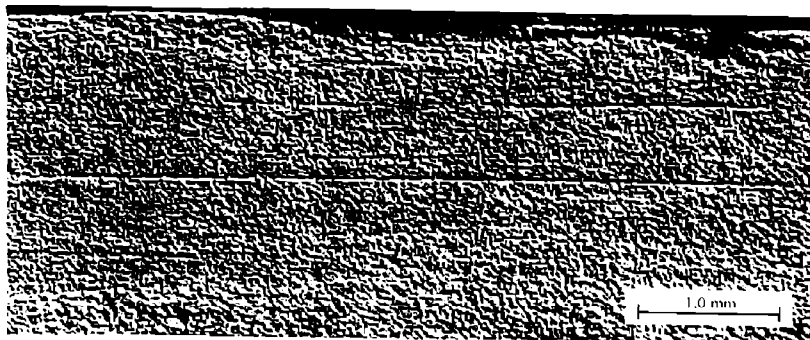


Figura 2.4.16 Tablă electro-galvanizată, $I_s = 15,5$ kA, $t_c = 5$ perioade

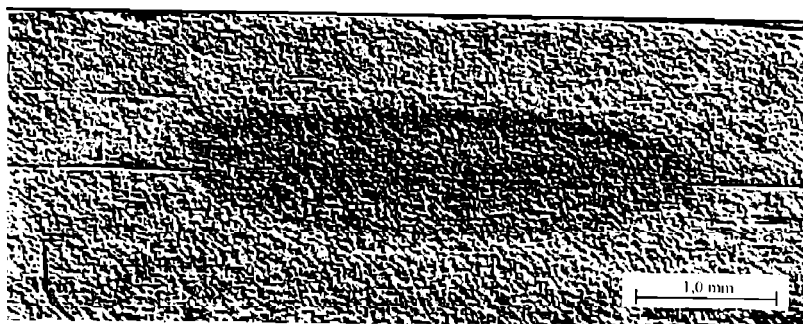


Figura 2.4.17 Tablă electro-galvanizată, $I_s = 15,5$ kA, $t_c = 6$ perioade

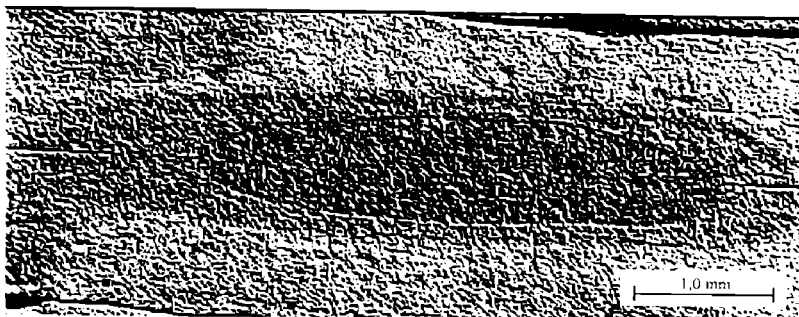


Figura 2.4.18 Tablă electro-galvanizată, $I_s = 15,5$ kA, $t_c = 7$ perioade

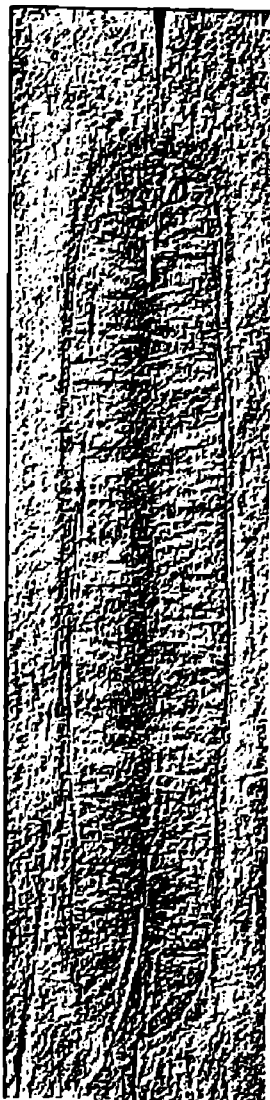


Figura 2.4.19 Tablă electro-galvanizată, $I_s = 15,5 \text{ kA}$, $t_c = 10$ perioade

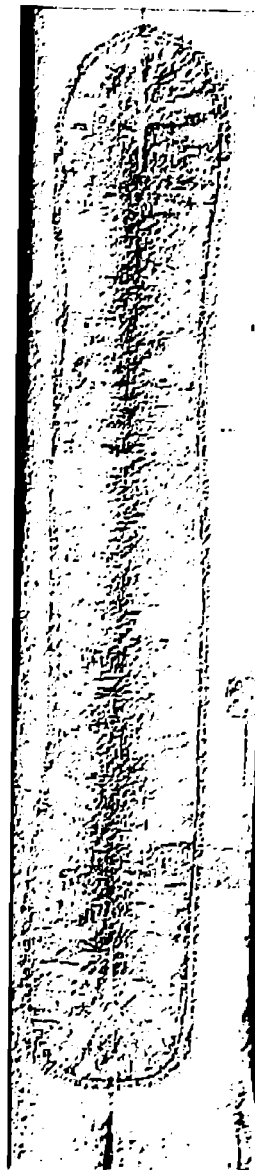


Figura 2.4.20 Tablă electro-galvanizată, $I_s = 15,5 \text{ kA}$, $t_c = 12$ perioade

2.4.4 Analiza rezultatelor experimentale și observații

Pe baza rezultatelor arătate în paragraful anterior, se vor prezenta în continuare curbele de variație a diametrului punctului în timpul sudării, precum și grosimea nucleului ca funcție de timpul de trecere a curentului.

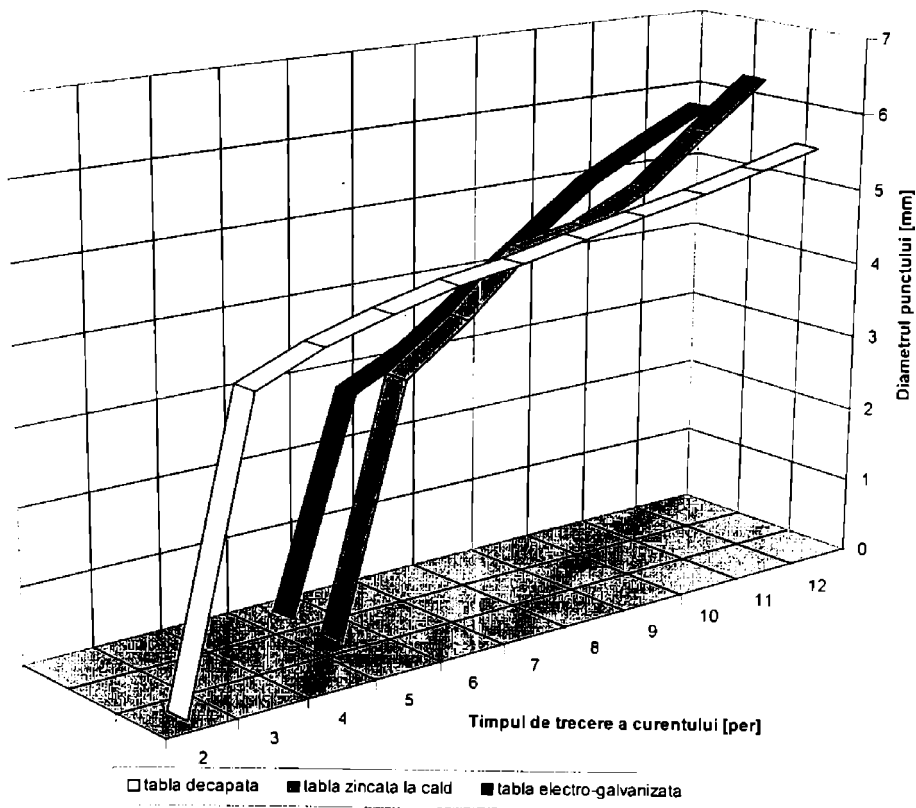


Figura 2.4.21 Evoluția diametrului punctului sudat în timpul sudării

În figura 2.4.21 este prezentată evoluția diametrului punctului sudat în funcție de timpul de trecere a curentului de sudare, iar figura 2.4.22 prezintă evoluția grosimii punctului sudat ca funcție de timpul de sudare. Acest mod de analiză oferă informații despre ceea ce se întâmplă în timpul sudării într-o zonă în care în mod normal nu există acces decât după sudare. Cele două grafice prezintă câte trei curbe, pentru cele trei tipuri de materiale de bază analizate.

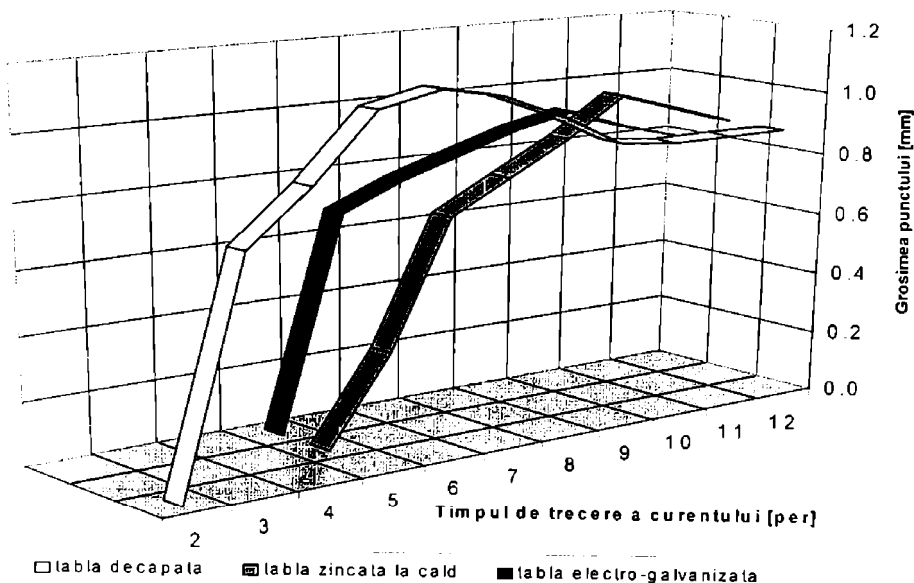


Figura 2.4.22 Evoluția grosimii punctului sudat în timpul sudării

Cele trei curbe de variație a diametrului punctului sudat prezintă aceeași tendință ascendentă, normală la creșterea cantității de energie introdusă în îmbinare odată cu creșterea timpului de trecere a curentului.

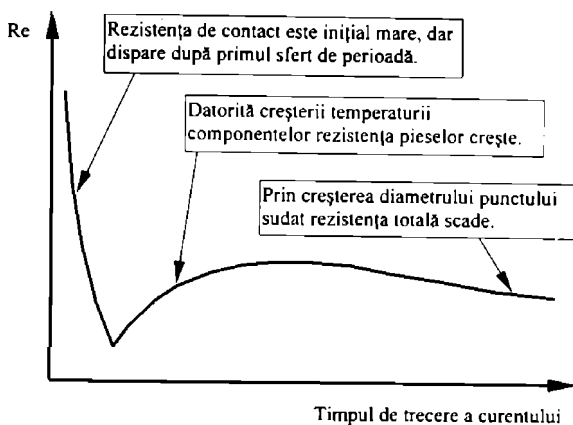


Figura 2.4.23 Curba generală de variație a rezistenței totale

O altă tendință, comună celor trei materiale studiate, este creșterea bruscă a diametrului în prima perioadă de trecere a curentului după inițierea nucleului topit. Creșterea ulterioară este mai

lentă și se datorează creșterii volumului de material topit. Creșterea inițială bruscă este explicabilă prin rezistență de contact inițială mare, care însă dispăre în prima jumătate a primei semiperioade de curent. Figura 2.4.23 prezintă curba generală de variație a rezistenței totale măsurată între electrozii de contact în timpul sudării [69], 139]. Modul de variație a acesteia explică cele arătate mai sus.

Spre deosebire de cazul tablelor neacoperite, când nucleul se inițiază în a doua perioadă de trecere a curentului, în cazul tablelor zincate (prin ambele metode) inițierea punctului sudat are loc numai începând cu a cincea perioadă de trecere a curentului. Acest lucru se explică prin rezistența de contact cu trei ordine de mărime (de circa 1000 de ori) mai mică în cazul tablelor zincate [100].

Grosimea punctului sudat are aceeași tendință de dezvoltare rapidă în primele semiperioade de la apariție ca și diametrul; de fapt volumul punctului are această evoluție datorită motivelor arătate. Scăderea ușoară a grosimii punctului în ultima parte a perioadei de sudare se datorează indentării electrozilor în componente. Pe de altă parte, pătrunderea nucleului topit în componente este stopată de efectul de răcire al electrozilor la suprafața de contact.

2.5 Analiza experimentală a corelației dintre modul de formare a nucleului topit și câmpul electric

În acest paragraf se prezintă corelațiile dintre rezultatele experimentale legate de inițierea și dezvoltarea câmpului electric și repartiția câmpului electric, așa cum rezultă aceasta în urma modelării prin metoda elementelor finite [112].

2.5.1 Condiții de desfășurare a experimentelor

În cadrul acestui studiu s-au analizat electrozi tronconici, cu unghiul la vârf de 45° și de 120° , conform clasei II de duritate.

Experimentele s-au realizat pe table din oțel St 12 (Werkstoff-nummer 1.0330) conform DIN 1623, cu grosimea de 1,25 mm. Diametrul suprafeței vârfului electrozilor a fost de 6 mm, conform recomandărilor tehnologice publicate în majoritatea surselor bibliografice.

Sudarea s-a realizat conform unui ciclu simplu de sudare cu curent alternativ constant, prezentat în figura 2.1.1.

2.5.2 Distribuția câmpului electric la sudarea electrică prin presiune în puncte

În capitolul 1.2 sunt prezentate aspectele teoretice legate de analiza câmpului electric la sudarea electrică prin presiune în puncte.

În figurile 1.2.1, 1.2.2 și 1.2.3 sunt prezentate respectiv liniile de echipotențial, repartiția de curent și intensitatea degajării de căldură prin efect Joule. În figurile 2.5.1, 2.5.2 și 2.5.3 sunt prezentate, respectiv, detalii ale figurilor amintite mai sus.

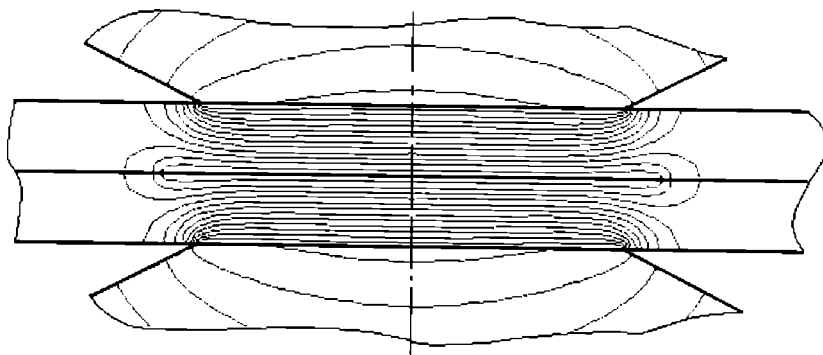


Figura 2.5.1 Liniile de echipotențial - detaliu

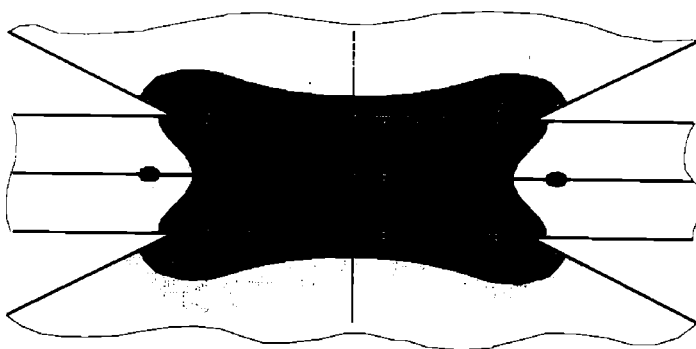


Figura 2.5.2 Repartiția densității de curent - detaliu

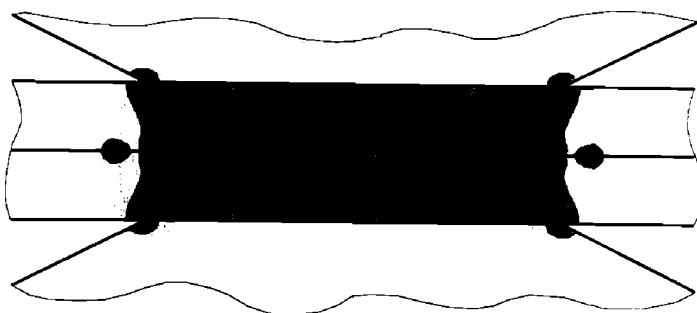


Figura 2.5.3 Degajarea căldurii prin efect Joule - detaliu

Așa cum s-a menționat și în capitolul 1.2, densitatea de curent maximă este observată în fazele incipiente sudării la marginea suprafeței de contact dintre componente și ulterior formării acestuia, la marginea nucleului topit. Bineînțeles, degajarea căldurii prin efect Joule este maximă tot în această zonă.

Pentru a păstra identice condițiile în care s-a realizat modelarea cu parametrii de sudare, curentul total la interfața dintre componente a fost impus ca și condiție inițială egal cu valoarea de 15,6 kA. Curentul teoretic s-a calculat pe baza ecuației (2.5.1).

$$I = \int (\vec{j} \cdot \vec{n}) ds \quad (2.5.1)$$

2.5.3 Concordanța dintre forma câmpului electric și forma nucleului sudat

Modul de inițiere toroidal, observat în practică, poate fi explicat prin repartiția periferică a curentului de sudare, așa cum s-a arătat mai sus. Figura 2.5.4 prezintă corelația dintre acest efect și distribuția radială a densității de curent la interfața dintre componente.

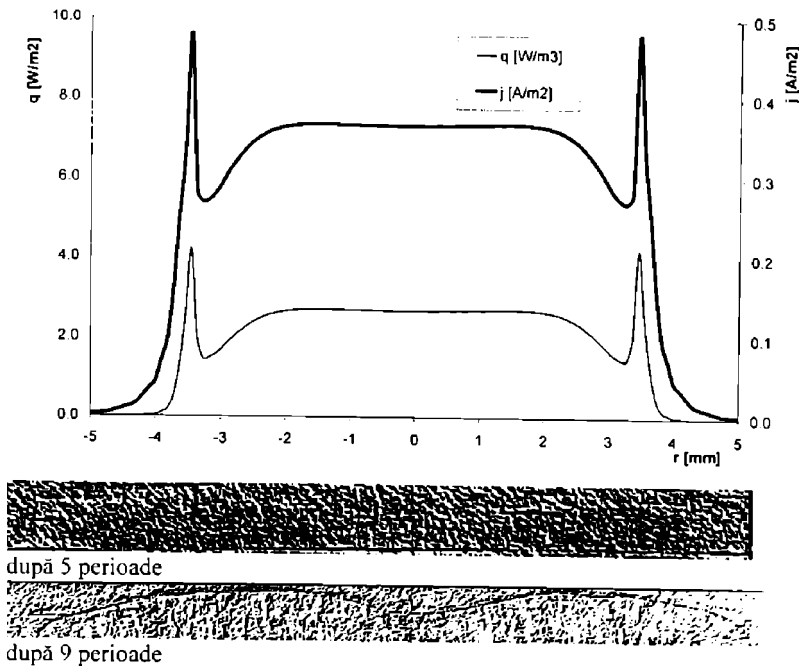


Figura 2.5.4 Inițierea toroidală a curentului corelată cu distribuția densității de curent

Așa cum se poate observa, după primele cinci perioade de trecere a curentului, apare o zonă afectată termic, precum și un mic nucleu topit de formă toroidală. În continuare, nucleul se dezvoltă în special spre interior, datorită condițiilor de răcire favorabile spre exterior, prin conducție în masa metalului de bază.

Concentrarea de căldură în zona periferică nucleului topit are ca efect (în special atunci când forța de apăsare a electrozilor nu este suficientă) apariția expulzărilor de metal de la interfața dintre componente. Chiar și atunci când materialul expulzat nu ajunge până la marginea componentelor, forma nucleului este afectată de această concentrare de căldură.

În figura 2.5.5 sunt prezentate câteva exemple de materializare a concentrării de energie termică la marginea nucleului.

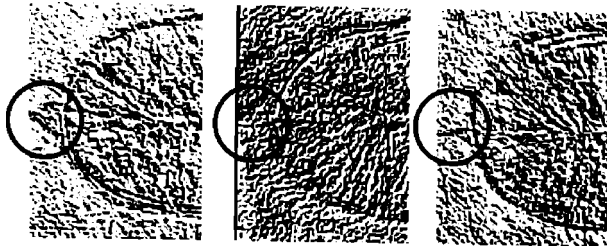


Figura 2.5.5 Expulzări de metal la marginea nucleului datorită generării locale de căldură

În concluzie, se poate aprecia că aspectele legate de forma punctului sudat electric prin presiune pot fi anticipate și analizate pe baza modelării prin metoda elementelor finite a fenomenelor electrice.

2.6 Concluzii rezultate în urma programului experimental

Programul experimental prezentat în partea a doua a acestei teze completează analiza teoretică, prezentată în prima parte în legătură cu influența principalilor parametri de sudare asupra calității îmbinării sudate electric prin presiune în puncte, linie și relief. În plus sunt verificate o serie de rezultate tehnologice de ordin practic enunțate în prima parte.

În urma analizei statistice primare și de detaliu a datelor experimentale, așa cum sunt acestea prezentate în partea a doua, au rezultat următoarele concluzii:

- a) Pentru condițiile de sudare prezentate în capitolul 2.1, ecuația (2.1.1) prezintă influența simultană a forței de apăsare F , a curentului de sudare I_s și a timpului de trecere a curentului t_c asupra forței de rupere la forfecare prin tracțiune a îmbinării sudate. În legătură cu această ecuație se pot arăta următoarele:
 - Între forța de apăsare și timpul de trecere a curentului nu există o influență reciprocă, cu o probabilitate de 99% (nivelul de încredere cu care s-a lucrat în acest caz, fapt rezultat din absența coeficientului termenului mixt $t_c \cdot F$).
 - Ecuațiile (2.1.2), pentru forța constantă și (2.1.3) pentru timpul de curent constant au o precizie mai bună decât ecuația generală, dar sunt mai greu de utilizat.
 - Reprezentarea grafică a ecuațiilor (2.1.2) și (2.1.2) a scos în evidență o suprafață relativ orizontală ($Fr \approx \text{constant}$). Această zonă a fost denumită *zonă de insensibilitate tehnologică*; tehnologiile de sudare robuste se situează în mijlocul acestei zone și acestea prezintă insensibilitate relativă la variația parametrilor de sudare.
- b) Analiza influenței diametrului punctului sudat asupra capacității portante a îmbinării a scos în evidență o corelare lineară, independent de valoarea parametrilor de sudare utilizați (figura 2.1.15); în legătură cu aceasta se pot preciza următoarele:
 - În timpul încercării de rupere la forfecare prin tracțiune a îmbinărilor sudate s-au evidențiat două moduri distincte de rupere a îmbinării sudate: prin forfecarea punctului sudat (neinteresant din punct de vedere tehnologic) și prin debutonare.

- Ruperea prin debutonare a avut, la rândul său, două aspecte distincte: prin perforarea uneia dintre componente și prin sfâșierea componentelor.
- Separarea rezultatelor, în funcție de modul de rupere, a avut ca efect creșterea gradului de corelare dintre forța necesară pentru ruperea la forfecare prin tracțiune a componentelor și diametrul punctului sudat (figura (2.1.18)).
- c) Studiul legat de influență impurificării suprafețelor componentelor care se sudează electric prin presiune au permis evidențierea următoarelor:
- Creșterea forței de apăsare (până la o anumită limită) reduce sau chiar stopează împrôșcările de material din interiorul nucleului topit. Acest fapt confirmă rezultatele analizei teoretice, prin metoda elementelor finite, prezentate în prima parte.
 - Acoperirea cu praf a suprafeței componentelor reduce nu numai capacitatea portantă a îmbinării sudate, dar mai ales scade considerabil consistența rezultatelor. Acest lucru justifică necesitatea îndepărtării urmelor de praf și oxizi de pe suprafața componentelor care se sudează.
 - Nu se recomandă degresarea componentelor de oțel înainte de sudarea prin presiune, deoarece nici uleiul și nici chiar vazelina, așa cu se vede din figura 2.2.4 și tabelul 2.2.5, nu au un efect semnificativ (risc de a greși 5 %) asupra calității îmbinării sudate.
- d) Analiza comportării electrozilor cu diferite forme ale vârfului au condus la următoarele concluzii legate de calitatea îmbinării sudate:
- Din studiul modului de rupere a îmbinării sudate solicitate la tracțiune, în condițiile descrise în capitolul 2.3, (figura 2.3.3 și tabelul 3.3.1), rezultă că electrozii cu cele mai bune performanțe, în condițiile utilizate în experiment, sunt electrozii cu vârf de tip E 16 și F 16; aceștia conduc la rupere prin debutonare în majoritatea cazurilor studiate
 - Conform analizei teoretice, și confirmat experimental, rezultă că amprenta lăsată de electrozi pe piese este cu atât mai mare cu cât raza vârfului electrodului este mai mică. Astfel se explică faptul că electrodul E 16, cu raza la vârf de 6 mm, a produs cea mai mare amprentă pe componente în comparație cu ceilalți electrozi, în condiții identice de sudare. Din același motiv, electrodul F 16, cu raza vârfului de 8 mm a fost al doilea din punct de vedere al amprentei lăsată de electrod pe piese.
 - În situațiile în care este interzisă amprenta pe una dintre componente, din motive estetice, se poate recurge la soluția utilizării de electrozi cu geometrie a vârfului diferită pe cele două componente. Pe componenta care trebuie să rămână nedeformată se recomandă electrozi cu raza la vârf de cel puțin 75 mm, sau chiar electrozi cu vârful de tip C, cu suprafața plată.
- e) Studiul dezvoltării nucleului la sudarea electrică prin presiune în puncte a permis analiza în timp a evoluției diametrului și pătrunderii punctului, pentru table decapate comparativ cu tablele acoperite cu zinc. În legătură cu acest experiment se pot selecta următoarele concluzii:
- Diametrul punctului sudat crește mult în prima etapă a procesului de sudare și are o evoluție mai lentă în ultimele perioade. Acest lucru este firesc și se datorează scăderii densității de curent prin creșterea diametrului nucleului topit.
 - Evoluția grosimi punctului (figura 2.4.22) prezintă o tendință asemănătoare cu cea a diametrului, dar încetinirea pătrunderii pe măsura apropierii de suprafața componentelor se datorează în special efectului de răcire al electrodului.
 - Spre deosebire de cazul tablelor neacoperite, când nucleul se inițiază în a doua perioadă de trecere a curentului, în cazul tablelor zincate inițierea punctului sudat are loc numai începând cu a cincea perioadă de trecere a curentului. Acest lucru se

- explică prin rezistența de contact de circa 1000 de ori mai mică în cazul tablelor acoperite.
- Fenomenele puse în evidență în cadrul acestui experiment sunt în concordanță cu rezultatele teoretice prezentate în prima parte a tezei.
- f) Analiza experimentală a corelației dintre modul de formare a nucleului topit și câmpul electric a demonstrat pe deplin modul de inițiere toroidal al punctului datorită modului particular de distribuție a densității de curent la suprafața de contact dintre componente (figura 2.5.4), rezultat din analiza teoretică. De asemenea a fost pus în evidență efectul de expulzare de material de la marginea nucleului topit datorită densității de curent maxime în această zonă (figura 2.5.5), așa cum reieșea din modelul matematic.

PARTEA a III-a

SISTEM EXPERT PENTRU SUDAREA ELECTRICĂ PRIN PRESIUNE

Scopul acestui capitol este de a prezenta *Sistemul Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune* (SESEP).

3.1 Introducere în teoria Sistemelor Expert

Înainte de a trece la prezentarea propriuzisă a SESEP, în acest capitol se vor prezenta, pe scurt, noțiunile generale despre sistemele expert, inteligența artificială și logica difuză (fuzzy). În continuare se vor prezenta pe scurt modul de abordare a problemei unui sistem expert în domeniul sudării prin presiune, cât și scopurile acestuia.

3.1.1 Ce este un sistem expert

În accepțiunea specialiștilor de la EXSYS Inc. [23], *un sistem expert (SE) este un program de tip inteligență artificială (IA) care emulează interacțiunea pe care utilizatorul ar putea să o aibă cu un expert uman, în scopul rezolvării unei probleme*. Utilizatorul definește intrările problemei prin selectarea unor răspunsuri dintr-o listă sau prin introducerea datelor. Programul afișează întrebări, până când ajunge la o concluzie [16]. În general, soluția la care ajunge programul poate fi o concluzie singulară, sau poate fi o listă de concluzii afișată în ordinea plauzibilității acestora.

Aplicațiile unui sistem expert în domeniul sudării pot parcurge un spectru larg, de la orientarea utilizatorului în alegerea electrozilor și până la identificarea defectelor de sudare și sugerarea măsurilor tehnologice pentru evitarea acestora. Sistemele expert utilizează cu preponderență *baze de cunoștințe* și într-o mai mică măsură *baze de date*. Bazele de cunoștințe pot fi uneori organizate sub formă arborescentă [104].

Un sistem expert profesional, trebuie să prezinte toate instrucțiunile necesare utilizatorului pentru rularea sa, precum și toate rezultatele în limbaj natural. Una dintre cerințele importante pentru un sistem expert o constituie **explicațiile**. Un sistem expert trebuie să poată răspunde la întrebarea DE CE are nevoie de o anumită informație și CUM a ajuns la o anumită concluzie [23].

3.1.2 Ce poate face un sistem expert

Prima întrebare la care trebuie să se răspundă în legătură cu un sistem expert este în legătură cu utilitatea realizării acestuia. Sistemele expert sunt foarte utile (prezența lor în industrie o dovedește), dar acestea nu pot rezolva orice tip de problemă. Este important de înțeles când și pentru ce merită să se utilizeze un sistem expert.

Cele mai frecvente scopuri pentru care merită realizat un sistem expert sunt următoarele:

- diseminarea cunoștințelor de rezolvare a problemelor, nu doar fapte, cu un necesar minim de instruire a utilizatorului;
- standardizarea concluziilor pentru un anumit set de date;
- eliberarea expertului uman de activități repetitive, de rutină, în scopul desfășurării unor activități pe care un sistem expert nu le poate realiza;
- codificarea tehnicilor de rezolvare a problemelor pentru viitorii utilizatori;
- oferirea unui instrument de instruire sigur și fiabil;

- combinarea abilităților mai multor persoane de rezolvare a diferitelor probleme.

Scopul unui anumit sistem expert este, în mod normal, de a combina câteva dintre scopurile mai sus menționate. Trebuie subliniat faptul că înainte de a dezvolta un sistem expert, trebuie stabilite scopurile acestuia [104].

3.1.3 Alegerea problemelor rezolvabile de către un sistem expert

Un sistem expert poate rezolva un număr nelimitat de tipuri de probleme. Teoretic, orice problemă de luare a unei decizii poate fi convertită într-un sistem expert; totuși, în practică, multe probleme nu pot fi efectiv convertite astfel. De exemplu, o problemă poate fi incomplet înțeleasă, sau pur și simplu prea vastă sau complexă pentru convertirea sa într-un sistem expert. Unul dintre cei mai importanți pași în dezvoltarea unui sistem expert este definirea corectă a problemei.

De obicei, deși o problemă prea vastă nu poate fi rezolvată, aceasta poate fi împărțită în probleme suficient de mici care se pot rezolva. Factorii care trebuie considerați în definirea unei probleme pentru un sistem expert includ:

a) *Există cel puțin un om care să poată rezolva problema?*

Dacă nici un expert uman nu poate rezolva problema, este imposibilă definirea unui set de reguli care să descrie soluția. Tehnicile de rezolvare a problemelor trebuie cunoscute și înțelese pentru a putea fi creat un sistem expert.

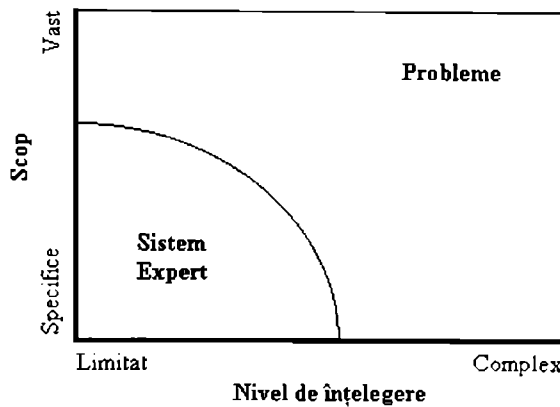


Figura 3.1.1 Spațiul problemelor acoperit de un sistem expert

b) *Problema are o soluție definibilă?*

Sistemele expert sunt concepute astfel încât să aleagă cel puțin o soluție posibilă dintr-un grup, pe baza regulilor din baza de cunoștințe. Dacă nu pot fi specificate toate soluțiile posibile, definirea regulilor de rezolvare a problemei va fi foarte dificilă. Unele probleme cu număr foarte mare de soluții (de exemplu cauzele defectelor la sudare) pot fi totuși atacate dacă se cunoaște un set definibil de soluții.

c) Nivelul de înțelegere și scopul problemei este rezonabil?

Graficul din figura 3.1.1 ilustrează cel mai bine întrebarea [23]. Nivelul de înțelegere a problemei este reprezentat pe axa orizontală, de la probleme limitate (cu soluții simple și bine definite) până la probleme complexe (cu soluții care cer intuiție și inovare). Pe axa verticală este reprezentat scopul problemei, de la cele foarte specifice, până la cele foarte vaste.

Definirea problemei astfel încât aceasta să se situeze în zona umbrită din grafic este foarte importantă. O problemă cu un scop prea vast sau care necesită un nivel de înțelegere prea complex nu este potrivită pentru un sistem expert. Pentru a rezolva o problemă cu o tematică vastă, aceasta trebuie mai întâi descompusă în mai multe părți distincte care trebuie rezolvate separat. Astfel pentru un domeniu larg se pot concepe fie mai multe sisteme expert care se completează reciproc, fie un sistem expert cu o concepție modulară, în care fiecare modul urmează să funcționeze relativ independent de celelalte module.

A propune un țel realist sistemelor expert este foarte important. Un sistem expert nu poate (la ora actuală) să emuleze perfect un expert uman; doar o mică parte din abilitățile de rezolvare a problemelor pot fi transpuse într-un program. Un expert uman poate rezolva probleme noi, pe baza experienței anterioare (chiar și din alte domenii) și pe baza ingeniozității, pe când un sistem expert nu poate. Totuși un sistem expert poate rezolva problemele specifice pentru care a fost proiectat pentru mai mulți utilizatori ne-experti. Mai mult decât atât, un sistem expert poate oferi în mod constant soluții, în general mai repede decât ar putea un expert uman.

d) Tehnica de rezolvare a problematicii este documentată?

Multe probleme comune au o documentație în legătură cu modul de rezolvare a acestora. Aceste informații pot fi sub formă de arbori de decizie, proceduri manuale, reglementări sau instrucțiuni specifice. Asemenea probleme bine definite pot fi cu ușurință convertite într-un sistem expert iar soluțiile devin astfel mult mai accesibile utilizatorilor. Rezolvarea problemelor cu ajutorul unui sistem expert este mult mai facilă decât consultarea bibliografiei și mai puțin susceptibilă erorilor de toate tipurile.

3.1.4 Reprezentarea cunoștințelor sub formă de arbori de decizie

După ce o problemă a fost definită în mod corespunzător, trebuie aleasă o tehnică de convertire a sa într-un sistem expert. Există mai multe tehnici care pot fi aplicate diferitelor tipuri de probleme. Bazele de cunoștințe ale SESEP au fost concepute pentru definirea soluțiilor pe baza arborilor de decizie.

În vederea descrierii tehnicii arborilor de decizie, se va prezenta, în continuare, un exemplu simplificat de identificare a unui defect de sudare.

În figura 3.1.2 este prezentat un exemplu de arbore de decizie binar, în care răspunsurile posibile sunt doar DA sau NU. Limbajele de programare de nivel înalt sau specializate pentru realizarea sistemelor expert permit definirea arborilor de decizie multipli, care permit utilizatorului ca în fiecare etapă să poată alege unul sau mai multe răspunsuri dintr-o serie de răspunsuri posibile. Acest mod de abordare a problemei este într-o mai mare măsură similar modulului de gândire uman și crește eficiența dialogului utilizatorului cu sistemul.

În figura 3.1.3 este prezentat un exemplu parțial de arbore de decizie multiplu, care permite utilizatorului selectarea opțiunilor.

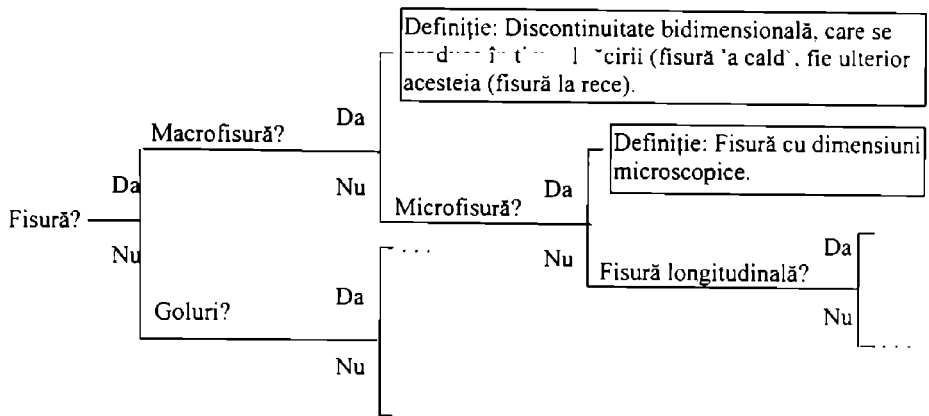


Figura 3.1.2 Exemplu de arbore de decizie binar

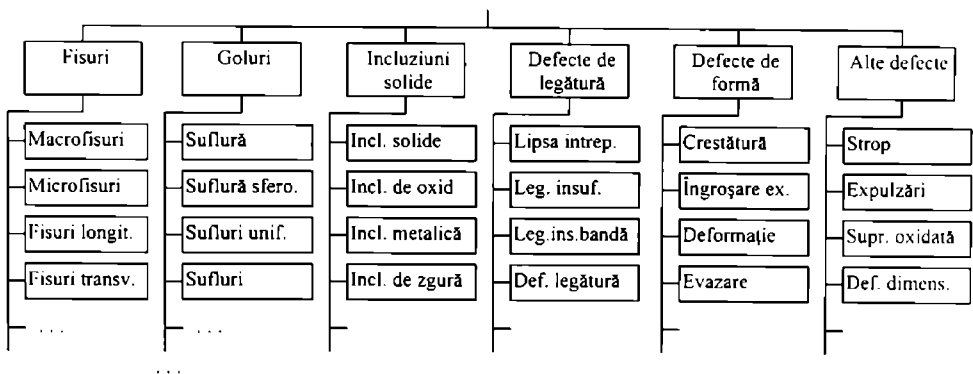


Figura 3.1.3 Exemplu de arbore de decizie multiplu

Reprezentarea cunoștințelor sub formă de arbori de decizie poate fi și mai mult apropiată modului uman de gândire, prin introducerea coeficienților de încredere pentru fiecare dintre soluțiile posibile. Astfel, sistemul poate oferi utilizatorului mai multe soluții la o problemă dată, fiecare dintre soluții cu un coeficient de încredere diferit. Prin această facilitate, decizia finală poate aparține specialistului uman, care în funcție de factori pe care sistemul nu i-a putut lua în considerare poate decide asupra unei soluții recomandate într-o măsură mai mică sau mai mare.

Primele rudimente de inteligență artificială apar în momentul în care coeficienții de încredere sunt calculați pe baza unor coeficienți de încredere parțiali, atribuiți fiecărei etape de decizie [16].

În figura 3.1.4 este prezentată o porțiune din codul programului APSEP pentru alegerea procedurii de sudare electrică prin presiune. Modul de funcționare și facilitățile programului vor fi descrise în detaliu în capitolul respectiv.

```

Se determina coef. de incredere
NrOpt = 0
Kspp = 0
Kspl = 0
Kspr = 0
If Check1 Then
  NrOpt = NrOpt + 1
  Kspp = Kspp + 95
  Kspl = Kspl + 1
  Kspr = Kspr + 4
End If
If Check2 Then
  NrOpt = NrOpt + 1
  Kspp = Kspp + 90
  Kspl = Kspl + 0
  Kspr = Kspr + 10
End If
If Check3 Then
  NrOpt = NrOpt + 1
  Kspp = Kspp + 0
  Kspl = Kspl + 100
  Kspr = Kspr + 0
End If
If Check4 Then
  NrOpt = NrOpt + 3
  Kspp = Kspp + 0
  Kspl = Kspl + 300
  Kspr = Kspr + 0
End If
If Check5 Then
  NrOpt = NrOpt + 1
  Kspp = Kspp + 25
  Kspl = Kspl + 0
  Kspr = Kspr + 75
End If
If Check6 Then
  NrOpt = NrOpt + 1
  Kspp = Kspp + 5
  Kspl = Kspl + 0
  Kspr = Kspr + 95
End If

If Check7 Then
  NrOpt = NrOpt + 1
  Kspp = Kspp + 0
  Kspl = Kspl + 0
  Kspr = Kspr + 100
End If
If Check8 Then
  NrOpt = NrOpt + 1
  Kspp = Kspp + 10
  Kspl = Kspl + 0
  Kspr = Kspr + 90
End If
If Check9 Then
  NrOpt = NrOpt + 1
  Kspp = Kspp + 0
  Kspl = Kspl + 0
  Kspr = Kspr + 100
End If
If Check10 Then
  NrOpt = NrOpt + 1
  Kspp = Kspp + 0
  Kspl = Kspl + 0
  Kspr = Kspr + 100
End If

Coeficientul fiecarui procedeu
If NrOpt <> 0 Then
  Kspp = Kspp / NrOpt
  Kspl = Kspl / NrOpt
  Kspr = Kspr / NrOpt
End If

Procedeu recomandat
If Kspl >= Kspp And Kspl >= Kspr
  Then Proc = 2
If Kspp >= Kspl And Kspp >= Kspr
  Then Proc = 1
If Kspr >= Kspp And Kspr >= Kspl
  Then Proc = 3

```

Figura 3.1.4 Porțiunea de cod a programului APSEP pentru alegerea procedurii de sudare.

În prima parte, "Determinarea coeficienților de încredere", se determină pentru fiecare opțiune în parte coeficientul de încredere al procedurilor (exprimat în procente), adică în ce măsură este recomandat fiecare procedeu.

Mai mult decât atât, pentru unele opțiuni se atribuie un coeficient de pondere mai mare decât unitatea, astfel încât recomandările pentru anumite tipuri de aplicații sunt într-o mai mică măsură perturbate de recomandările celorlalte opțiuni.

În continuare se determină prin medie ponderată coeficientul de încredere pentru cele trei procedee, iar în final se determină procedeul cu cel mai mare coeficient de încredere, care urmează să fie recomandat.

3.2 Sisteme expert în domeniul sudării

Există la ora actuală o serie de sisteme expert în domeniul sudării care funcționează și dovedesc astfel utilitatea unor asemenea aplicații în domeniu. În continuare se vor prezenta câteva asemenea sisteme.

Informațiile au fost obținute prin căutare pe Internet cu ajutorul serverului AltaVista. Expresia de căutare avansată (advanced search) a fost: "expert-system near welding".

3.2.1 *Automated Intelligent Weld Flaw Detection & Classification* (Detectarea și clasificarea inteligentă a defectelor de sudare)

Sistemul a fost conceput și realizat de *Rockwell International - Rocketdyne Division*. Scopul acestuia este de a înlătura subiectivitatea operatorului uman pe timpul controlului ultrasonic al îmbinărilor sudate.

Controlul nedistructiv ultrasonic este mai puțin fiabil decât scanarea automată deoarece amplitudinea semnalului este foarte sensibilă la forța de apăsare și poziția palpatorului. Deasemenea, operatorul influențează rezultatul inspecției prin interpretarea în general subiectivă a rezultatelor măsurătorilor.

Programul *Automated NonDestructive Evaluation (ANDE)* automatizează și perfecționează procedura de detectare a defectelor la sudare. Acesta analizează datele provenite de la senzori pentru detectarea defectelor îmbinărilor controlate robotizat. Modulul *Weld Flaw Detection and Classification (WFDC)* oferă caracterul de sistem expert al întregului sistem informatic.

Sistemul ANDE atinge o probabilitate de detecție a defectelor de 90% cu un nivel de încredere de 95%. ANDE poate rula pe calculatoare PC 386 sau superioare, echipate cu două plăci de achiziție de date și o interfață cu robotul de sudare.

3.2.2 *Choosing Welding Methods and Estimating Welding Costs* (Alegerea procedeeelor și estimarea costurilor de sudare)

Acest sistem expert a fost realizat de *Juan C. Ramirez și Ali Touran*. El permite analiza costurilor operațiilor de sudare cu arc electric și ajută producătorul de structuri sudate și beneficiarul în realizarea devizului de cheltuieli, precum și în controlul și analiza productivității.

Sistemul are două module principale: primul permite alegerea procedeeului de sudare pe baza caracteristicilor îmbinării, iar al doilea ajută la estimarea costurilor pe baza soluției tehnologice alese și pe baza altor valori introduse de către utilizator. Sistemul poate fi utilizat de către firmele producătoare de structuri sudate în vederea pregătirii unor devize detaliate și pentru analize de finețe cu privire la influența variației diferiților parametri tehnologici și constructivi asupra costului de sudare final.

Sistemul poate răspunde la întrebări legate de procesul de luare a deciziilor. Rezultatele analizei pot fi utilizate nu numai pentru scopuri practice, ci și în vederea analizei variației unor

parametrii importanți cum sunt productivitatea muncii, factorul operator și costurile materiale asupra costurilor totale.

3.2.3 *Welding Related Expert Systems (Sistem expert în domeniul sudării)*

Acest sistem expert a fost realizat și este comercializat de către *Stone & Webster Engineering Corp.* Sistemul are o concepție modulară, părțile componente putând rula independent.

Modulul **Welding Procedure Selection** (Alegerea procedurii de sudare) a fost realizat pentru a ajuta la identificarea procedurii de sudare cel mai indicat pentru condițiile date. Pe baza unor informații suplimentare, sistemul oferă de asemenea estimarea timpului și materialelor necesare.

Modulul **Weld Defect Diagnosis** (Diagnosticarea defectelor de sudare) a fost realizat pentru identificarea cauzelor care conduc la defecte în îmbinarea sudată. Pentru aceasta, sistemul analizează tipul materialelor, procedeul de sudare, condițiile ambiante și observații cu privire la zona de sudare.

Modulul **Welder Qualification Test Selection** (Alegerea testelor pentru calificarea sudorilor) permite selectarea corectă a testelor pentru sudori, ținând cont de toți factorii importanți. Sistemul permite reducerea costurilor legate de complicațiile organizatorice.

Toate modulele prezentate funcționează ca sisteme expert independente și pot fi accesate și rulate de către clienții firmei *Stone & Webster Engineering Corp.* direct pe serverul firmei.

3.2.4 *Assisting Process Planning of Friction Welding (Determinarea asistată a tehnologiei de sudare prin frecare)*

Sistemul expert a fost realizat de către *SUYOTO, Toshiro KUROZAWA, Koichi OGAWA* și *Akinobu TAKEHARA* de la *Mechanical Systems Engineering, Osaka Prefecture University*.

Autorii pleacă de la observația că determinarea condițiilor optime de sudare, chiar și pentru un expert în domeniul sudării prin frecare necesită un număr mare de experimente și timp. În acest scop autorii au dezvoltat un sistem expert capabil să determine condițiile corespunzătoare de sudare pentru diferite materiale. Baza de cunoștințe a sistemului este alcătuită din ecuații empirice și tehnologii de sudare obținute experimental sau din literatură.

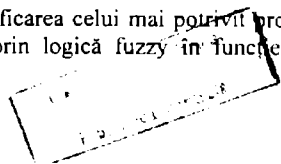
Sistemul a dovedit că este capabil să ofere tehnologii de sudare corespunzătoare pentru o gamă largă de materiale, fără a fi necesare decât eventuale câteva experimente suplimentare pentru punerea la punct a detaliilor tehnologice.

3.3 Descrierea Sistemului Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune

În acest capitol urmează să fie descrise pe rând modulele Sistemului Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune (SESEP). Atunci când este cazul va fi descris și modul de interconexiune a acestora.

3.3.1 *Alegerea Procedurii de Sudare Electrică prin Presiune (APSEP)*

Scopul modulului APSEP este de a ajuta la identificarea celui mai potrivit procedeu de sudare electrică prin presiune. Alegerea se realizează prin logică fuzzy în funcție de tipul îmbinării care se sudează.



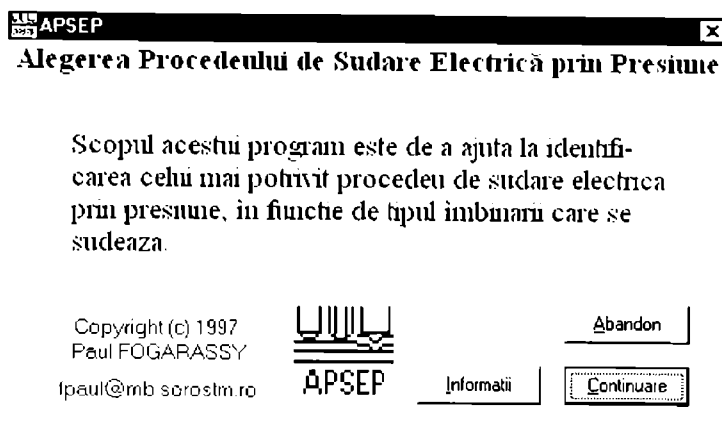


Figura 3.3.1.1 Fereastra de introducere a programului APSEP

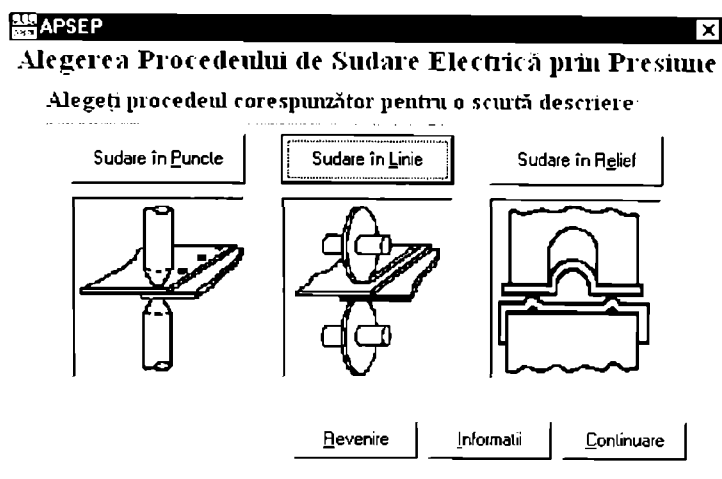


Figura 3.3.1.2 Fereastra de prezentare a celor trei procedee de sudare

În figura 3.3.1.1 este prezentată fereastra de introducere a programului APSEP. Acesta este unul dintre modulele Sistemului Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune (SESEP).

În fereastra de introducere, selectarea butonului **Abandon** permite părăsirea modulului APSEP și eventual revenirea în SESEP dacă modulul nu a fost lansat ca aplicație independentă.

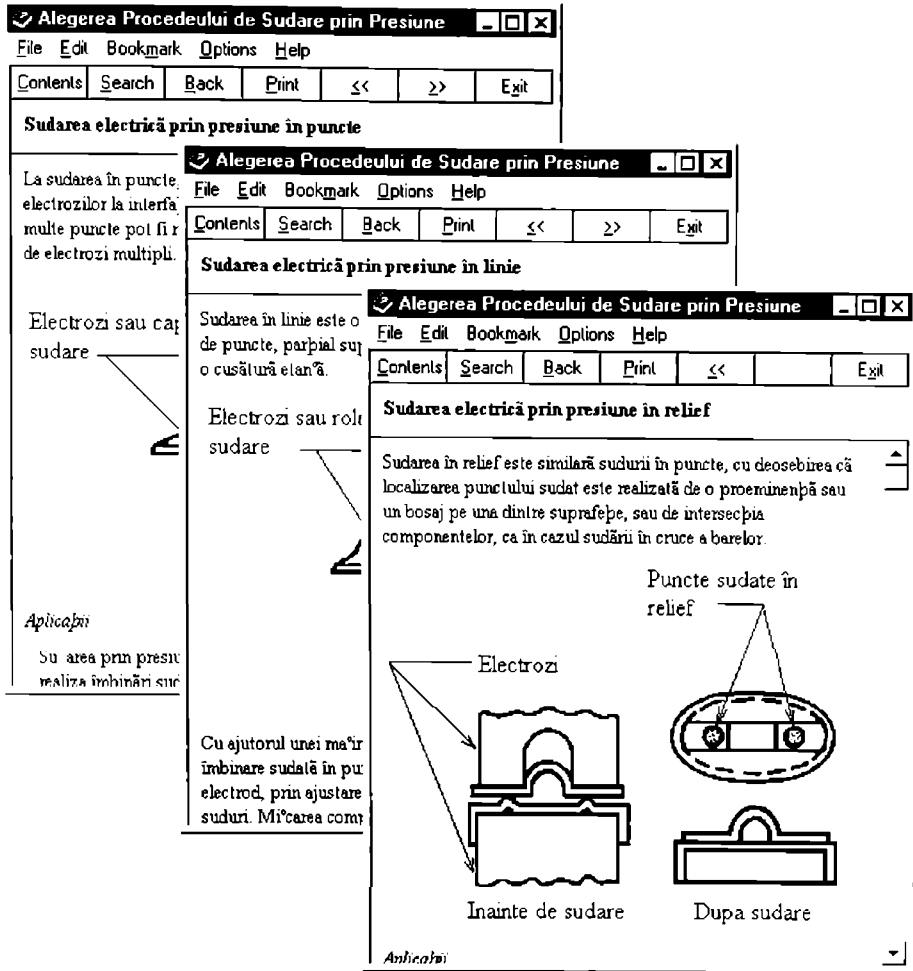


Figura 3.3.1.3 Ferestre Help de pentru descrierea procedeelor de sudare

În toate ferestrele, alegerea butonului **Informatii** (Help în engleză) permite afișarea într-o fereastră separată a informațiilor cu caracter general despre program sau, după caz, informații specifice ferestrei în care s-a făcut apelarea.

Dacă în fereastra de introducere (figura 3.3.1.1) se alege butonul **Continuare** se afișează fereastra prezentată în figura 3.3.1.2. Această fereastră permite prezentarea unei descrieri pe scurt a celor trei procedee de sudare care sunt avute în vedere: sudarea electrică prin presiune în puncte, linie și relief.

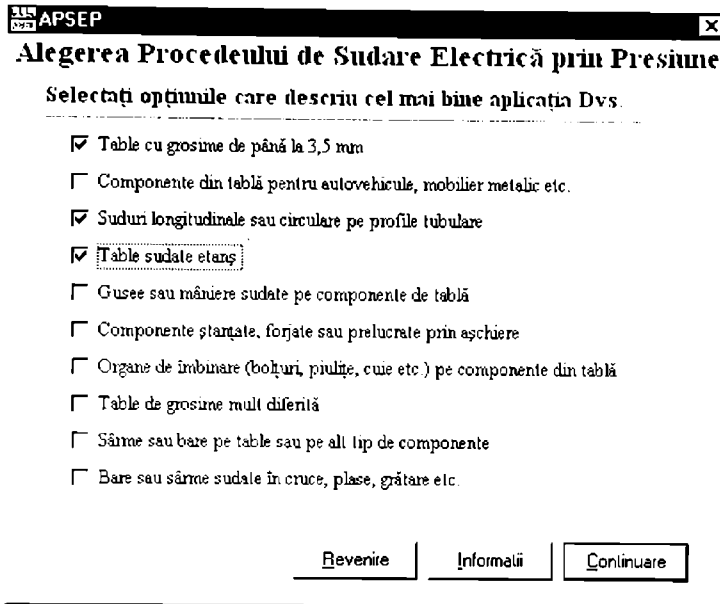


Figura 3.3.1.4 Fereastra pentru specificarea tipului de îmbinare sudată

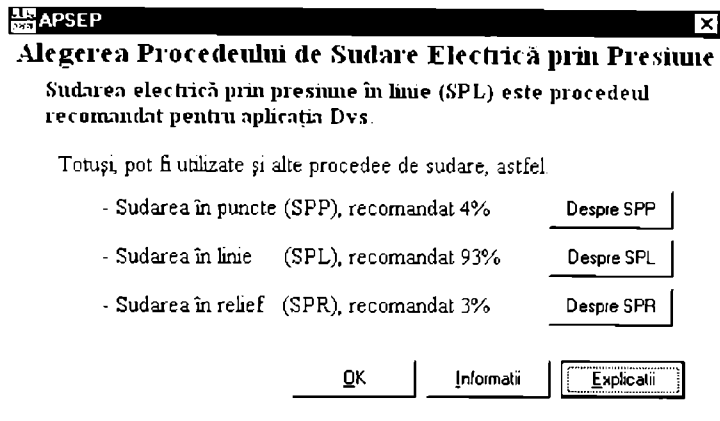


Figura 3.3.1.5 Fereastra de recomandare a procedului de sudare

Informațiile despre cele trei procedee de sudare sunt prezentate în ferestre *Help* standard, care prezintă toate facilitățile specifice acestui tip de aplicație, în general cunoscut utilizatorilor.

În fereastra din figura 3.3.1.2 (ca de altfel și în celelalte ferestre) butonul **Revenire** permite revenirea la fereastra anterioară, iar butonul **Continuare** permite trecerea la fereastra următoare.

În figura 3.3.1.3 sunt prezentate câteva ferestre Help afișate după alegerea butoanelor **Sudare în Puncte**, **Sudare în Linie** și respectiv **Sudare în Relief** din fereastra prezentată în figura 3.3.1.2.

Scopul ferestrei prezentată în figura 3.3.1.2 este de a ajuta un nespecialist să înțeleagă mecanismele de formare ale îmbinării sudate prin cele trei procedee și tipurile de îmbinări la care aceste procedee pot fi aplicate. Se are în vedere faptul că programul APSEP este util în special utilizatorilor neinițiați în domeniul sudării electrice prin presiune.

Dacă în fereastra prezentată în figura 3.3.1.2 se alege butonul **Continuare** se afișează fereastra pentru specificarea tipului de îmbinare sudată, prezentată în figura 3.3.1.4. Cu ajutorul acestei ferestre pot fi specificate condițiile de sudare și tipul îmbinării.

În figura 3.3.1.4 opțiunile selectate sunt specifice pentru sudarea prin presiune a tubulaturilor din table subțiri pentru circulația sau păstrarea fluidelor, la care îmbinările trebuie să fie bineînțeleș etanșe.

Figura 3.3.1.5 prezintă recomandarea programului rezultată din exemplul de selecție prezentat în figura 3.3.1.4, după alegerea butonului **Continuare**.

Algoritmul care permite un asemenea rezultat se bazează pe faptul pentru fiecare aplicație (figura 3.3.1.4), procedeele de sudare au o anumită proporție de recomandare. Rezultatul afișat de program reprezintă o medie ponderată a acestor proporții, fiecare tip de aplicație având la rândul său un coeficient de pondere, funcție de natura acesteia.

Tabelul 3.3.1.1 Coeficienții utilizați în relația (3.3.1.1)

Nr. apl.	Aplicația	CPA	CRP Pct.	CRP Lin.	CRP Rel.
1	Table cu grosime de până la 3,5 mm	1	95	1	4
2	Componente din tablă pentru autovehicule, mobilier metalic etc.	1	90	0	10
3	Suduri longitudinale sau circulare pe profile tubulare	50	0	100	0
4	Table sudate etanș	100	5	90	5
5	Gusee sau mâniere sudate pe componente de tablă	1	25	0	75
6	Componente ștanțate, forjate sau prelucrate prin așchiere	20	5	0	95
7	Organe de îmbinare (bolțuri, piulițe, cuie etc.) pe comp. din tablă	50	0	0	100
8	Table de grosime mult diferită	30	10	0	90
9	Sârme sau bare pe table sau pe alt tip de componente	100	0	0	100
10	Bare sau sârme sudate în cruce, plase, grătare etc.	100	0	0	100

Relația matematică pe baza căreia de poate calcula ponderea de recomandare a fiecărui procedeu pe baza unei selecții realizate în fereastra 3.3.1.4 este prezentată în relația (3.3.1.1).

$$PRP_p = \frac{\sum_{j=1}^{10} (CPA_j \cdot CRP_{pj})}{\sum_{j=1}^{10} CPA_j}, \quad (3.3.1.1)$$

unde: PRP_p este proporția de recomandare a procedurii p [%];
 CPA_j este coeficientul de pondere a aplicației j ;
 CRP_{pj} este coeficientul de recomandare a procedurii p în cazul aplicației j [%];
 p este unul dintre cele trei procedee de sudare (sudare electrică prin presiune în puncte, linie sau relief).

Coefficienții de pondere a aplicațiilor și coeficienții de recomandare a procedeele sunt prezentați în tabelul 3.3.1.1 pentru fiecare aplicație.

Tipic pentru aplicațiile de tip Sistem Expert este posibilitatea utilizatorului de a "cere explicații" în legătură cu concluziile la care a ajuns programul [16], [23]. Această facilitate a fost prevăzută și pentru programul APSEP.

La selectarea butonului **Explicații** în fereastra prezentată în figura 3.3.1.5 apare fereastra *Explicații* prezentată în figura 3.3.1.6.

Explicații

Pentru fiecare tip de aplicație, procedeele de sudare au o anumită proporție de recomandare. Rezultatul afișat de program reprezintă o medie ponderată a acestor proporții, fiecare tip de aplicație având un coeficient de pondere, funcție de natura acesteia.

În continuare se prezintă proporțiile de recomandare și coeficienții de pondere pentru fiecare tip de aplicație selectată.

Tip de aplicație selectată	%SPP	%SPL	%SPR	Coefpond.
Table cu grosime de până la 3,5 mm	95	1	4	1
Suduri longitudinale sau circulare pe profile tubulare	0	100	0	50
Table sudate etanș	5	90	5	100

Figura 3.3.1.6 Fereastra de explicații

Așa cum se poate observa, în această fereastră sunt prezentați tabelar coeficienții de pondere a aplicațiilor și coeficienții de recomandare a procedeele, pe baza cărora s-a ajuns la concluzia prezentată în fereastra 3.3.1.5. Butonul **OK** închide această fereastră care este modală.

APSEP
X

Alegerea Procedului de Sudare Electrică prin Presiune

Opțiunile selectate sunt confuze. În aceste condiții nu se poate recomanda nici un procedeu de sudare.

Reveniți la fereastra anterioară și selectați opțiunile care descriu cel mai bine aplicația Dvs.

Selectați unul dintre butoanele alăturate pentru informații suplimentare legate de procedeele de sudare.

Figura 3.3.1.7 Mesajul în cazul opțiunilor confuze

Există posibilitatea ca în fereastra prezentată în figura 3.3.1.4, pentru specificarea condițiilor de sudare, opțiunile selectate să fie confuze sau contradictorii. De exemplu nu este logic să fie selectată condiția "Table sudate etanș" și "Bare sau sârme sudate în cruce, plase, grătare etc.". Aceste condiții sunt confuze și deci nu este posibilă recomandarea nici unui procedeu de sudare.

Într-o asemenea situație, fereastra de recomandare a procedeeleor de sudare are aspectul din figura 3.3.1.7. La alegerea butonului **Explicatii** în această situație, fereastra de Explicații prezintă două dintre opțiunile selectate care sunt contradictorii. Utilizatorul va trebui să renunțe la una dintre aceste opțiuni.

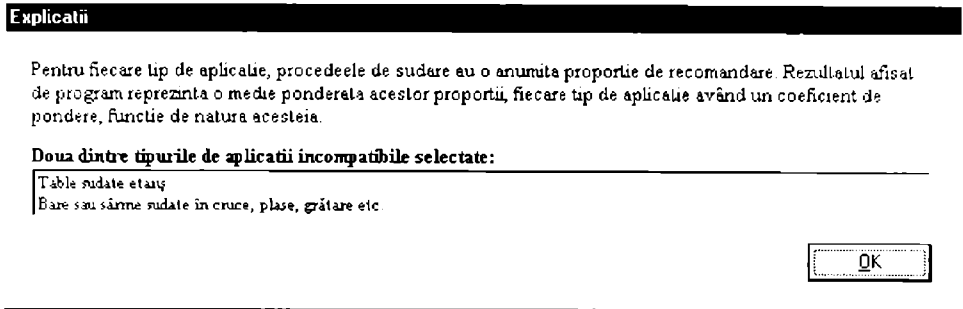


Figura 3.3.1.8 Fereastra de explicații în cazul opțiunilor confuze

O altă posibilitate, prevăzută de program este situația în care utilizatorul nu a selectat nici o opțiune în fereastra pentru specificarea tipului de îmbinare sudată. Este de presupus că aceasta nu este doar o greșeală de operare; probabil că nici una dintre opțiunile prevăzute nu descrie corespunzător aplicația avută în vedere. Pentru această situație se afișează fereastra din figura 3.3.1.9.

Așa cum s-a arătat deja, pe parcursul funcționării programului APSEP (ca de altfel și în cazul tuturor aplicațiilor componente ale Sistemului Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune), utilizatorul este asistat de opțiunea Informații (echivalentul comenzii Help).

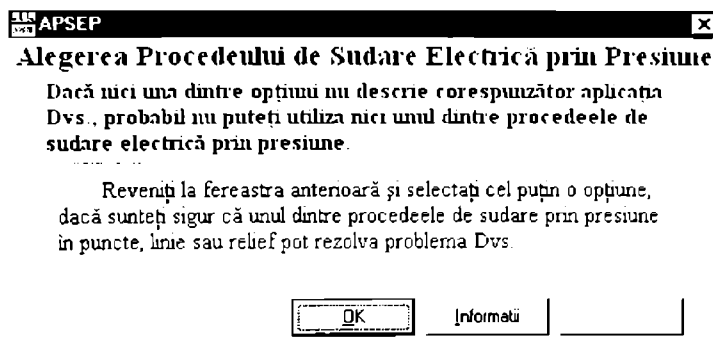


Figura 3.3.1.9 Mesajul în cazul în care nu se alege nici o opțiune

În figura 3.3.1.10 este prezentat articolul de început (Cuprinsul) documentului electronic care alcătuiește fișierul APSEP-r.hlp (r - pentru versiunea în limba română, e - pentru versiunea în limba engleză, d - pentru versiunea în limba germană, f - pentru versiunea în limba franceză). Pe măsură ce există cerere din partea pieței se are în vedere realizarea de versiuni și în alte limbi: totuși, având în vedere segmentul foarte îngust de utilizatori auți în vedere, probabil că aceste limbi sunt suficiente.

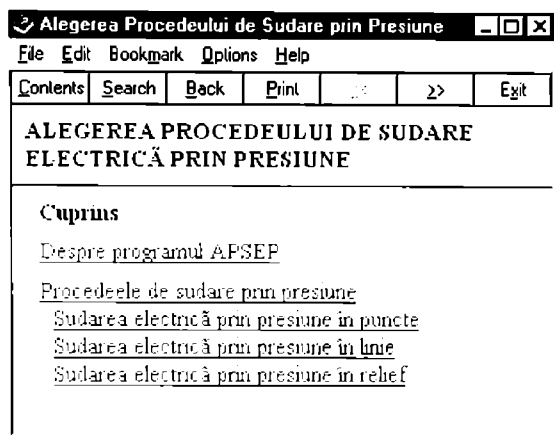


Figura 3.3.1.10 Cuprinsul general al fișierului Help

Prima trimitere din fereastra prezentată în figura 3.3.1.10, "Despre programul APSEP", descrie succesiv fiecare fereastră de dialog care apare în timpul funcționării.

Celelalte trimiteri descriu (respectiv) în general procedeele de sudare electrică prin presiune și apoi fiecare dintre cele trei procedee avute în vedere.

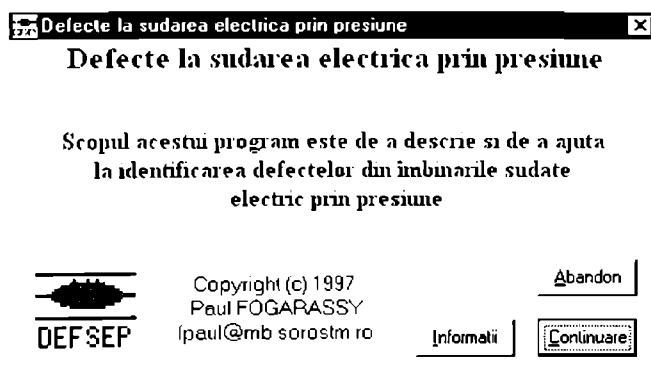


Figura 3.3.2.1 Fereastra de intrare a aplicației DefSEP

3.3.2 Sistem informatic pentru identificarea defectelor la sudarea electrică prin presiune (DefSEP)

Sistemul informatic pentru identificarea *Defectelor la Sudarea Electrică prin Presiune (DefSEP)* ajută utilizatorul să identifice defectele specifice îmbinărilor sudate electric prin presiune. Programul face parte din *Sistemul Expert pentru Sudarea prin Presiune*. Acesta a fost conceput modular, astfel încât fiecare aplicație, deci și DefSEP, să poată rula independent.

După afișarea ferestrei de intrare, prezentată în figura 3.3.2.1, programul afișează fereastra principală, prezentată în figura 3.3.2.2. În fiecare dintre ferestrele aplicației butoanele **Continuare** și **Revenire** permit parcurgerea logică a secvențelor necesare pentru identificarea defectelor. Deasemenea, butoanele **Abandon** și **Informatii**, care apar în fiecare fereastră permit respectiv părăsirea programului și afișarea unei ferestre Help contextuale.

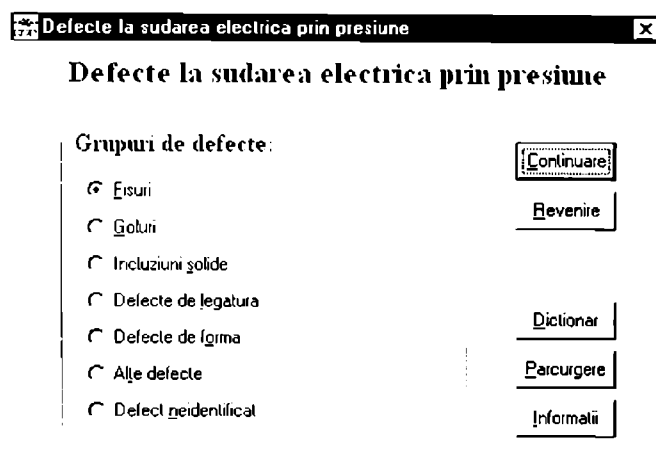


Figura 3.3.2.2 Fereastra principală a aplicației DefSEP

Programul permite parcurgerea bazei de date cu defectele specifice îmbinărilor sudate prin presiune, prin funcția **Parcugere**. În acest mod se afișează succesiv toate defectele din baza de date, fără nici o filtrare. Baza de date conține următoarele informații despre fiecare defect: *Simbol*, *Denumire*, *Sinonim*, *Definiție*, *Denumirea* în limbile engleză, franceză și germană, precum și cauzele care conduc la apariția defectului respectiv și modalitățile de evitare a acestora. În figura 3.3.2.3 sunt prezentate câteva exemple de defecte.

Fereastra bazei de date permite utilizatorului să copieze conținutul oricărui câmp în propriul document ceea ce ușurează utilizarea programului pentru crearea de rapoarte în orice editor sub Windows. În figurile care prezintă aspectul defectelor, acestea sunt colorate cu roșu. În dreptul fiecărui defect se găsește un număr care reprezintă codul acestuia conform STAS 7084/2-82.

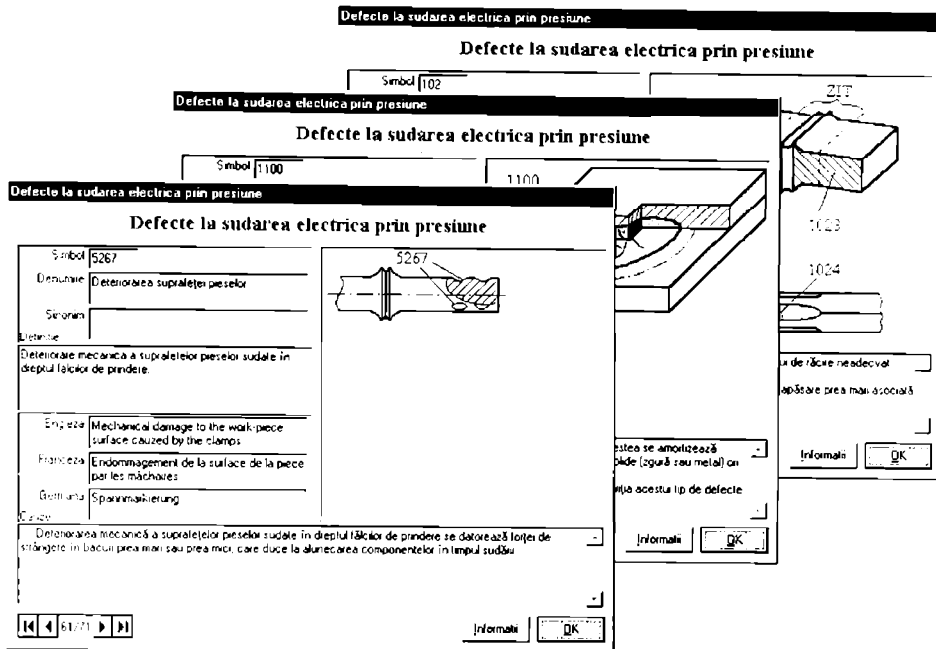


Figura 3.3.2.3 Câteva exemple de defecte

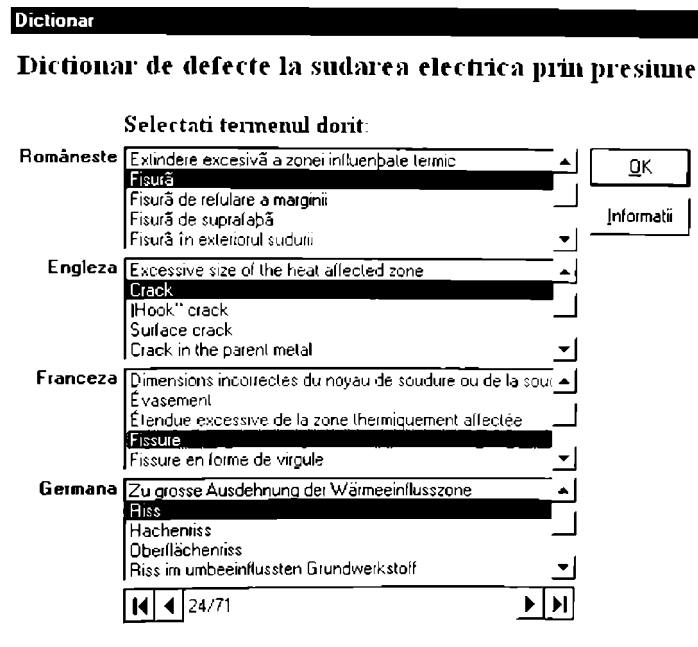


Figura 3.3.2.4 Fereastra dictionarului de defecte la sudarea electrică prin presiune

Programul prezentat, DefSEP, permite accesarea unui alt modul (care poate funcționa și independent) numit “**Dicționar de defecte la sudarea electrică prin presiune**”. Acesta este un dicționar electronic Român - Englez - Francez - German de termeni conecși defectelor îmbinărilor sudate prin presiune [1], [45]. Cu ajutorul acestui modul se poate găsi echivalentul unui termen dintr-una din cele patru limbi în celelalte trei limbi. În figura 3.3.2.4 se prezintă fereastra principală a acestui modul. Pentru a rula acest sub-modul se alege butonul **[Dicționar]** din fereastra prezentată în figura 3.3.2.2.

Pentru a utiliza dicționarul se selectează lista de cuvinte corespunzătoare limbii în care se cunoaște denumirea termenului dorit. Apoi se alege acest cuvânt din listă, fie prin parcurgerea listei cu tastele cursor sau cu bara de derulare a listei, fie prin introducerea succesivă a primei litere din cuvânt până la găsirea termenului dorit [1].

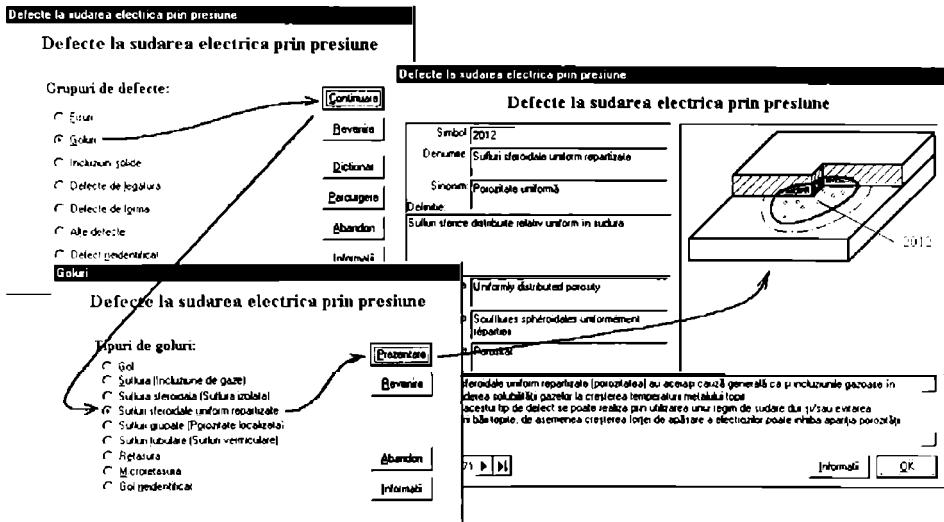


Figura 3.3.2.5. Succesiunea operațiilor pentru selectarea unui defect

În figura 3.3.2.5 este prezentată succesiunea de operații necesară pentru identificarea unui defect. Un anumit defect poate fi regăsit prin specificarea în fereastra principală (figura 3.3.2.2 sau figura 3.3.2.5 stânga-sus) a grupei din care face parte (*Fisură*, *Gol*, *Incluziune solidă*, *Defect de legătură*, *Defect de formă* sau *Alte defecte*) și apoi alegerea defectului dorit dintre defectele grupei respective. Figura 3.3.2.6 prezintă ferestrele secundare care permit specificarea defectului din cadrul grupei alese.

Prezentarea unui defect dintr-o fereastră secundară se face fie prin selectarea defectului dorit și apoi alegerea butonului **[Prezentare]**, fie prin dublu-click pe numele defectului a cărui prezentare se dorește. În urma uneia dintre aceste acțiuni se afișează fereastra bazei de date poziționată pe articolul corespunzător defectului selectat.

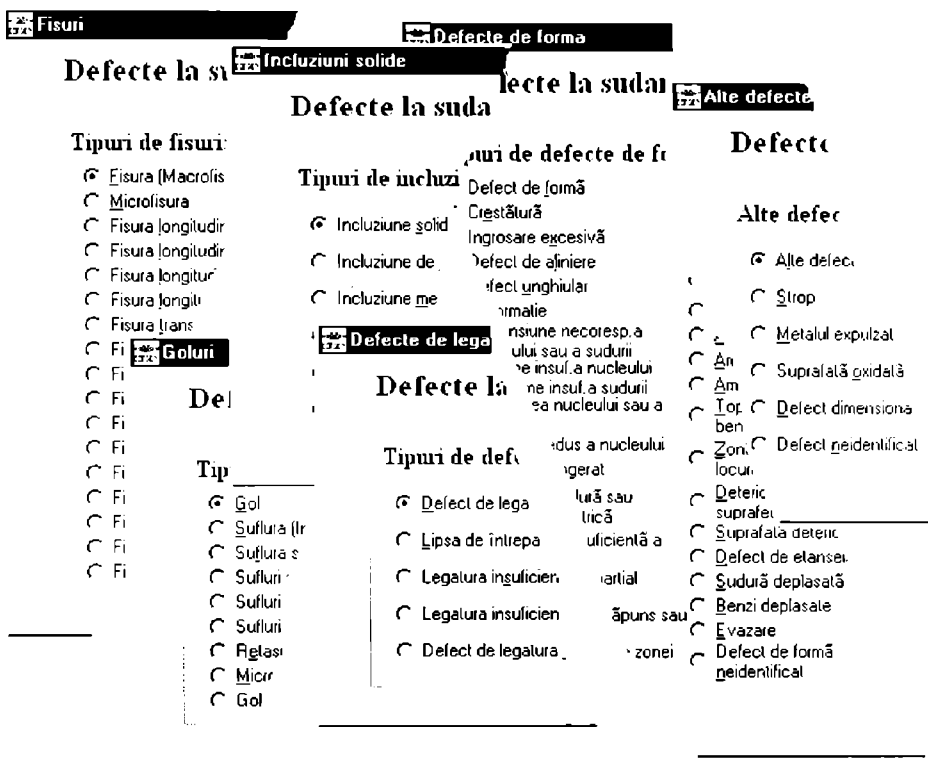


Figura 3.3.2.6. Ferestrele secundare pentru prezentarea defectelor

Dacă nu se cunoaște numele defectului și grupa din care face parte, se alege opțiunea "Defect necunoscut" din fereastra principală, sau după caz, ultima opțiune din ferestrele secundare (*Fisură neidentificată*, *Gol neidentificat* etc.). Fereastra de dialog care urmează permite filtrarea bazei de date conform informațiilor cerute: *Procedeu de sudare*, *Defect de suprafață sau interior*, *Locul defectului* și *Aspectul defectului*. Figura 3.3.2.7 prezintă această fereastră de filtrare.

În funcție de fereastra din care este apelată, fereastra de filtrare poate avea unele opțiuni active în fereastra de filtrare de bază, dezactivate. Acest lucru împiedică introducerea unor opțiuni greșite, ceea ce ar duce la afișarea unor baze de date vide (adică fără nici un articol).

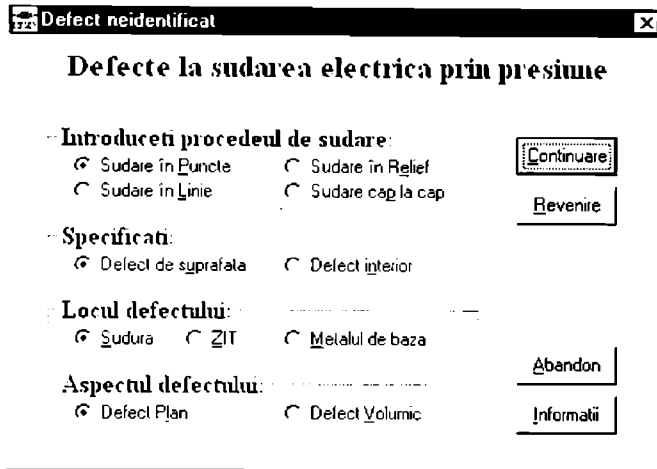


Figura 3.3.2.7 Fereastra de filtrare în cazul defectelor neidentificate

Butonul **Informatii**, prezent în toate ferestrele, permite afișarea unei ferestre *Help* contextuale, adică informațiile prezentate se referă la fereastra care a apelat această funcție.

În continuare se prezintă funcțiile butoanelor din fereastra *Help*:

- **Contents** - afișează prima fereastră, de introducere;
- **Search** - permite căutarea unei informații specifice, fie după cuvinte cheie (figura 3.3.2.8), fie pe baza unui fișier index al tuturor cuvintelor din fișier (tab. *Find*);
- **Back** - revine la fereastra afișată anterior;
- **Print** - listează la imprimantă conținutul articolului afișat;
- **<<** și **>>** - parcurge secvențial fișierul înapoi respectiv înainte, articol cu articol;
- **Exit** - abandonează fișierului *Help*.

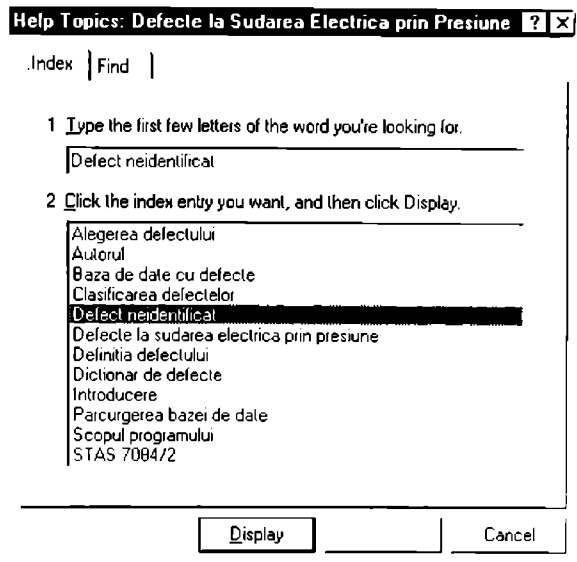


Figura 3.3.2.8 Fereastra Search

Așa cum se poate observa, programul **DeSEP** permite nu numai accesul facil la informațiile necesare, dar oferă și instrumente de filtrare logică a informației. În plus, utilizatorul este asistat în timpul rulării de o fereastră *Help* contextuală.

Defecte la sudarea electrică prin presiune

Defecte la sudarea electrică prin presiune

Simbol:	102
Denumire:	Fisură transversală
Sinonim:	
Delimitare:	
Fisura a carei direcție principală este aproximativ perpendiculară pe suprafețele de contact. După locul în care sunt situate, fisurile transversale pot fi în metalul de	
Engleza:	Transverse crack
Franceza:	Fissure transversale
Germana:	Querriss

1024 ZIT 1023 1024

7/71 Cauze Evitare Informatii OK

Figura 3.3.2.9 Fereastra de prezentare a defectelor

Cauze

Fisură transversală

Fisurile transversale se pot datora fragilizării metalului în zona sudării, datorită regimului de răcire neadecvat.

În cazul îmbinărilor cap la cap, fisurile transversale se inițiază, de obicei, în bavură.

În cazul îmbinărilor în puncte, linii și relief fisurile transversale se pot datora forței de apăsare prea mari asociată cu fragilizarea metalului.

Evitare Informatii OK

Figura 3.3.2.10 Fereastra cu explicarea cauzelor defectelor

În figura 3.3.2.9 este prezentată fereastra de prezentare a defectelor. Butonul **Cauze** permite alinierea ferestrei secundare *Cauze* (figura 3.3.2.10), care prezintă, pentru fiecare defect în parte, cauzele posibile ale acestuia. Alegerea butonului **Evitare** afișează fereastra secundară *Evitare*, care prezintă câteva indicații tehnologice pentru a evita defectul prezentat.

Butoanele **Cauze** și **Evitare** sunt prezente, cu aceeași funcție și în ferestrele, respectiv *Evitare* și *Cauze*. Acest lucru permite utilizatorului trecerea facilă de la o fereastră la alta.

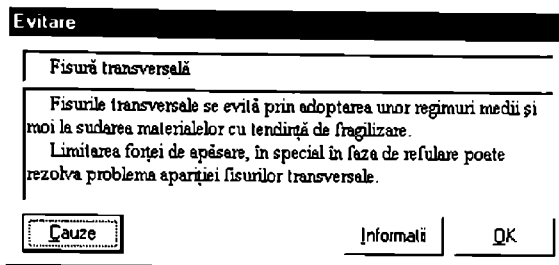


Figura 3.3.2.11 Fereastra recomandări de evitare a defectelor

În tabelul 3.3.2.1 este prezentată o parte din tabelul *Defecte* din baza de date *Defecte.mdb* (creată în *Access 97*). Baza de date conține mai multe informații necesare operațiilor de filtrare, precum și reprezentările grafice ale defectelor.

Tabelul 3.3.2.1 Prezentare parțială a tabelului *Defecte* din baza de date *Defecte.mdb*

Denumire	Cauze	Evitare
Amprentă adâncă	Amprenta prea adâncă se datorează, în general, unei forțe de apăsare prea mari corelată cu o cantitate de căldură exagerată introdusă în îmbinare (curent de sudare și timp de încălzire exagerat). Acest defect poate să apară și în cazul în care dimensiunile și forma electrozilor nu sunt corespunzătoare (diametru prea mic sau rază la vârf prea mică).	Amprenta prea adâncă se poate evita prin utilizarea unor electrozi tronconici cu diametrul vârfului mai mare, sau electrozi cu vârf sferic cu rază mare (peste 50 - 75 mm). Uneori amprenta prea adâncă poate fi eliminată prin sudarea cu un regim mai dur (curent mai mare și timp de încălzire mai scurt).
Amprentă defectuoasă	Amprenta defectuoasă la sudarea în puncte se datorează alinierii greșite a electrozilor, sau poziției incorecte a componentelor.	Acest tip de defect se poate preveni de obicei prin alinierea corectă a electrozilor sau utilizarea electrozilor cu vârf sferic.
Amprentă lată	Amprenta prea lată se datorează diametrului prea mare al vârfului electrozilor; aceasta se poate datora, la rândul său, uzării în timp a electrozilor.	Pentru evitarea amprentei prea late se recomandă utilizarea electrozilor cu diametrul vârfului mai mic, sau a electrozilor cu vârf sferic. De asemenea se recomandă ascuțirea mai des a electrozilor.
Amprentă neuniformă	Amprenta neuniformă la sudarea în puncte se datorează alinierii greșite a electrozilor, sau poziției incorecte a componentelor. Amprenta de formă neregulată se poate datora uzării în timp a electrozilor.	Uneori acest tip de defect se poate corecta prin utilizarea electrozilor cu vârf sferic; se recomandă ascuțirea mai des a electrozilor.
Benzi deplasate	Deplasarea benzilor la sudarea în linie cu bandă se datorează alinierii incorecte a roletelor de sudare sau a sistemului de alimentare cu bandă. Avansul incorect al componentelor, poate de asemenea deplasa benzile.	Se recomandă alinierea corectă și rigidă a roletelor de sudare și a sistemului de alimentare cu bandă. Avansul componentelor trebuie să fie strict perpendicular pe axa roletelor.
Crestătură	Crestătura este adâncitura care se formează pe suprafața sudurii la îmbinări sudate cap la cap prin topire intermediară, cu arc electric rotitor sau prin frecare; pentru aceste procedee o crestătură de dimensiuni rezonabile este acceptabilă. Crestătura este în general neacceptată la sudarea în stare solidă.	Evitarea unei crestături de dimensiuni prea mari se face prin reglarea corespunzătoare a forței de apăsare, în special în faza de refluxare. Reducerea dimensiunilor crestăturii se poate realiza și prin reducerea lungimii libere inițiale a componentelor.
Defect de aliniere	Defectul de aliniere se datorează prinderii incorecte a componentelor în bacurile mașinii de sudare. De obicei acest defect se manifestă atunci când bacurile sunt uzate sau derulate. Capacitatea portantă la tracțiune a unei asemenea îmbinări este mai redusă, deoarece întinderea este excentrică.	Defectul de aliniere se evită prin reglarea corespunzătoare a bacurilor mașinii de sudat și/sau prinderea corectă în bacuri a componentelor de sudat.
Defect de etanșeitate	Etanșeitatea este principala cerință calitativă pentru îmbinările sudate în linie. În cazul în care punctele sudate nu sunt suprapuse parțial, apare lipsa de etanșeitate.	Pentru a remedia acest defect, trebuie scăzut timpul de răcire și/sau crescut timpul de încălzire. Dacă acest lucru nu este suficient atunci trebuie crescută valoarea curentului de sudare.
Defect de formă	Defectele de formă reprezintă abateri ale formei îmbinării sudate sau ale suprafeței exterioare față de forma, respectiv suprafața corectă. Forma sau suprafața corectă a îmbinării sudate, precum și abaterile admise sunt specificate în caietul de sarcini sau în proiectul de execuție al produsului.	Evitarea acestei categorii de defecte se realizează prin reglarea corespunzătoare a parametrilor și condițiilor de sudare.

III - Sistem Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune

Denumire	Cauze	Evitare
Defect de legătură	Defectele de legătură caracterizează sudarea imperfectă a componentelor. Cauzele acestor defecte sunt legate de parametrii de sudare necorespunzători, în general datorită energiei de sudare insuficiente (curent prea mic, timp de sudare prea scurt).	Evitarea defectelor de legătură se poate realiza prin creșterea energiei introduse în îmbinare: creșterea curentului de sudare, creșterea timpului de sudare.
Defect unghiular	Defectul unghiular se datorează prinderii incorecte a componentelor în bacurile mașinii de sudare. De obicei acest defect se manifestă atunci când bacurile sunt uzate sau dereglate. Capacitatea portantă la tracțiune a unei asemenea îmbinări este mai redusă, deoarece pe lângă solicitarea de întindere apare și încovoierea.	Defectul de aliniere se evită prin reglarea corespunzătoare a bacurilor mașinii de sudat și/sau prinderea corectă în bacuri a componentelor de sudat.
Depunere de metal electrod-piesă	Depunerile de metal din electrod pe suprafața pieselor sunt datorate unui curent de sudare prea mare, asociat cu o forță de apăsare insuficientă; acest lucru duce la supraîncălzirea interfeței electrod-piesă. Depunerile sunt favorizate de aderențele pe suprafața electrozilor.	Evitarea depunerilor de metal de pe suprafața electrozilor pe componente se poate realiza mai ales prin scăderea curentului de sudare; creșterea forței de apăsare poate de asemenea să rezolve această problemă. Uneori îndepărtarea impurităților dielectrice de la suprafața componentelor (oxizi, praf) poate preîntâmpina acest tip de defect.
Deschidere excesivă a tablelor	Deschiderea excesivă a tablelor este un defect tipic pentru îmbinările sudate electric prin presiune în relief. Acest lucru se datorează, de obicei curentului de sudare sau timpului de încălzire insuficient. La sudarea în puncte, acest defect este cauzat de forța de apăsare exagerată, care conduce la deformări locale importante, în special în cazul electrozilor cu vârf sferic cu rază mică.	În cazul deschiderii excesive a tablelor la sudarea în relief se recomandă creșterea forței de apăsare în faza finală a ciclului de sudare (forjare). Dacă acest lucru nu este posibil sau este inefficient se recomandă creșterea timpului de încălzire. La sudare în puncte se recomandă scăderea forței de apăsare.
Deteriorarea suprafeței pieselor	Deteriorarea mecanică a suprafețelor pieselor sudate în dreptul fălcilor de prindere se datorează forței de strângere în bacuri prea mari sau prea mici, care duc la alunecarea componentelor în timpul sudării.	Pentru a evita topirile locale pe suprafața pieselor sudate în dreptul elementelor de contact se recomandă creșterea sau scăderea (după caz) a forței de strângere în bacuri și curățarea bacurilor și componentelor în zona de prindere.
Diametru exagerat	Diametrul exagerat al punctului sudat nu afectează negativ rezistența la forțare prin tracțiune a îmbinării sudate. Totuși, un diametru exagerat al punctului poate afecta aspectul îmbinării printr-o zonă influențată termic (ZIT) exagerată. Acest defect se datorează, în general, diametrului exagerat al vârfului electrodului.	În cazul acestui tip de defect se recomandă reducerea energiei introduse în îmbinare, în special prin reducerea timpului de încălzire. Dacă după aceasta continuă să apară impropșări de material, se recomandă creșterea forței de apăsare.
Diametru redus al nucleului	Diametrul redus al nucleului afectează direct (și cvasi-linear) capacitatea portantă a îmbinării sudate în puncte. Principala cauză care conduce la un diametru redus al punctului sudat este curentul de sudare insuficient; este o greșală să se încerce compensarea lipsei de curent prin creșterea exagerată a timpului de încălzire.	Pentru a preîntâmpina apariția acestui defect se recomandă creșterea curentului de sudare. Creșterea semnificativă a curentului de sudare trebuie însoțită de o creștere corespunzătoare a forței de apăsare. Doar dacă acest lucru nu mai este posibil, sau duce la apariția impropșărilor de material topit și a arsurilor, se va încerca creșterea timpului de încălzire.
Dimensiune necorespunzătoare a nucleului sau a sudurii	Dimensiunea necorespunzătoare a nucleului sau sudurii față de forma prescrisă afectează rezistența la diferite solicitări a îmbinării sudate. Din această categorie de defecte fac parte: grosimea insuficientă a nucleului sau sudurii (S211), îngroșarea nucleului sau sudurii (S212), diametrul redus al nucleului (S213), diametrul exagerat al nucleului (S214), nucleu de sudură sau sudură asimetrică (S215) și pătrunderea insuficientă a nucleului (S216).	Pentru a se obține un nucleu sudat de dimensiuni corespunzătoare trebuie aleși corespunzător parametrii de sudare. Curentul de sudare și dimensiunile vârfului electrodului sunt parametrii care influențează hotărâtor forma și dimensiunile sudurii. Timpul de sudare este un parametru care controlează volumul nucleului topit, dar peste o anumită limită acest parametru nu mai are nici un efect. Ajustarea forței de apăsare este mai puțin eficientă, totuși poate reduce pierderile prin impropșare a metalului topit din nucleu.
Evazare	Evazarea componentelor cu pereți subțiri la sudarea cap la cap se datorează, în special, lungimii libere inițiale a componentelor prea mare; aceasta trebuie corelată cu rigiditatea pieselor. Acest defect poate să apară de asemenea atunci când curentul de sudare este prea mare, timpul de încălzire este prea lung sau forța de apăsare este exagerată.	Se recomandă scurțarea lungimii libere inițiale a componentelor. De asemenea se recomandă scăderea cantității de căldură introdusă în îmbinare (curent mai mic și/sau timp de încălzire mai scurt), corelată cu scăderea forței axiale, în special în faza de refluxare.
Extindere excesivă a zonei influențate termic	Extinderea excesivă a zonei influențate termic (ZIT) favorizează apariția fisurilor de diferite tipuri în cazul materialelor susceptibile la fragilizare. Pe de altă parte, aspectul îmbinării poate fi afectat de acest defect. Plastifierea materialului componentelor pe o suprafață mare favorizează, de asemenea, deformări permanente post-sudare.	Reducerea zonei influențată termic este posibilă prin scăderea la minim a timpului de încălzire. Dacă acest lucru afectează capacitatea portantă a îmbinării, atunci se recomandă trecerea la un regim de sudare mai mare (curent de sudare mai mare, timp de încălzire mai scurt și forță de apăsare mai mare).
Fisură	Fisurile se datorează, în general, regimului de răcire necorespunzător al metalului de bază. Cel mai probabil, fisurile se datorează forței de forjare prea mici sau prea mari. În cazul oțelului moale și al aliajelor ușoare fisurile sunt asociate cu rețetura și se amorsează în zona acesteia. În cazul aliajelor ușoare apariția fisurilor este favorizată de inerția relativ mare a capului de sudare, care nu permite urmărirea deformărilor care apar în timpul formării și răcirii nucleului topit.	În cazul oțelurilor susceptibile la fragilizare trebuie asigurat un tratament termic post sudare, eventual concomitent cu creșterea forței de apăsare (forjare). Uneori, se recomandă o fază de preîncălzire și sudarea cu regim mediu sau mare. Aliajele ușoare trebuie sudate pe mașini de sudat speciale cu inerție mică a capului. Se recomandă creșterea forței în faza de forjare.

III - Sistem Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune

Denumire	Cauze	Evitare
Fisură de refulare a marginii	<p>Fisurile de refulare a marginii sunt tipice îmbinărilor sudate cap la cap în stare solidă; acestea pot să apară de asemenea și în cazul îmbinărilor sudate prin topire intermediară sau prin frecare.</p> <p>Cauzele acestui tip de fisuri sunt forța de refulare prea mare și bineînțeles fragilizarea materialului din zona marginii.</p>	<p>Pentru a evita fisurile de refulare a marginii se recomandă reducerea forței în faza de refulare. În cazul metalelor cu tendință de fragilizare se recomandă utilizarea unor regimuri medii sau chiar moi.</p>
Fisură de suprafață	<p>Fisurile de suprafață sunt specifice îmbinărilor sudate în puncte, linie și relief. Acestea se situează preponderent în zona de contact dintre electrozi și piese; în cazul electrozilor cu vârf tronconic (de tip B) fisurile se găsesc la periferia amprentei, în zona muchiș; în cazul electrozilor cu vârf sferic (de tip F dar mai ales E) fisurile apar în zona centrală a amprentei.</p>	<p>Pentru evitarea fisurilor de suprafață se recomandă utilizarea unor electrozi cu vârf sferic, de tip A, cu raza minimă de 50 mm. Se recomandă de asemenea, evitarea sudării componentelor murdare cu oxizi sau alte impurități dielectrice solide.</p>
Fisură în exteriorul sudurii	<p>Fisurile în metalul de bază se datorează forței de forjare prea mari (la sudarea cap la cap).</p> <p>În cazul sudării în puncte, linie și relief, fisurile în metalul de bază se datorează cu preponderență calității metalului de bază. În cazul particular al sudării în relief, fisurile pot apărea în metalul de bază înainte de sudare, în timpul realizării bosajelor.</p>	<p>Limitarea forței de apăsare, în special în faza de refulare, poate rezolva problema apariției fisurilor transversale în exteriorul sudurii.</p>
Fisură în planul de separație	<p>Fisurile în planul de separație sunt în general amorstate în concentratorul natural de tensiune de la marginea îmbinării. Aceste fisuri sunt asociate cu creșterile marginale (la sudarea cap la cap) sau cu legătura insuficientă și lipsa de topire.</p> <p>Acest tip de fisuri se poate datora încălzirii insuficiente a capetelor componentelor în cazul sudării cap la cap. La sudarea în puncte, linie și relief cauza majoră care conduce la acest tip de defect este curentul prea mic.</p>	<p>Evitarea fisurilor în planul de separație se evită, ca și în cazul lipsei de topire sau a legăturii insuficiente, prin creșterea curentului de sudare, eventual asociat cu scăderea forței de apăsare, în special în faza de refulare.</p>
Fisură în zona influențată termic (ZIT)	<p>Fisurile în zona influențată termic (ZIT) se datorează forței de forjare prea mari (la sudarea cap la cap), asociate (eventual) cu pierderea ductilității.</p> <p>În cazul sudării în puncte, linie și relief fisurile în ZIT se datorează fie regimului de sudare prea moale (situație în care ZIT-ul crește excesiv), fie regimului de sudare prea dur, care conduce la apariția unor gradienti de temperatură prea mari.</p>	<p>În cazul oțelurilor susceptibile la fragilizare trebuie asigurat un tratament termic post sudare, eventual concomitent cu creșterea forței de apăsare (forjare). Uneori, se recomandă o fază de preîncălzire și sudarea cu regim mediu sau moale.</p>
Fisură la marginea nucleului	<p>Fisurile la marginea nucleului pot fi amorstate în concentratorul de tensiune natural de la marginea îmbinării sudate sau pot fi amorstate în interiorul sudurii.</p> <p>Acest tip de defect poate avea ca și cauză specifică (pe lângă celelalte cauze comune fisurilor) forma și dimensiunile incorecte ale capetelor electrozilor de contact la sudarea în puncte, sau profilul incorect al roletelor de contact la sudarea în linie; la sudarea în relief, forma și dimensiunile incorecte ale bosajelor pot conduce la acest tip de defecte.</p>	<p>Pentru a evita fisurile la marginea nucleului care apar în timpul exploatării se recomandă creșterea dimensiunilor punctului sudat fie direct, prin creșterea diametrului vârfului electrozilor, fie indirect, prin creșterea cantității de energie introdusă în îmbinare (timp de sudare mai mare și/sau curent mai mare).</p> <p>Fisurile la marginea nucleului care apar imediat după sudare se pot evita prin metode specifice evitării fisurilor tratament termic post sudare, eventual preîncălzire și utilizarea unor regimuri medii sau moi.</p>
Fisură longitudinală	<p>Fisurile longitudinale (ca și fisurile în general) se datorează regimului de răcire necorespunzător. Acestea se datorează forței de forjare prea mici, asociată cu pierderea ductilității.</p> <p>În cazul îmbinărilor cap la cap, fisurile longitudinale sunt (de obicei) intercrystaline și urmăresc direcția de laminare.</p>	<p>La sudarea prin presiune în puncte, linie și relief, fisurile longitudinale se evită prin creșterea forței de apăsare în faza de forjare și evitarea regimurilor dure la sudarea materialelor cu tendință de fragilizare.</p> <p>La sudarea cap la cap, trebuie încălzite suficient capetele componentelor, iar forța de refulare trebuie limitată.</p>
Fisură longitudinală în metalul de bază	<p>Fisurile longitudinale în metalul de bază se datorează forței de forjare prea mari, asociată (eventual) cu pierderea ductilității.</p> <p>În cazul îmbinărilor cap la cap, fisurile longitudinale în metalul de bază sunt (de obicei) intercrystaline și urmăresc direcția de laminare.</p>	<p>La sudarea prin presiune în puncte, linie și relief, fisurile longitudinale se evită prin limitarea forței de apăsare și preferarea regimurilor medii și moi la sudarea materialelor cu tendință de fragilizare.</p> <p>La sudarea cap la cap, trebuie încălzite suficient capetele componentelor, iar forța de refulare trebuie limitată.</p>
Fisură longitudinală în sudură	<p>Fisurile longitudinale în sudură sunt asociate forței de forjare prea mici, caz în care acestea se amorstate în retasuri sau microretasuri. În timpul exploatării, fisurile longitudinale în sudură se pot amorosa în zona concentratorilor de tensiune.</p> <p>La îmbinările sudate cap la cap, acest defect se poate datora forței de refulare prea mari, care duce la eliminarea în bavură a metalului plastefiat; astfel ajung în contact porțiuni de metal insuficient încălzite. În această situație poate să apară și lipsa de sudare, defect cu care fisurile longitudinale în sudură pot fi ușor confundate.</p>	<p>La sudarea prin presiune în puncte, linie și relief, fisurile longitudinale se evită prin creșterea forței de apăsare în faza de forjare și evitarea regimurilor dure la sudarea materialelor cu tendință de fragilizare.</p> <p>La sudarea cap la cap, trebuie încălzite suficient capetele componentelor, iar forța de refulare trebuie limitată.</p>
Fisură longitudinală în zona influențată termic (ZIT)	<p>Fisurile longitudinale în zona influențată termic (ZIT) se datorează forței de forjare prea mari, asociată (eventual) cu pierderea ductilității.</p> <p>În cazul îmbinărilor cap la cap, fisurile longitudinale în ZIT sunt (de obicei) intercrystaline și urmăresc direcția de laminare.</p>	<p>La sudarea prin presiune în puncte, linie și relief, fisurile longitudinale se evită prin limitarea forței de apăsare și preferarea regimurilor medii și moi la sudarea materialelor cu tendință de fragilizare.</p> <p>La sudarea cap la cap, trebuie încălzite suficient capetele componentelor, iar forța de refulare trebuie limitată.</p>

III - Sistem Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune

Denumire	Cauze	Evitare
Fisura stelată	<p>Fisurile stelate sunt, de obicei, asociate cu retaturile sau microretasurile, din care acestea se amortizează.</p> <p>Cauzele fisurilor stelate sunt, în general, defectele punctiforme de tipul incluziunilor solide (zgură sau metal) ori gazoase (pori)</p> <p>Ca și în cazul tuturor fisurilor, fragilizarea metalului este o factor care favorizează apariția acestui tip de defecte.</p>	<p>În cazul ștețurilor susceptibile la fragilizare trebuie asigurat un tratament termic post sudare, eventual concomitent cu creșterea forței de apăsare (forjare). Uneori se recomandă o fază de preîncălzire și sudarea cu regim mediu sau moale.</p> <p>Aliajele ușoare trebuie sudate pe mașini de sudat speciale, cu inerție mică a capului. Se recomandă creșterea forței în faza de forjare.</p>
Fisură transversală	<p>Fisurile transversale se pot datora fragilizării metalului în zona sudării, datorită regimului de răcire neadecvat.</p> <p>În cazul îmbinărilor cap la cap, fisurile transversale se inițiază, de obicei, în bătură.</p> <p>În cazul îmbinărilor în puncte, linie și relief fisurile transversale se pot datora forței de apăsare prea mari asociată cu fragilizarea metalului.</p>	<p>Fisurile transversale se evită prin adoptarea unor regimuri medii și moi la sudarea materialelor cu tendință de fragilizare. Limitarea forței de apăsare, în special în faza de încălzire poate rezolva problema apariției fisurilor transversale.</p>
Fisură transversală în metalul de bază	<p>Fisurile transversale în metalul de bază pot să apară la îmbinările cap la cap; acestea sunt intermetalice și urmăresc direcția de laminare. Ele se datorează forței axiale prea mari.</p>	<p>Limitarea forței de apăsare, în special în faza de refulare poate rezolva problema apariției fisurilor transversale în metalul de bază.</p>
Fisură transversală în sudură	<p>Fisurile transversale în sudură se datorează forței prea mari în faza de încălzire.</p> <p>În cazul îmbinărilor în puncte, linie și relief fisurile transversale în sudură sunt de obicei asociate cu amprentă adâncă.</p>	<p>Fisurile transversale se evită prin adoptarea unor regimuri medii și moi la sudarea materialelor cu tendință de fragilizare. Limitarea forței de apăsare, în special în faza de încălzire poate rezolva problema apariției fisurilor transversale în sudură.</p>
Gol	<p>În funcție tipul lor, golurile pot avea cauze foarte diverse. Acestea pot să apară, practic, la orice tip de îmbinare sudată.</p>	<p>Evitarea golurilor se poate realiza în general prin utilizarea regimurilor de sudare dure și creșterea forței de apăsare în special în faza de refulare.</p>
Gropte	<p>Adânciturile locale pe suprafața piesei în zona nucleului sudurii (sau gropițele) se datorează curentului de sudare exagerat, corcâlat cu o forță de apăsare prea mică, ceea ce duce la împroșcări de metal de la interfața electrod-pieșă; împroșcările se pot datora și impurităților de pe suprafața componentelor (în general oxizi).</p> <p>La sudarea tablelor acoperite, gropițele se provin din deteriorarea stratului acoperitor, datorită regimului de sudare incorect.</p>	<p>Pentru a evita gropițele, trebuie corelată corect forța de apăsare cu curentul de sudare. Atunci când acest lucru nu este posibil, trebuie trecut la un regim mai moale.</p> <p>Este important să se evite sudarea tablelor acoperite cu oxizi sau impurități cu caracter dielectric. Uleiul sau vaselina nu influențează calitatea îmbinării sudate, deoarece aceasta este îndepărtată de forța de apăsare în faza inițială, dar aceasta favorizează aderențele de praf care pot duce la arsuri pe suprafața componentelor.</p>
Grosime insuficientă a nucleului sau lățime insuficientă a nucleului sau lățime insuficientă a sudurii	<p>Grosimea insuficientă a nucleului sau lățime insuficientă a sudurii se datorează în general energiei termice insuficiente introduse în îmbinare.</p> <p>La sudarea în puncte acest defect este cauzat de un timp de încălzire insuficient. De asemenea punctul sudat poate avea o grosime insuficientă în cazul în care diametrul vârfului electrozilor este prea mare, caz în care diametrul punctului este prea mare. În cazul în care forța de apăsare a electrozilor este prea mare, nucleul lichid poate fi, integral sau parțial expulzat din îmbinare; în acest caz apare și amprentă exagerată. Uneori uzarea vârfului electrozilor poate conduce la acest tip de defect.</p> <p>La sudarea cap la cap, sudura poate avea o lățime insuficientă dacă timpul de încălzire este insuficient, dacă forța de apăsare este prea mare (caz în care materialul încălzit este expulzat în bătură), sau dacă lungimea liberă a componentelor este prea mică (în special la aliajele de cupru și aliajele ușoare).</p>	<p>Pentru a se obține un nucleu topt cu grosime mai mare sau cordon sudat mai lat, este necesară în primul rând creșterea curentului de sudare și eventual creșterea timpului de trecere a curentului.</p> <p>Dacă diametrul vârfului electrozilor este prea mic (curentul de sudare este greșit controlat) sau prea mare (densitate de curent insuficientă) acesta trebuie ajustat corespunzător. În cazul în care acest defect apare în timp, vârful electrozilor trebuie refăcut la intervale mai scurte de timp. Dacă defectul este însoțit și de amprentă exagerată, forța de apăsare trebuie scăzută. Dacă amprenta exagerată este însoțită și de arsuri la interfața electrod-pieșă, atunci probabil că forța este prea mică. În ambele cazuri pot fi observate expulzări de material.</p> <p>La sudarea cap la cap se recomandă creșterea lungimii libere inițiale a componentelor cu sau fără creșterea curentului și/sau timpului de încălzire.</p>
Incluziune de metal netopit	<p>Incluziunile de metal netopit incluse în baia metalică solidificată provin din impuritățile de pe suprafața componentelor.</p>	<p>Evitarea incluziunilor de metal netopit presupune curățarea suprafețelor componentelor înainte de sudare.</p>
Incluziune de oxid	<p>Incluziunile de oxizi incluse în baia metalică solidificată provin de obicei din impuritățile de pe suprafața componentelor, dar (mai rar) pot proveni și din metalul de bază.</p>	<p>Evitarea incluziunilor de oxizi presupune curățarea suprafețelor componentelor înainte de sudare.</p>
Incluziune de zgură	<p>Incluziunile de zgură incluse în baia metalică solidificată sunt tipice îmbinărilor cap la cap sudate prin topire intermediară; acestea provin din impuritățile de pe suprafața componentelor sau se pot datora oxidării băii topite datorită protecției insuficiente a acesteia. Incluziunile de zgură sunt asociate uneori cu incluziunile de oxid.</p>	<p>Evitarea incluziunilor de zgură presupune curățarea suprafețelor componentelor înainte de sudare.</p>
Incluziune metalică	<p>Incluziunile metalice incluse în baia metalică solidificată provin din impuritățile de pe suprafața componentelor.</p>	<p>Evitarea incluziunilor metalice presupune curățarea suprafețelor componentelor înainte de sudare.</p>
Incluziune solidă	<p>Incluziunile solide reprezintă oxizi, zgură sau particule de metal netopit incluse în baia metalică solidificată. Acestea provin de obicei din impuritățile de pe suprafața componentelor, dar (mai rar) pot proveni și din metalul de bază.</p>	<p>Evitarea incluziunilor în general presupune curățarea suprafețelor componentelor înainte de sudare.</p>

III - Sistem Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune

Denumire	Cauze	Evitare
Îngroșare excesivă	Îngroșarea excesivă reprezintă o creștere exagerată a secțiunii îmbinării în zona sudată. Acest defect are următoarele cauze: lungime liberă inițială a componentelor prea mare, cantitate de energie introdusă în îmbinare prea mare (de obicei timp de încălzire prea lung) și forță axială exagerată.	Evitarea îngroșării excesive se face prin reglarea corespunzătoare a forței de apăsare, în special în faza de refluxare. De asemenea cantitatea de energie introdusă în faza de încălzire (controlată prin curent de sudare și timp de încălzire) trebuie redusă. Cea mai eficientă metodă de reducere a grosimii constă în reducerea lungimii libere inițiale a componentelor.
Îngroșarea nucleului sau a sudurii	Îngroșarea exagerată a nucleului sau sudurii se datorează în general energiei termice excesive introduse în îmbinare. La sudarea în puncte, îngroșarea excesivă nu afectează capacitatea portantă a îmbinării, dar aceasta este însoțită de obicei și de alte defecte, cum sunt amprenta prea adâncă a electrodului (52642) sau amprentă defectuoasă (5264); aceste defecte însoțitoare pot să afecteze însă rezistența îmbinării sudate.	În cazul acestui tip de defect se recomandă reducerea energiei introduse în îmbinare, în special prin reducerea timpului de încălzire. Dacă după aceasta continuă să apară împingări de material, se recomandă creșterea forței de apăsare.
Legătură insuficientă	Legătura insuficientă este caracterizată prin mărirea insuficientă a sudurii în suprafețele de contact. Acest lucru se datorează energiei de sudare insuficiente (de obicei curent prea mic), geometriei necorespunzătoare a îmbinării, sau forței de apăsare insuficiente în cazul îmbinărilor cap la cap. Uneori legătura insuficientă este asociată cu alte defecte localizate în planul de separație.	Evitarea defectelor de legătură se poate realiza prin creșterea energiei introduse în îmbinare: creșterea curentului de sudare, creșterea timpului de sudare. În cazul în care curentul de sudare este sub o anumită limită, creșterea timpului de încălzire nu are efect. În cazul îmbinării sudate cap la cap se recomandă creșterea forței de apăsare.
Legătură insuficientă a benzilor	Legătura insuficientă a benzilor, la sudare în linie cu bandă este caracterizată prin mărirea insuficientă a sudurii în suprafețele de contact dintre piesa și banda. Acest lucru se datorează energiei de sudare insuficiente (de obicei curent prea mic) sau geometriei necorespunzătoare a îmbinării.	Evitarea legăturii insuficiente a benzilor se poate realiza, după caz, prin creșterea curentului de sudare și/sau scăderea vitezei de sudare.
Lipsă de întrepătrundere	Lipsa de întrepătrundere caracterizează sudarea imperfectă a componentelor. Cauzele lipsei de întrepătrundere sunt legate de parametrii de sudare necorespunzători, în general datorită energiei de sudare insuficiente (curent prea mic, timp de sudare prea scurt). Lipsa de întrepătrundere se caracterizează la sudarea în puncte, linie și relief printr-o sudare în stare solidă cu capacitate portantă redusă; acest fenomen poate îngreuna diagnosticarea corectă a defectului, dar este caracterizat de ruperea nucleului în planul de separație.	Evitarea defectelor de legătură se poate realiza prin creșterea energiei introduse în îmbinare: creșterea curentului de sudare, creșterea timpului de sudare. În cazul în care curentul de sudare este sub o anumită limită, creșterea timpului de încălzire nu are efect.
Metal expulzat între suprafețele interioare	Expulzarea metalului dintre suprafețele interioare se datorează curentului de sudare prea mare, (situație în care expulzarea are loc la începutul ciclului de sudare), forței de apăsare prea mari sau timpului de încălzire prea lung (cazuri în care expulzarea are loc la sfârșitul ciclului de sudare). Forța de apăsare prea mică poate de asemenea să producă stropi la suprafața dintre componente.	Pentru a reduce expulzările de metal se recomandă reducerea curentului de sudare sau sudare cu curent continuu. Corelarea corectă a forței de apăsare cu curentul de sudare reduce deasemenea cantitatea de material expulzat în timpul sudării.
Microfisura	Ca și în cazul fisurilor, microfisurile se datorează, regimului de răcire necorespunzător al metalului de bază. Cel mai probabil, microfisurile se datorează forței de forjare prea mici sau prea mari. În cazul aliajelor ușoare apariția fisurilor și microfisurilor este favorizată de inerția relativ mare a capului de sudare, care nu permite urmărirea deformațiilor care apar în timpul formării și răcirii nucleului topit.	În cazul oțelurilor susceptibile la fragilizare trebuie asigurată un tratament termic post sudare, eventual concomitent cu creșterea forței de apăsare (forjare). Uneori, se recomandă o fază de preîncălzire și sudarea cu regim mediu sau moale. Aliajele ușoare trebuie sudate pe mașini de sudat speciale, cu inerție mică a capului. Se recomandă creșterea forței în faza de forjare.
Microretasura	Microretasura (ca și retasura) se datorează contracției metalului topit în timpul solidificării; aceasta este situată de obicei în planul de separație, în zona centrală a sudurii. Apariția acestui defect este favorizată de un volum mare al nucleului sau băii topite. Microretasura se deosebește de porozitate prin aspectul neregulat, colțuros.	Pentru a evita acest tip de defect se recomandă creșterea forței de apăsare a electrozilor (la sudarea în puncte, linie și relief) sau creșterea forței de forjare la sudarea cap la cap.
Nucleu de sudură sau sudură asimetrică	La sudarea în puncte nucleul sudat poate fi mai dezvoltat într-una din componente; acest lucru se întâmplă în componenta mai groasă, în componența cu conductivitate termică mai mică sau în componența mai puțin răcită (electrod cu suprafața de contact mai mică). Asimetria axială a nucleului se poate datora: electrozilor greșit aliniați, efectului de șuntare în punctul anterior sudat, sau proximitatea marginii componentei. La sudarea cap la cap, asimetria îmbinării față de planul sudurii se datorează sudării componentelor cu proprietăți termice diferite și lungimii libere inițiale diferite sau dimensiunii diferite a componentelor care se sudează.	În cazul în care acest tip de defect nu poate fi acceptat, se recomandă utilizarea electrozilor cu diametru mai mare pe componenta mai groasă sau pe componenta cu conductivitate termică mai mică. Se va verifica alinierea electrozilor și eventual se va suda cu electrozii cu vârf sferic. Se recomandă respectarea distanței minime dintre punctele sudate și a distanței până la marginea componentelor. La sudarea cap la cap asimetria poate fi (în anumite limite) controlată prin lungimea liberă a componentelor. Se recomandă o lungime liberă mai mică în cazul componentei mai subțiri sau cu conductivitate termică mai redusă.

III - Sistem Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune

Denumire	Cauze	Evitare
Pătrunderea insuficientă a nucleului	Pătrunderea insuficientă a nucleului se datorează în general energiei termice insuficiente introduse în îmbinare. Acest defect este cauzat de un timp de încălzire insuficient. De asemenea punctul sudat poate avea o grosime insuficientă în cazul în care diametrul vârfului electrozilor este prea mare, caz în care diametrul punctului este prea mare. În cazul în care forța de apăsare a electrozilor este prea mare, nucleul lichid poate fi, integral sau parțial expulzat din îmbinare; în acest caz apare și amprentă exagerată.	Pentru a se obține o pătrundere mai mare, este necesară în primul rând creșterea curentului de sudare și eventual creșterea timpului de trecere a curentului. Dacă diametrul vârfului electrozilor este prea mic (curentul de sudare este greșit controlat) sau prea mare (densitate de curent insuficientă) acesta trebuie ajustat corespunzător. În cazul în care acest defect apare în timp, vârful electrozilor trebuie refăcut la intervale mai scurte de timp. Dacă defectul este însoțit și de amprentă exagerată, forța de apăsare trebuie scăzută. Dacă amprenta exagerată este însoțită și de arsuri la interfața electrod-piese, atunci probabil că forța este prea mică. În ambele cazuri pot fi observate expulzări de material.
Punct de sudură parțial străpuns	Punctul de sudură poate fi străpuns în cazul în care volumul său este prea mare relativ la grosimea componentelor și/sau forța de apăsare este prea mare. Acest defect este însoțit de deteriorarea suprafeței componentelor (S262), amprentă defectuoasă (S264) și mai ales, amprentă prea adâncă (S2642). Aceste defecte, peste un anumit prag, afectează negativ rezistența îmbinării.	Pentru a reduce volumul nucleului topit trebuie redusă cantitatea de energie introdusă în îmbinare. Acest lucru trebuie în primul rând realizat prin scăderea timpului de încălzire și doar în al doilea rând prin scăderea curentului de sudare. Pentru a evita străpungerea, trebuie redusă forța de apăsare. Aceasta însă fiind corelată cu curentul de sudare, s-ar putea să fie necesară reducerea concomitentă atât a forței cât și a curentului de sudare. Uneori acest lucru trebuie compensat prin creșterea timpului de încălzire; în concluzie este necesară trecerea la un regim de sudare mai moale.
Punct de sudură străpuns sau sudură străpunsă	Punctul de sudură poate fi străpuns în cazul în care volumul său este prea mare relativ la grosimea componentelor și/sau forța de apăsare este prea mare. Acest defect este însoțit de deteriorarea suprafeței componentelor (S262), amprentă defectuoasă (S264) și mai ales, amprentă prea adâncă (S2642). Aceste defecte, peste un anumit prag, afectează negativ rezistența îmbinării.	Pentru a reduce volumul nucleului topit trebuie redusă cantitatea de energie introdusă în îmbinare. Acest lucru trebuie în primul rând realizat prin scăderea timpului de încălzire și doar în al doilea rând prin scăderea curentului de sudare. Pentru a evita străpungerea, trebuie redusă forța de apăsare. Aceasta însă fiind corelată cu curentul de sudare, s-ar putea să fie necesară reducerea concomitentă atât a forței cât și a curentului de sudare. Uneori acest lucru trebuie compensat prin creșterea timpului de încălzire; în concluzie este necesară trecerea la un regim de sudare mai moale.
Retasură	Retasura se datorează contracției metalului topit în timpul solidificării; aceasta este situată de obicei în planul de separație, în zona centrală a sudurii. Apariția acestui defect este favorizată de un volum mare al nucleului sau băii topite.	Pentru a evita acest tip de defect se recomandă creșterea forței de apăsare a electrozilor (la sudarea în puncte, linie și relief) sau creșterea forței de forjare (la sudarea cap la cap).
Strop	Stropii pot să apară la sudarea cap la cap prin topire intermediară sau cu arc electric rotitor. În general se admite o cantitate limitată de stropi, dar aceștia strică aspectul componentelor sau pot să compromită caracterul inoxidabil al unor aliaje.	Evitarea stropirilor se realizează prin scăderea curentului de sudare. În cazuri extreme (când reducerea curentului de sudare nu este posibilă sau nu are efect) se poate recurge la protecția zonei de sudare cu inele ceramice.
Sudură deplasată	Deplasarea cusăturii față de poziția prescrisă, la sudarea cap la cap, se datorează în principal, prelucrării defectuoase a suprafeței frontale a componentelor.	Pentru a evita acest defect suprafața frontală trebuie să fie riguros perpendiculară pe axa componentelor. Scurtarea lungimii libere inițiale a componentelor poate deasemenea rezolva această problemă.
Sulfură	Golurile (sau incluziunile gazoase) sunt localizate exclusiv în sudură. Ele se datorează scăderii solubilității gazelor (hidrogenul face excepție) la creșterea temperaturii metalului topit, datorită vitezei de răcire foarte mari, gazele nu au timp să se dizolve din nou în topitură și se regăsesc astfel sub formă de sulfuri.	Pentru a evita incluziunile de gaze se recomandă utilizarea unor regimuri dure de sudare și/sau evitarea supraîncălzirii băii topite; de asemenea creșterea forței de apăsare a electrozilor poate inhiba apariția și dezvoltarea sulfurilor.
Sulfură sferoidală	Sulfurile sferoidale (izolate) au aceeași cauză generală ca și incluziunile gazoase în general: scăderea solubilității gazelor la creșterea temperaturii metalului topit. Aceste sulfuri pot fi asociate cu retasura sau se pot datora altor factori locali. Evitarea acestui tip de defect se poate realiza prin utilizarea unui regim de sudare dur și/sau evitarea supraîncălzirii băii topite; de asemenea creșterea forței de apăsare a electrozilor poate inhiba apariția și dezvoltarea sulfurilor izolate.	Pentru a evita sulfurile sferoidale se recomandă utilizarea unor regimuri dure de sudare și/sau evitarea supraîncălzirii băii topite; de asemenea creșterea forței de apăsare a electrozilor poate inhiba apariția și dezvoltarea sulfurilor.
Sulfuri grupate	Sulfurile grupate (porozitatea localizată) au aceeași cauză generală ca și incluziunile gazoase în general: scăderea solubilității gazelor la creșterea temperaturii metalului topit. În plus, există un factor local favorizant. Evitarea acestui tip de defect se poate realiza prin utilizarea unui regim de sudare dur și/sau evitarea supraîncălzirii băii topite; de asemenea creșterea forței de apăsare a electrozilor poate inhiba apariția porozității.	Pentru a evita porozitatea localizată se recomandă utilizarea unor regimuri dure de sudare și/sau evitarea supraîncălzirii băii topite; de asemenea creșterea forței de apăsare a electrozilor poate inhiba apariția și dezvoltarea sulfurilor. Se recomandă curățarea suprafeței componentelor de oxizi sau materiale acoperitoare cu punct de vaporizare scăzut, cum este zincul.

Denumire	Cauze	Evitare
Sulfuri sferoidale uniform repartizate	Sulfurile sferoidale uniform repartizate (porozitatea) au acciași cauză generală ca și incluziunile gazoase în general: scăderea solubilității gazelor la creșterea temperaturii metalului topit.	Pentru a evita porozitatea se recomandă utilizarea unor regimuri dure de sudare și/sau evitarea supraîncălzirii băii topite; de asemenea creșterea forței de apăsare a electrozilor poate inhiba apariția și dezvoltarea sulfurilor. Se recomandă curățarea suprafeței componentelor de oxizi sau materiale acoperitoare cu punct de vaporizare scăzut, cum este zincul.
Sulfuri tubulare	Sulfurile tubulare (vermiculare) au acciași cauză generală ca și incluziunile gazoase în general: scăderea solubilității gazelor la creșterea temperaturii metalului topit; direcția acestora urmărește este în general direcția gradientului termic (direcția de creștere a dendritelor).	Pentru a evita sulfurile vermiculare se recomandă utilizarea unor regimuri dure de sudare și/sau evitarea supraîncălzirii băii topite; de asemenea creșterea forței de apăsare a electrozilor poate inhiba apariția și dezvoltarea sulfurilor. Se recomandă curățarea suprafeței componentelor de oxizi sau materiale acoperitoare cu punct de vaporizare scăzut, cum este zincul.
Suprafață cu proeminențe	Proeminențele apărute în vecinătatea amprentei electrozului se datorează, în general, unei forțe de apăsare prea mari corelată cu o cantitate de căldură exagerată introdusă în îmbinare (curent de sudare și timp de încălzire exagerat). Acest defect poate să apară și în cazul în care dimensiunile și forma electrozilor nu sunt corespunzătoare, sau în cazul în care există aderențe pe suprafața electrozilor.	Preîntâmpinarea proeminențelor care apar în vecinătatea electrozului se poate realiza prin utilizarea unor electrozi tronconici cu diametrul vârfului mai mare, sau electrozi cu vârf sferic cu rază mare (peste 50 - 75 mm) Uneori proeminențele pot fi eliminate prin sudarea cu un regim mai dur (curent mai mare și timp de încălzire mai scurt).
Suprafață oxidată	Oxidarea suprafeței în zona sudurii se datorează unui regim de sudare prea moale, datorită cantității de căldură prea mari introduse în zona de sudare.	Evitarea acestui defect se face prin utilizarea unui regim de sudare dur (curent de sudare mare și timp de încălzire scurt).
Topire superficială a benzii	Topirea superficială a benzilor, la sudarea în linie cu bandă, se datorează unui curent de sudare prea mare, asociat cu o forță de apăsare prea mică.	Topirea superficială a benzilor poate fi evitată prin sudarea cu un curent mai mic și/sau o viteză de sudare mai mare. Forța de apăsare trebuie corect corelată cu curentul de sudare.
Zonă supraîncălzită în locurile de contact	Topirile locale pe suprafața pieselor sudate în dreptul elementelor de contact, se datorează contactului imperfect dintre bacuri și componentele de sudat. Acest lucru se datorează: forței de strângere în bacuri insuficiente, uzurii avansate a bacurilor și impurității (în special oxizi) pe suprafața componentelor sau bacurilor.	Pentru a evita topirile locale pe suprafața pieselor sudate în dreptul elementelor de contact se recomandă creșterea forței de strângere în bacuri și curățarea bacurilor și componentelor în zona de prindere.

3.3.3 Resurse Bibliografice în domeniul Sudării Electrice prin Presiune (RBSEP)

Scopul modului RBSEP este de a permite accesul rapid și selectiv la cele mai importante resurse bibliografice din domeniul Sudării Electrice prin Presiune. Documentele sunt accesibile în diferite formate:

- format *.doc - vizibil cu WordViver prezent împreună cu kit-ul de instalare al aplicației;
- format *.hlp - vizibil în mod natural din Windows prin aplicația WinHelp prezentă pe orice calculator unde este instalat Windows-ul) [3], [4], [5], [18];
- format HTML - vizibil cu orice browser; testele s-au făcut cu Netscape Navigator și MS Internet Explorer, care este prezent împreună cu kit-ul de instalare [17].

Ca și celelalte module ale Sistemului Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune (SESEP) și RBSEP poate funcționa ca aplicație independentă. Aspectul și semnificația butoanelor este identică cu a celorlalte module. În plus s-a implementat comanda **Limba** sau **Language** care permite selectarea limbii în care vor fi prezentate interfețele cu utilizatorul. Această comandă va fi implementată în toate modulele în versiunea comercială a acestora.

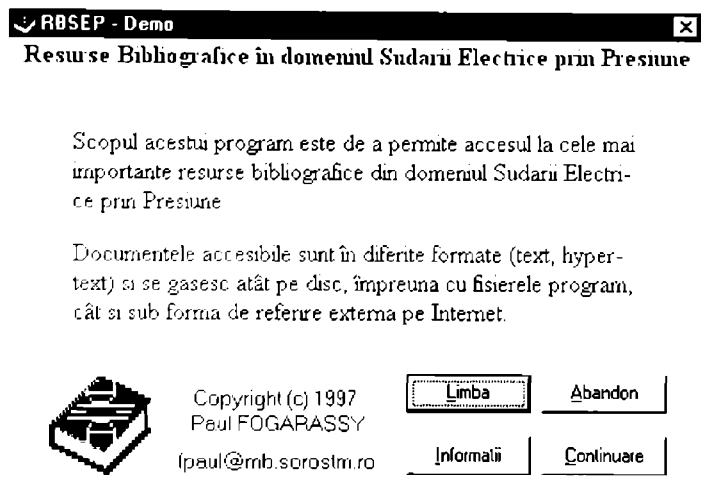


Figura 3.3.3.1 Fereastra de intrare a aplicației RBSEP

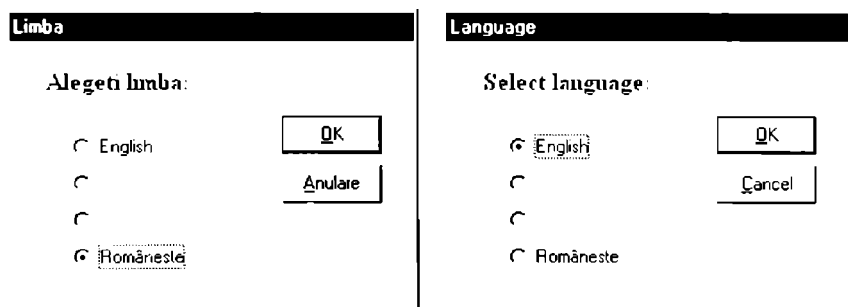


Figura 3.3.3.2 Fereastra pentru selectarea limbii (versiunea română și cea engleză)

În figura 3.3.3.1 este prezentată fereastra de intrare a programului RBSEP. În funcție de limba implicită (care poate fi specificată și în SESEP), la alegerea butonului **Limba** se afișează fereastra prezentată în figura 3.3.3.2, în varianta română și engleză.

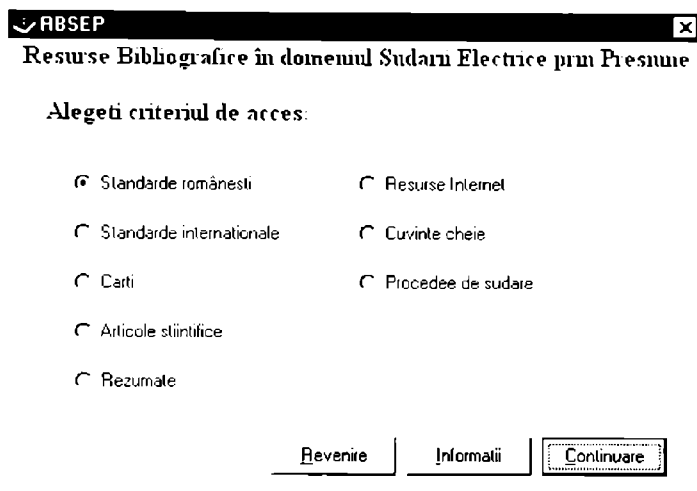


Figura 3.3.3.3 Fereastra de alegere a criteriului de acces

La alegerea butonului **Continuare** în fereastra de intrare se afișează fereastra de alegere a criteriului de acces, prezentată în figura 3.3.3.3. Este posibilă selectarea standardelor românești sau internaționale conexe sudării electrice prin presiune, se pot selecta articole științifice sau rezumate ale acestora. Deasemenia este posibilă selectarea unor resurse Internet în domeniu, sau este posibilă selectarea informațiilor după cuvinte cheie sau în funcție de procedeele de sudare prin presiune dorit [17].

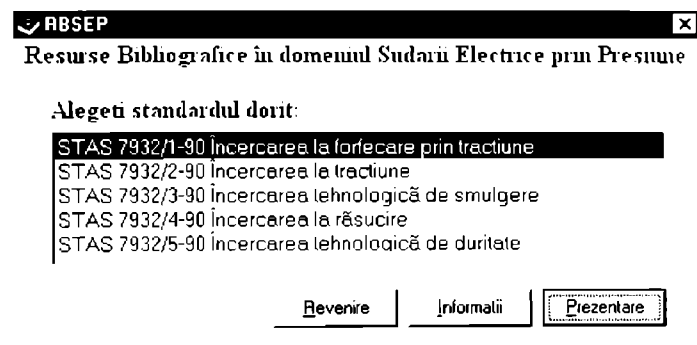


Figura 3.3.3.4 Fereastra de selectare a standardelor românești

În figura 3.3.3.4 este prezentată fereastra de selectare a standardelor românești conexe sudării prin presiune, iar în figura 3.3.3.5 fereastra de selectare a standardelor internaționale (ISO) din domeniu [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

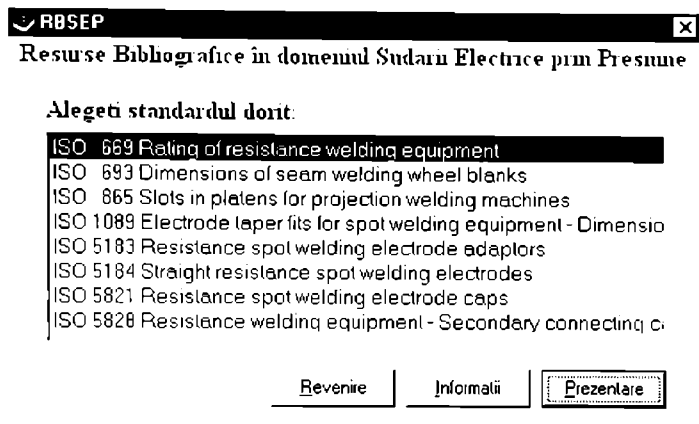


Figura 3.3.3.5 Fereastra de selectare a standardelor internaționale

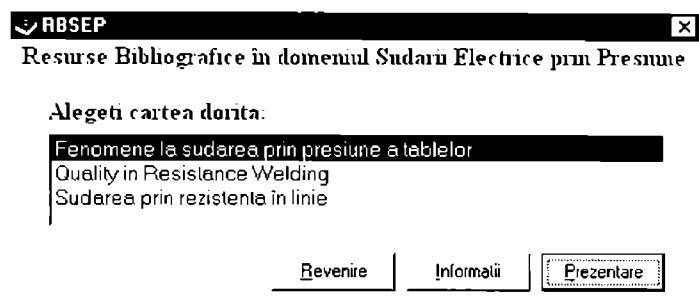


Figura 3.3.3.6 Fereastra de selectare a cărților

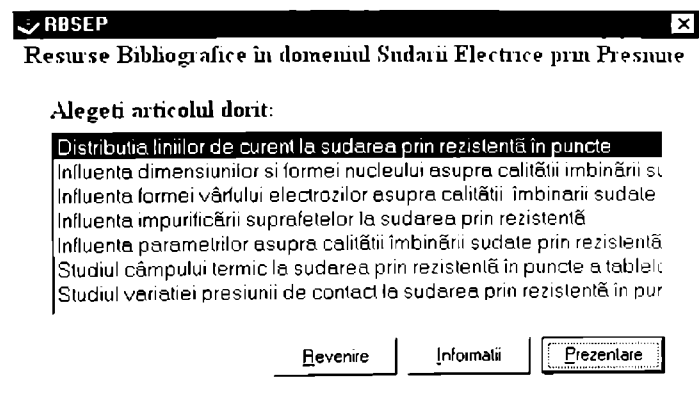


Figura 3.3.3.7 Fereastra de selectare a articolelor științifice

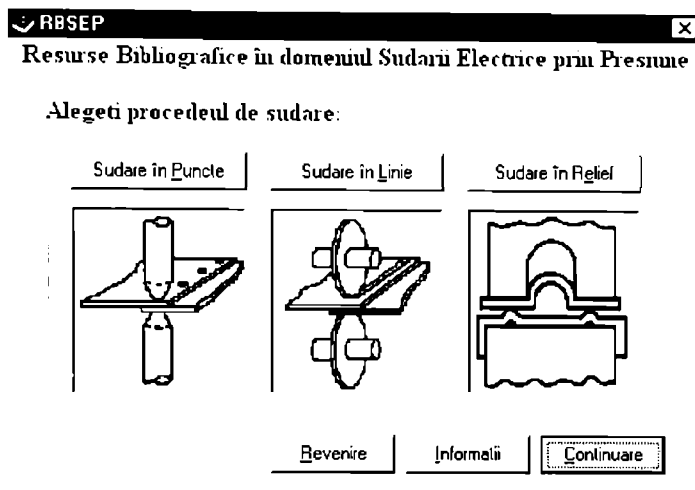


Figura 3.3.3.8 Fereastra de selectare a procedului de sudare

Alegera butonului **Prezentare** în ferestrele prezentate în figurile 3.3.3.4 - 3.3.3.7 permite afișarea documentului selectat în formatul corespunzător. Numele documentului și aplicația care permite vizualizarea acestuia se găsește în baza de date *RBSEP.mdb*, realizată în *Access 97*.

În figura 3.3.3.9 este prezentat un exemplu de articol sub formă de fișier *.hlp, iar în figura 3.3.3.10 este prezentat un articol *.html vizualizat cu *Microsoft Internet Explorer* [17].

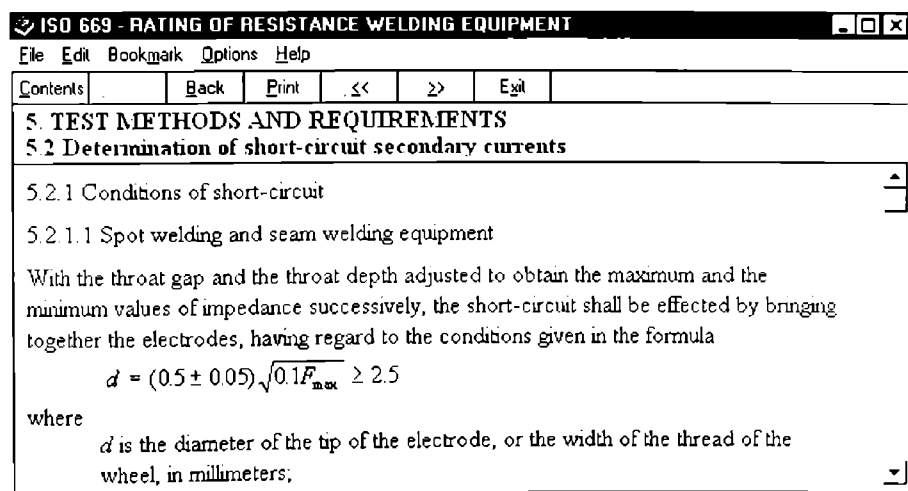


Figura 3.3.3.9 Exemplu de fișier *.hlp (capitolul 5.2 din ISO 669)

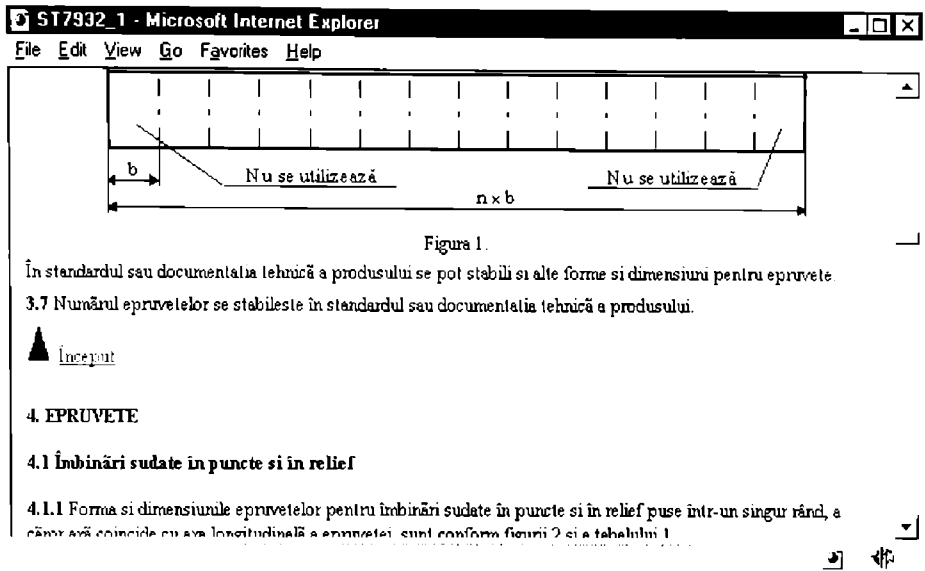


Figura 3.3.3.10 Exemplu de fișier *.html vizualizat cu MS Internet Explorer

3.3.4 Dicționar de termeni din domeniul sudării și procedeeelor conexe (WelDict)

Scopul programului WelDict este de a oferi un dicționar electronic de termeni din domeniul sudării și procedeeelor conexe [1].

Ca și toate celelalte module din Sistemul Expert pentru Sudare Electrică prin Presiune, WelDict poate funcționa separat sau ca parte componentă a SESEP. Este de așteptat ca programul WelDict să fie într-o mai mare măsură comercializat separat de Sistemul Expert, datorită segmentului mult mai mare de utilizatori cărui i se adresează.

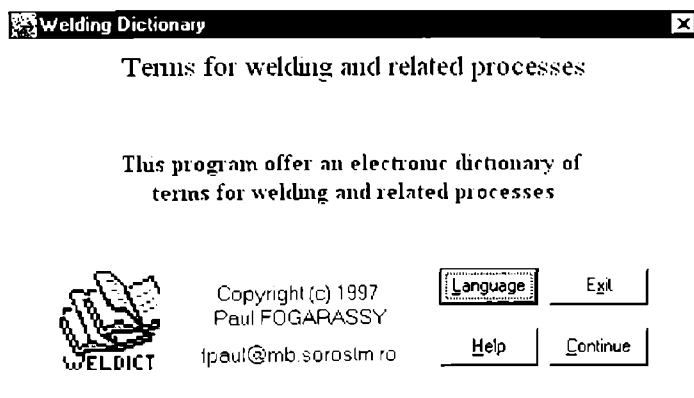


Figura 3.3.4.1 Fereastra de intrare a aplicației WelDict

În figura 3.3.4.1 este prezentată fereastra de intrare a aplicației. Butonul **Continue** (Continuare) permite trecerea la fereastra următoare, butonul **Exit** (Abandon) permite părăsirea aplicației, butonul **Help** (Informații) afișează o fereastră Help cu informații generale sau contextuale. Butonul **Language** (Limba) permite selectarea limbii în care va fi prezentată interfața cu utilizatorul.

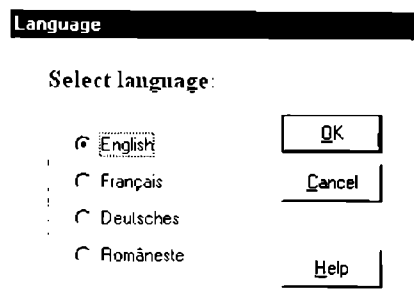


Figura 3.3.4.2 Fereastra de selectare a limbii

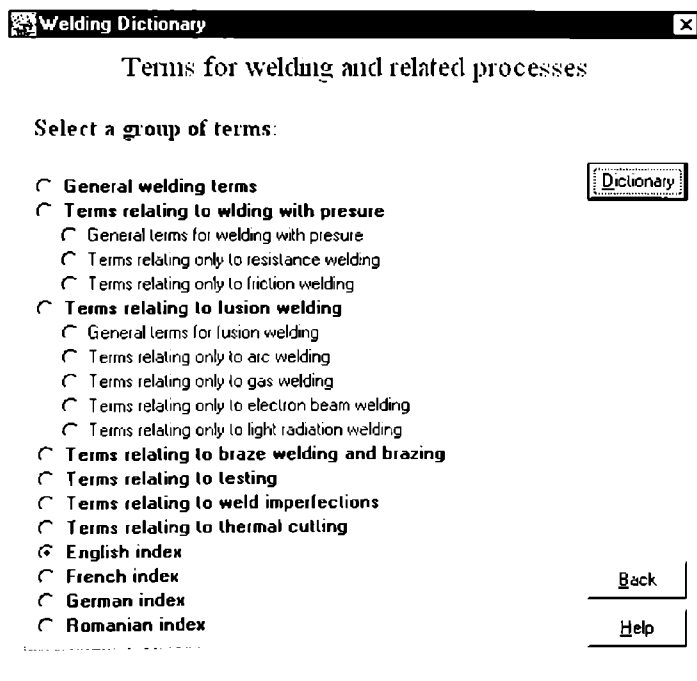


Figura 3.3.4.3 Fereastra de selectare a grupului de termeni

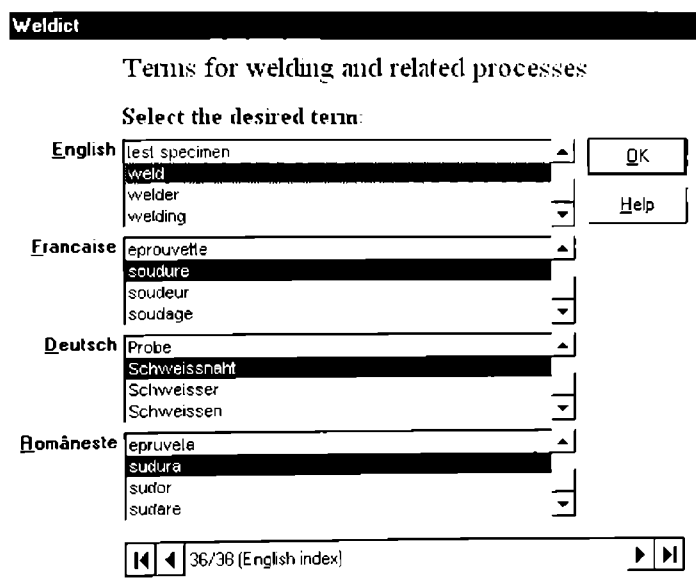
În figura 3.3.4.2 este prezentată fereastra de selectare a limbii în care se va afișa interfața cu utilizatorul. În măsura în care acest lucru este necesar se pot adăuga și alte limbi, totuși

limbile engleză, franceză și germană sunt în măsură să acopere peste 90% din cerințele utilizatorilor.

După alegerea butonului **Continuare** în fereastra de intrare (figura 3.3.4.1) se afișează fereastra de selectare a grupului de termeni conform versiunii din 1996 a **European Standard prEN 1792 "Welding - Multilingual list of terms for welding and related processes"** [1]. Această fereastră este prezentată în figura 3.3.4.3.

Este posibilă selectarea uneia dintre următoarele categorii de termeni:

- Termeni generali din domeniul sudării
- Termeni relativi la sudarea prin presiune
 - termeni generali relativi la sudarea prin presiune
 - termeni relativi numai la sudarea electrică prin presiune
 - termeni relativi numai la sudarea prin frecare
- Termeni relativi la sudarea prin topire
 - termeni generali relativi la sudarea prin topire
 - termeni relativi numai la sudarea cu arc electric
 - termeni relativi numai la sudarea cu gaze
 - termeni relativi numai la sudarea cu fascicol de electroni
 - termeni relativi numai la sudarea cu radiație luminoasă
- Termeni relativi la brazare și sudo-brazare
- Termeni relativi la control
- Termeni relativi defectelor la sudare
- Termeni relativi la tăierea termică
- Index de termeni în limba engleză
- Index de termeni în limba franceză
- Index de termeni în limba germană
- Index de termeni în limba română



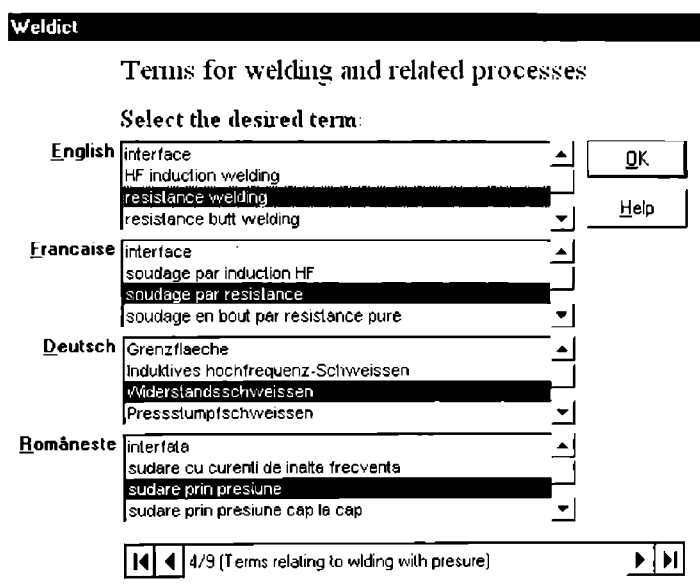
3.3.4.4 Fereastra dictionar prezintă indexul de termeni în limba engleză

După alegerea în fereastra de selectare (figura 3.3.4.3) a grupului de termeni dorit, se alege butonului **Dictionary** pentru a se afișa fereastra dicționar. În figura 3.3.4.4 este prezentat un exemplu în care s-a selectat indexul de termeni în limba engleză. În figura 3.3.4.5 este prezentat un exemplu în care s-a ales grupul de termeni relativi la sudarea prin presiune.

În partea de jos a ferestrei, în interiorul obiectului de control a bazei de date, se observă indexul ales, precum și numărul articolului de dicționar selectat per numărul total de articole. Acest obiect de control permite parcurgerea secvențială a bazei de date sau saltul la primul ori ultimul articol.

Interfața cu baza de date nu permite în această versiune actualizarea articolelor prin adăugare, modificare sau ștergere. Nu este permisă decât citirea. Totuși, pe baza unei parole de acces, utilizatorul autorizat poate edita baza de date în mediul în care a fost creată. *Access 97*. Accesul controlat la modificarea bazei de date are ca scop evitarea compromiterii datelor datorită erorilor de operare.

Alegerea unui cuvânt este posibilă în oricare din cele patru limbi (liste), fie prin tastarea succesivă a primei litere din cuvânt, până când termenul dorit este selectat, fie prin parcurgerea listei cu ajutorul barei de derulare verticale din dreapta acesteia. Fereastra dicționar este modală, ieșirea făcându-se cu butonul **OK**.



3.3.4.5 Fereastra dicționar prezintă indexul de termenii relativi la sudarea prin presiune

Pe timpul rulării aplicației, utilizatorul este asistat de funcția Help (butonul **Help**) sau tasta F1. Aceasta permite afișarea unei ferestre Help context-senzitive, care prezintă instrucțiuni de utilizare.

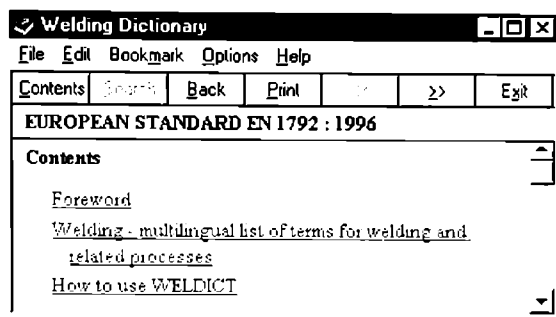


Figura 3.3.4.6 Cuprinsul fișierului WelDict.hlp

În figura 3.3.4.6 este prezentat cuprinsul fișierului WelDict.hlp. Butoanele și comenzile din meniu sunt cele standard. Figura 3.3.4.7 prezintă prima pagină a articolului "How to use WelDict" din fișierul Help.

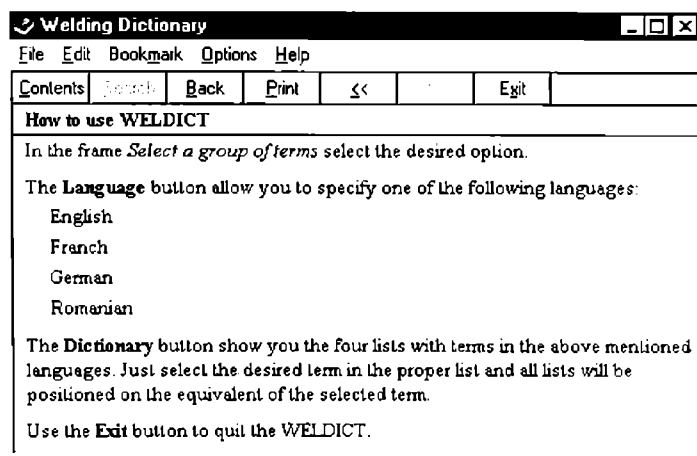


Figura 3.3.4.7 Articolul "How to use WelDict" din fișierul Help

3.3.5 Recomandări Tehnologice pentru Sudarea Electrică prin Presiune a Tablelor Acoperite (SEPTA)

Programul se bazează pe recomandările tehnologice realizate de Comitetul de Sudare prin Presiune (Resistance Welding Committee) a Asociației Americane de Sudură (American Welding Society - AWS), Subcomitetul pentru Metale Acoperite (Subcommittee on Coated Metals). Datele au fost obținute de la utilizatorii și producătorii de metale acoperite și de asemenea din experimentele efectuate pentru confirmarea tehnologiilor de sudare [15], [19], [21].

Este important de menționat faptul că recomandările prezentate nu au pretenția de a fi singurele condiții posibile de sudare a materialelor și grosimilor prezentate. Datele sunt prezentate ca un ghid pentru determinarea tehnologiilor de sudare care urmează a fi utilizate în producție. Tehnologiile pot fi modificate pentru îndeplinirea condițiilor concrete de fabricație și cerințele tipice de producție [21].

Ca și toate celelalte module din Sistemul Expert pentru Sudare Electrică prin Presiune, SEPTA poate funcționa separat sau ca parte componentă a SESEP.

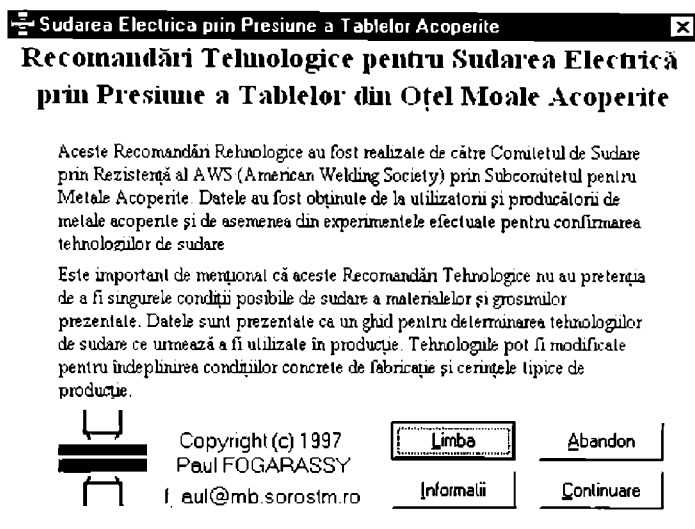


Figura 3.3.5.1 Fereastra de intrare a aplicației SEPTA

În figura 3.3.5.1 este prezentată fereastra de intrare a aplicației SEPTA. Aspectul și semnificația butoanelor este identică cu a celorlalte module. Comanda **Limba** sau **Language** permite selectarea limbii în care va fi prezentată interfața cu utilizatorul.

La alegerea butonului **Continuare** în fereastra de intrare se afișează fereastra care permite selectarea tipului de acoperire a tablei, prezentată în figura 3.3.5.2. Sunt prevăzute recomandări tehnologice pentru următoarele tipuri de acoperiri:

- galvanizare;
- aluminizare;
- cositorire.

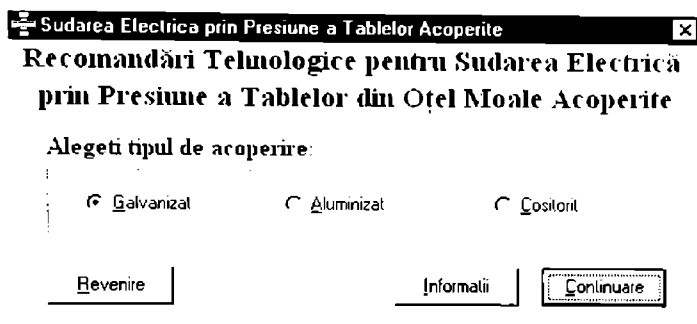


Figura 3.3.5.2 Fereastra de selectare a tipului de acoperire

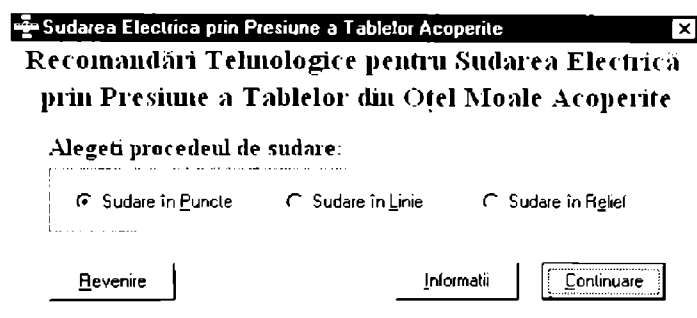


Figura 3.3.5.3 Fereastra de selectare a procedeele de sudare

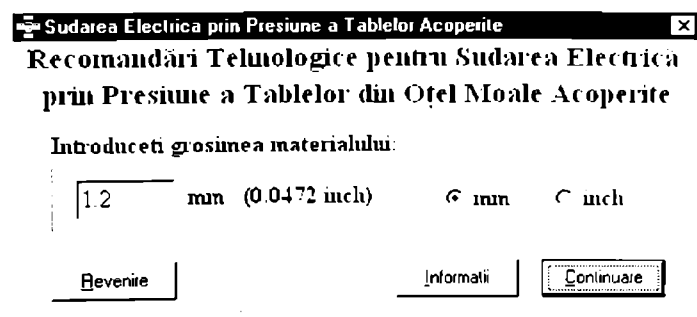


Figura 3.3.5.4 Fereastra pentru introducerea grosimii materialului de bază

În continuare se alege butonul **Continuare** pentru afișarea ferestrei de selectare a procedeele de sudare, prezentată în figura 3.3.5.3. Se poate alege procedeele de sudare electrică prin presiune în puncte, linie sau în relief, după care se alege butonul **Continuare**. Modulul APSEP al Sistemului Expert oferă recomandări pentru alegerea procedeele de sudare [21], [71].

Fereastra prezentată în figura 3.3.5.4 permite specificarea grosimii materialului care se sudează. Grosimea poate fi introdusă în milimetri sau în țoli, în funcție de opțiunea selectată. Valoarea numerică în unitatea de măsură alternativă este afișată în paranteză [15].

Sudarea Electrică prin Presiune a Tabelor Acoperite
✕

Recomandări Tehnologice pentru Sudarea Electrică prin Presiune a Tabelor din Oțel Moale Acoperite

Sudarea în Puncte a Tabelor din Oțel Moale Galvanizate:	
?	Grosimea materialului: t=1.2 mm (0.047")
?	Electrod: D=16 mm (5/8") d=6 mm (1/4") α=120°
?	Parametrii: F=3.11 kN (700 Lb) I=14.3 kA t=13 per. (16 per. la 60 Hz) pasul minim =21 mm (0.83") min=7 mm (0.276")
?	Sudura: Dw=5.5 mm (0.216") Rezist. minima =3.2 kN (1590 Lb)

Revenire

Informații

Figura 3.3.5.5 Fereastra cu recomandări tehnologice de sudare electrică prin presiune în puncte a tabelor cu grosimea de 1.2 mm din oțel moale galvanizat

În figura 3.3.5.5 este prezentată fereastra cu recomandări tehnologice de sudare electrică prin presiune în puncte. În exemplul prezentat, sunt prezentate recomandările tehnologice pentru sudarea tabelor cu grosimea de 1,2 mm din oțel moale galvanizat. Așa cum se poate observa, în paranteză sunt prezentate și valorile numerice ale parametrilor în sistemul de unități de măsură anglo-saxon, sau pentru o frecvență a tensiunii de alimentare de 60 Hz [15].

Pentru fiecare grup de informații (material, electrod, parametrii și sudură) există butonul care permite afișarea unei ferestre cu informații specifice legate de grupul de informații respectiv.

În partea dreaptă a ferestrei cu recomandări tehnologice, este prezentată grafic geometria îmbinării, pentru ca simbolurile utilizate în partea stângă să nu necesite explicații. Acest mod de prezentare s-a dovedit intuitiv și a întrunit aprecierea utilizatorilor care au fost de acord să testeze produsul.

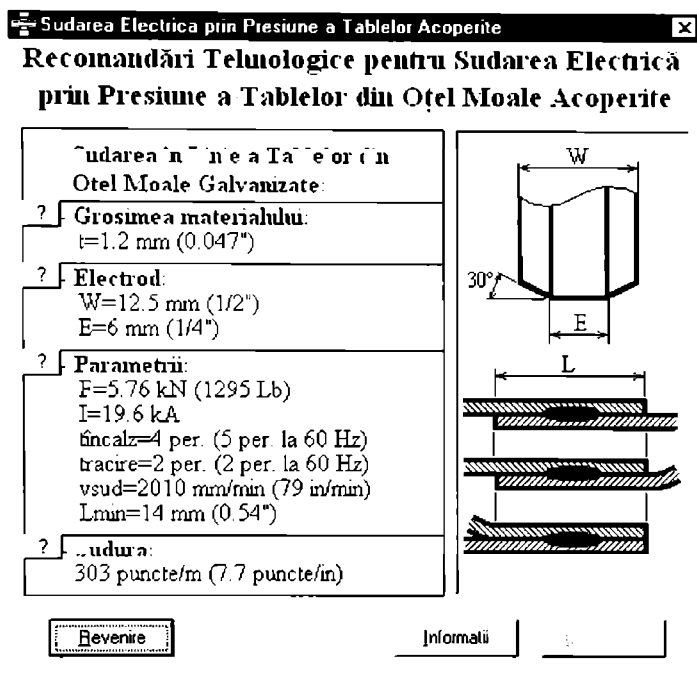


Figura 3.3.5.6 Fereastra cu recomandări tehnologice de sudare electrică prin presiune în linie a tablelor cu grosimea de 1,2 mm din oțel moale galvanizat

În figura 3.3.5.6 este prezentată fereastra cu recomandări tehnologice de sudare electrică prin presiune în linie. Ca și în cazul precedent, și în acest exemplu sunt prezentate recomandările tehnologice pentru sudarea tablelor cu grosimea de 1,2 mm din oțel moale galvanizat. În paranteză sunt prezentate și valorile numerice ale parametrilor în sistemul de unități de măsură anglo-saxon, sau pentru o frecvență a tensiunii de alimentare de 60 Hz.

Deasemenea, pentru fiecare grup de informații (grosime, electrod, parametrii și sudură) există butonul care permite afișarea unei ferestre cu informații specifice legate de grupul de informații respectiv.

Geometria îmbinării este prezentată grafic în partea dreaptă a ferestrei cu recomandări tehnologice, pentru ca simbolurile utilizate în partea stângă să nu necesite explicații suplimentare.

Sudarea Electrică prin Presiune a Tablelor Acoperite

Recomandări Tehnologice pentru Sudarea Electrică prin Presiune a Tablelor din Oțel Moale Acoperite

<p>Sudarea în Relief a Tablelor din Oțel Moale Galvanizate</p> <p>? Grosimea materialului: t=1.2 mm (0.047")</p> <p>? Electrod: D=16 mm (5/8") d=10 mm (3/8")</p> <p>? Parametrii: F=1.33 kN (300 Lb) I=10.5 kA tw=14 per (17 per. la 60 Hz)</p> <p>? Sudura: Dw=4.6 mm (0.18") Rezist. minima=5.8 kN (1311.4 Lb)</p> <p>? Dimens. proeminenței: Dp=5 mm (0.198") Hp=1.1 mm (0.043")</p>	
--	--

Figura 3.3.5.7 Fereastra cu recomandări tehnologice de sudare electrică prin presiune în relief a tabelor cu grosimea de 1.2 mm din oțel moale galvanizat

Figura 3.3.5.7 prezintă fereastra cu recomandări tehnologice de sudare electrică prin presiune în relief. Ca și în cazul precedent, și în acest exemplu sunt prezentate recomandările tehnologice pentru sudarea tabelor cu grosimea de 1,2 mm din oțel moale galvanizat. În paranteză sunt prezentate și valorile numerice ale parametrilor în sistemul de unități de măsură anglo-saxon, sau pentru o frecvență a tensiunii de alimentare de 60 Hz.

Pe lângă grupele de informații prezente în cazul celorlalte procedee (grosime, electrod, parametrii și sudură), în cazul sudării în relief apar și dimensiunile proeminenței, care au un rol hotărâtor în calitatea îmbinării sudate. Alături de aceste informații este prezent și un buton suplimentar (**Dimensiunile Poansonului și Matritei**) care prezintă dimensiunile recomandate ale poansonului și matritei pentru realizarea bosajelor [21].

În partea dreaptă a ferestrei cu recomandări tehnologice, este prezentată grafic geometria îmbinării și a bosajului, pentru ca simbolurile utilizate în partea stângă să nu necesite explicații suplimentare.

La alegerea butonului **Dimensiunile Poansonului și Matritei** din fereastra cu recomandări tehnologice de sudare electrică prin presiune în relief, prezentată în figura 3.3.5.6 se așează fereastra cu dimensiunile recomandate ale poansonului și matritei pentru realizarea bosajelor la sudarea în relief, prezentată în figura 3.3.5.7.

Ca și în cazul ferestrelor cu recomandări precedente, și această fereastră prezintă o schiță sugestivă, astfel încât să nu fie nevoie de explicații suplimentare cu privire la simbolurile utilizate.

Sudarea Electrică prin Presiune a Tabelor Acoperite

Recomandări Tehnologice pentru Sudarea Electrică prin Presiune a Tabelor din Oțel Moale Acoperite

Dimensiunile poansonului și matriței pentru realizarea bosajelor la sudarea în relief a tablelor galvanizate

Grosimea

$t=1.2 \text{ mm (0.047")}$

Dimensiuni:

A=Optional

B=Optional

C=5 mm (0.198")

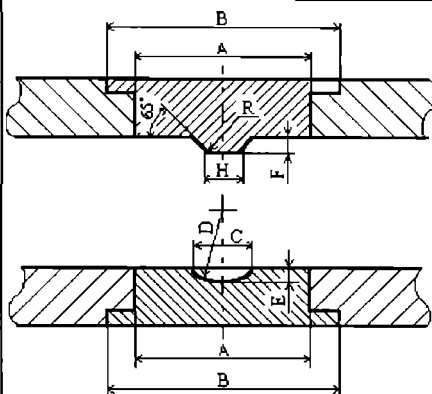
D=3.4 mm (0.132")

E=1.1 mm (0.043")

F=1.5 mm (0.058")

H=2.7 mm (0.108")

R=0.3 mm (0.01")



Informații

OK

Figura 3.3.5.7 Fereastra cu dimensiunile recomandate ale poansonului și matriței pentru realizarea bosajelor la sudarea în relief a tablelor de 1.2 mm din oțel moale galvanizat

Ca și în cazul tuturor aplicațiilor Sistemului Expert, și în cazul programului SEPTA, utilizatorul este asistat de o fereastră Help contextuală. În figura 3.3.5.8 este prezentat cuprinsul (fereastra din stânga) și încă două exemple de articole din fișierul Help SEPTA-e.hlp. Fișierul *.hlp este disponibil în două limbi (SEPTA-e.hlp, în engleză și SEPTA-r.hlp, în română). În funcție de cererea pieței, este posibilă realizarea unor versiuni în germană, franceză și alte limbi.

3.3.6 Recomandări tehnologice pentru sudarea electrică prin presiune (RecTeh)

Programul RecTeh se bazează pe recomandările tehnologice publicate de firma H.A. Schlatter AG [22], în legătură cu sudarea electrică prin presiune în curent alternativ sau continuu a oțelului moale, oțelului inoxidabil și a aluminiului. Sunt avute în vedere procedeele de sudare electrică prin presiune în puncte, linie și relief, precum și sudarea în cruce a barelor.

Ca și toate celelalte module din Sistemul Expert pentru Sudare Electrică prin Presiune, RecTeh poate funcționa separat sau ca parte componentă a SESEP.

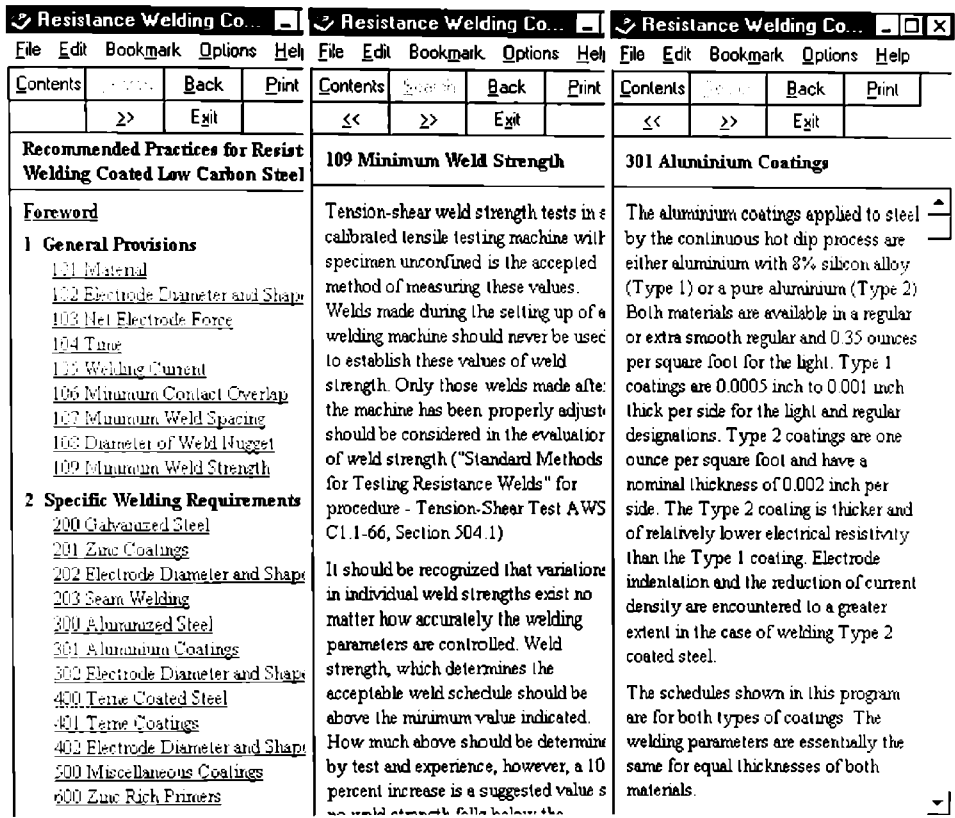


Figura 3.3.5.8 Cuprinsul (fereastra din stânga) și încă două exemple de articole din fișierul Help SEPTA-e.hlp (e - engleză)

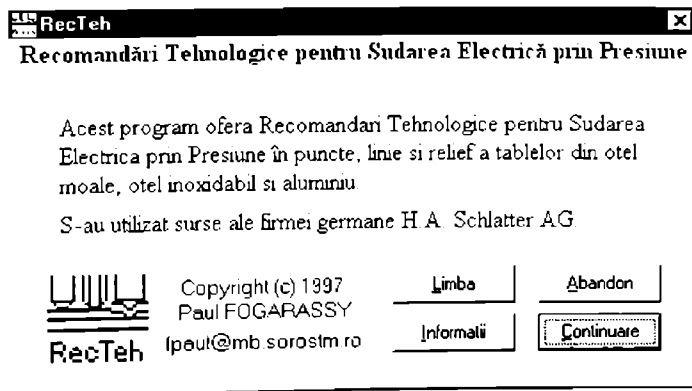


Figura 3.3.6.1 Fereastra de intrare a aplicației RecTeh

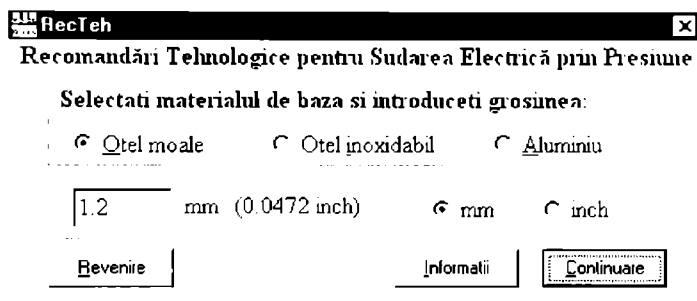


Figura 3.3.6.2 Fereastra pentru selectarea materialului de bază și specificarea grosimii

În figura 3.3.6.1 este prezentată fereastra de intrare a aplicației RecTeh. Aspectul și semnificația butoanelor este identică cu a celorlalte module. Comanda **Limba** permite selectarea limbii în care va fi prezentată interfața cu utilizatorul. Fereastra de dialog respectivă a fost prezentată în paragrafele precedente

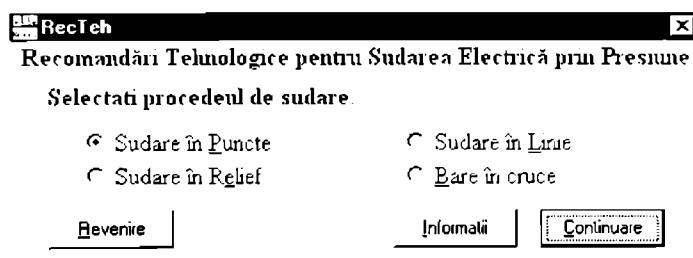


Figura 3.3.6.3 Fereastra pentru alegerea procedeeului de sudare

La alegerea butonului **Continuare** în fereastra de intrare se afișează fereastra care permite selectarea materialului de bază și specificarea grosimii acestuia, prezentată în figura 3.3.6.2. Introducerea grosimii materialului de bază este posibilă atât în milimetrii, cât și în țoli, prin alegerea opțiunii corespunzătoare.

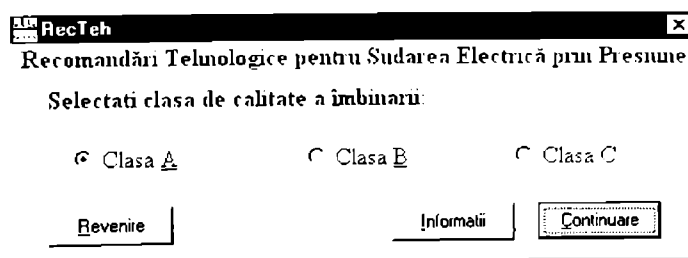


Figura 3.3.6.4 Fereastra pentru specificarea clasei de calitate

Următoarea fereastră, în ordine logică, permite selectarea procedului de sudare. Această fereastră este prezentată în figura 3.3.6.3. Atât în această fereastră, cât și în toate celelalte ferestre, selectarea dublă (dublu-click) a unei opțiuni este echivalentă cu selectarea opțiunii respective și apoi alegerea butonului [Continuare]. Acest lucru oferă ergonomie interfeței.

După specificarea procedului cu care se sudează, în cazul sudării electrice prin presiune în puncte a oțelului moale și a aluminiului, este posibilă selectarea clasei de calitate a îmbinării sudate. În figura 3.3.6.4 este prezentată fereastra pentru specificarea clasei de calitate a sudurii.

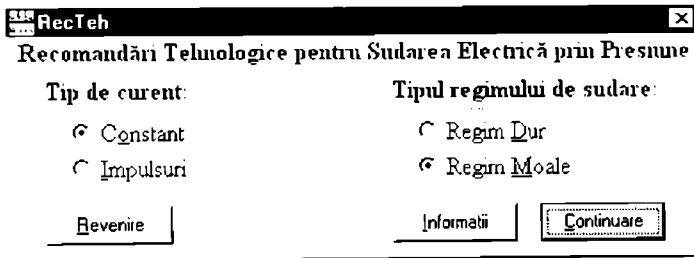


Figura 3.3.6.5 Fereastra pentru selectarea tipului de curent și a regimului de sudare

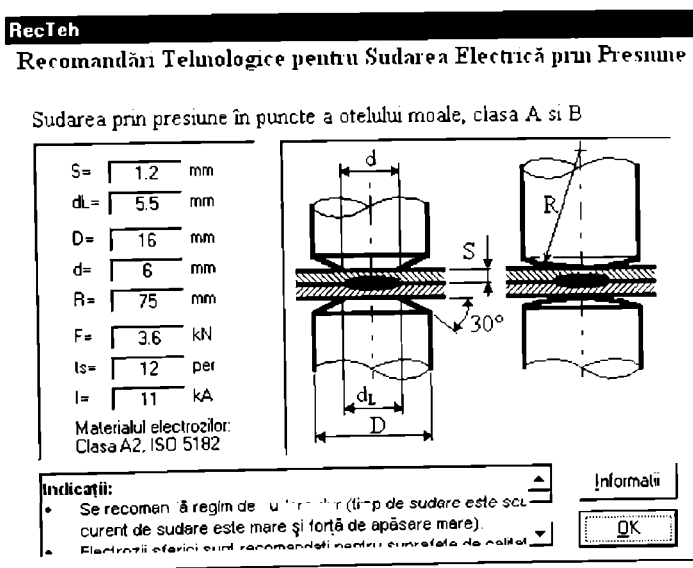


Figura 3.3.6.6 Fereastra cu recomandări tehnologice pentru sudarea electrică prin presiune în puncte a oțelului moale

În cazul sudării în linie, este posibilă selectarea tipului de curent cu care se sudează (constant sau în impulsuri), iar pentru anumite combinații material - procedeu de sudare, este posibilă specificarea tipului regimului de sudare (regim dur sau regim moale). Un regim dur de sudare este caracterizat de un curent mare aplicat pentru un timp scurt, iar un regim moale este caracterizat de un curent de sudare mai redus, dar aplicat un timp mult mai mare [2], [20], [69].

RecTeh

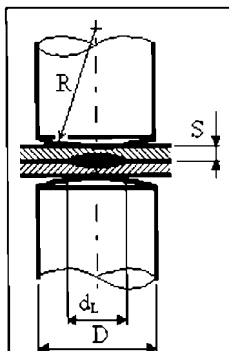
Recomandări Tehnologice pentru Sudarea Electrică prin Presiune

Sudarea electrică prin presiune în puncte a aluminiului, conform clasei de calitate A

S = 1.2 mm D = 20 mm
 dL = 5.5 mm R = 100 mm

Materiul electrozilor: Clasa A1, ISO 5182

	F1 = 4.8 kN
	F2 = 9.6 kN
	ts1 = 4 per
	ts2 = 5 per
	I1 = 39 kA
	I2 = 29 kA



Indicații:

- Se sudează pe mașini de sudat în curent continuu cu programator curent-forță.
- Rezistența de contact maximă este de 50 μΩ

Informatii

OK

Figura 3.3.6.7 Fereastra cu recomandări tehnologice pentru sudarea electrică prin presiune în puncte a aluminiului

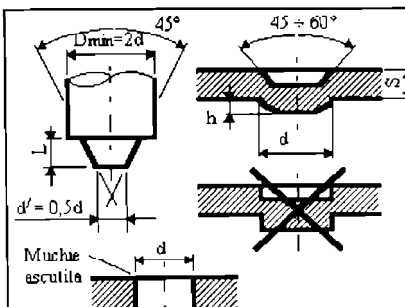
RecTeh

Recomandări Tehnologice pentru Sudarea Electrică prin Presiune

Sudarea prin presiune în relief a oțelului moale, regim moale

S = 1.2 mm
 d = 3.2 mm
 h = 0.9 mm
 F = 1.2 kN
 I = 6.7 kA
 ts = 14 per

Materiul electrozilor:
 Clasa A3, ISO 5182



Indicații:

- L ~ 1,4h pentru poansonale elastice, iar pentru poansonale rigide L = 2h.
- În cazul sudării în puncte multiple, mașina de sudat în curent

Informatii

OK

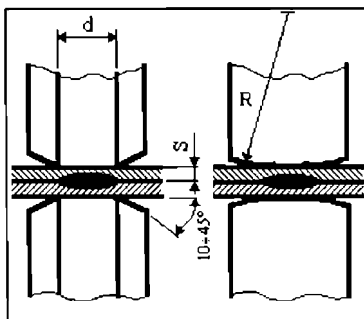
Figura 3.3.6.8 Fereastra cu recomandări tehnologice pentru sudarea electrică prin presiune în relief a oțelului moale

RecTeh

Recomandări Tehnologice pentru Sudarea Electrică prin Presiune

Sudarea prin presiune în linie a oțelului inoxidabil cu curent pulsant

S=	1.2	mm	I=	12.5	kA
d=	4.5	mm	F=	6	kN
R=	75	mm	ts=	4	per
tpmin=	4	per			
tpmax=	5	per			
v=	1.2	m/min			
pcl/m=	300	minim			
pcl/m=	400	maxim			
Materialul electrozilor: Clasa A3, IS 5182					



Indicații:

- Rolele sferice sunt recomandate pentru suprafețe de calitate superioară.
- Rolele țevite sunt recomandate pentru productivitate ridicată.

Informații

OK

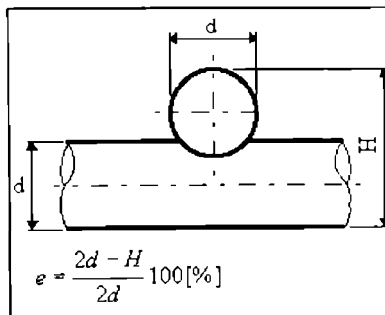
Figura 3.3.6.9 Fereastra cu recomandări tehnologice pentru sudarea electrică prin presiune în linie a oțelului inoxidabil

RecTeh

Recomandări Tehnologice pentru Sudarea Electrică prin Presiune

Sudarea în cruce a barelor din oțel moale, în noduri individuale.

d=	1.2	mm
F=	0.2	kN
l=	1	per
I=	1.2	kA
Materialul electrozilor: Clasa A2 sau A3, ISD 5182		



Indicație:

- O adâncime de sudare de 6% corespunde cu o suprafață a sudurii aproximativ egală cu aria secțiunii barei.

Informații

OK

Figura 3.3.6.10 Fereastra cu recomandări tehnologice pentru sudarea electrică prin presiune în cruce a barelor din oțel moale

În figurile 3.3.6.6 - 3.3.6.10 sunt prezentate câteva exemple semnificative de ferestre cu recomandări tehnologice. Așa cum se poate observa, fiecare dintre aceste ferestre prezintă o

schemă a îmbinării sudate și eventual a electrozilor, pentru a nu fi necesare explicații suplimentare în legătură cu abrevierile din partea stângă, unde sunt prezentate numeric recomandările pentru parametrii tehnologici. În partea inferioară a ferestrei sunt prezentate indicații legate de condițiile de sudare.

Ferestrele de recomandări sunt modale, singura posibilitate de abandon a acestora fiind alegerea butonului **OK**. Butonul **Informatii** permite afișarea unei ferestre Help cu informații specifice ferestrei de dialog în care a fost utilizat.

3.3.7 Simularea statistică a sudării electrice prin presiune în puncte (SimSEPP)

Programul SimSEPP se bazează pe analiza statistică a peste o mie de rezultate experimentale realizate în toate condițiile de sudare posibile, având ca variabile curentul de sudare (I_s), timpul de trecere al curentului (t_s) și forța de apăsare a electrozilor (F). Condițiile tehnice, materialul de bază, electrozii de sudare, modul de organizare a experimentului factorial, precum și rezultatele primare și rezultatele analizei statistice a datelor experimentale sunt prezentate detaliat în paragraful 2.1.

Scopul modului SimSEPP este de a permite simularea rezultatelor sudării electrice prin presiune în puncte, prin interpolarea rezultatelor experimentale obținute.

Ca și toate celelalte module din Sistemul Expert pentru Sudare Electrică prin Presiune, RecTeh poate funcționa separat sau ca parte componentă a SESEP.

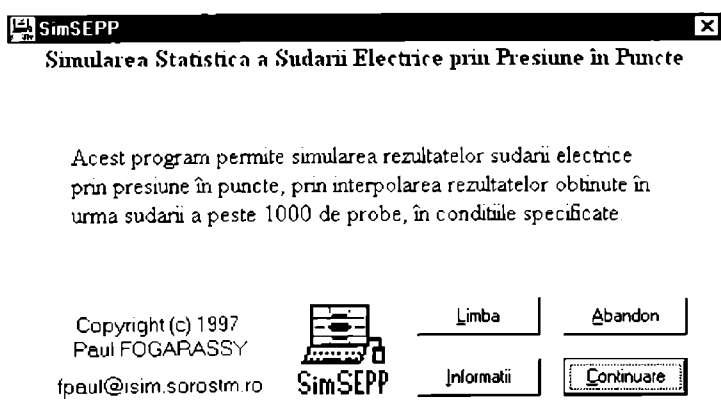


Figura 3.3.7.1 Fereastra de intrare a aplicației SimSEPP

În figura 3.3.7.1 este prezentată fereastra de intrare a aplicației SimSEPP. Aspectul și semnificația butoanelor este identică cu a celorlalte module. Comanda **Limba** permite selectarea limbii în care va fi prezentată interfața cu utilizatorul. Fereastra de dialog respectivă a fost prezentată în paragrafele precedente

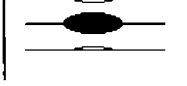
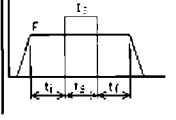
SimSEPP		
Simularea Statistica a Sudării Electrice prin Presiune în Puncte		
Parametrii de sudare:	Observatii:	Rezultat:
Is 6 kA	Sudare Da	Fr 5 kN
ts 12 per	Stropiri Nu	dp 5.6 mm
F 35 kN	Rupere Debutonare	Aspect:
Ciclu de sudare	Conditii de sudare:	
	Gros.table 0.88 mm	OK
	Electrod: E 16	
	Informații	

Figura 3.3.7.2 Fereastra de dialog pentru introducerea parametrilor de sudare și prezentare grafică și numerică a rezultatelor sudării

La alegerea butonului **Continuare** în fereastra de intrare se afișează fereastra de dialog care permite introducerea parametrilor de sudare studiați: curent de sudare (I_s), timp de sudare (t_s) și forța de apăsare a electrozilor (F). Aceeași fereastră (figura 3.3.7.2) prezintă în mod grafic și numeric rezultatele sudării.

Figura 3.3.7.3 prezintă aspectele posibile ale îmbinării sudate, așa cum aceasta este reprezentată în fereastra de dialog prezentată în figura 3.3.7.2. Trebuie menționat faptul că reprezentarea este calitativă și nu cantitativă, adică diametrul și pătrunderea punctului sudat nu sunt proporționale cu grosimea componentelor și nici nivelul de stropiri nu este (nici nu putea fi) proporțional cu fenomenul real.

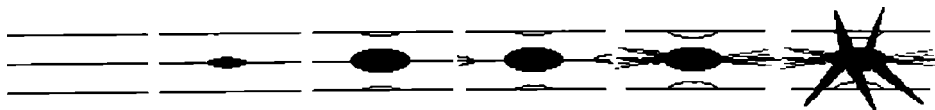


Figura 3.3.7.3 Aspectele posibile ale îmbinării sudate (nesudat, punct prea mic, îmbinare normală, împrôșcări, împrôșcări puternice și arsură)

Punctul prea mic este identificat prin faptul că diametrul său este mai mic decât valoarea unanim acceptată de majoritatea surselor bibliografice conform relației (3.3.7.1).

$$dp_{\min} = 5 \cdot \sqrt{s} \quad (3.3.7.1)$$

în care:

- dp_{\min} este diametrul minim admis al punctului sudat
- s este grosimea componentelor

Pragul la care încep împrôșcările de metal topit din nucleu a fost stabilit experimental pentru fiecare dintre condițiile de sudare, așa cum este prezentat în figurile 2.1.3 - 2.1.8.

Modul de rupere a îmbinărilor sudate, prin desprindere sau prin debutonare, a fost deasemenea stabilit pe cale experimentală, conform figurilor 2.1.9 - 2.1.14.

Arsurile corespund unui curent de sudare mult prea mare, care poate duce la perforarea componentelor și chiar la aderența capetelor electrozilor pe componente. Deși acest tip de regim distruge electrozii cu care se sudează, curentul de sudare a fost totuși ridicat până la acest nivel. Pentru fiecare combinație timp de sudare / forță de apăsare studiată. Costul relativ ridicat al unui asemenea mod de conducere al experimentelor permite însă identificarea limitei superioare a curentului de sudare. Bineînțeles în timpul simulărilor utilizatorul poate identifica limita superioară a curentului, în condițiile impuse de echipamentul cu care urmează să sudeze, fără să mai distrugă electrozi de sudare.

Deoarece se bazează pe interpolarea rezultatelor experimentale, simularea statistică este valabilă doar între limitele studiate ale parametrilor de sudare analizați. Aceste limite sunt:

- curentul de sudare, $I_s = 2,5 - 14$ kA
- timpul de sudare, $t_s = 1,5 - 18$ perioade ($1 \text{ per} = 0,02$ s)
- forța de apăsare, $F = 0,8 - 6,5$ kN

Limitele acceptate pentru simulare sunt doar cu puțin în afara limitelor studiate experimental. Extrapolarea fiind sub limita de sensibilitate tehnologică.

Scanarea prin experimente a zonei tridimensionale ($I_s \times t_s \times F$) a fost realizată cu un pas suficient de mic, astfel încât să nu se pună problema pierderii de precizie prin interpolare. Experimentul a fost organizat sub forma unui experiment factorial complex cu trei parametri cantitativi, astfel:

- curentul de sudare la zece nivele: 2.2, 3.1, 4.8, 6.2, 8.4, 8.7, 9.1, 10.2, 11.1 și 12.3 kA;
- timpul de trecere a curentului la opt nivele: 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12 și 16 perioade ($\times 0.02$ s);
- forța de apăsare a electrozilor la șase nivele: 1.0, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 și 6.0 kN.

În timpul demonstrațiilor cu versiunea preliminară a programului SimSEPP, unii specialiști și-au arătat îndoiala cu privire la posibilitatea sudării corespunzătoare cu anumiți parametri de sudare. Din acest motiv, trebuie subliniat încă odată faptul că acest program nu realizează o *simulare teoretică*, pe baza unor relații analitice, ci realizează o interpolare între rezultate obținute experimental, pentru condițiile specificate de către utilizator. În plus, valorile experimentale au fost analizate statistic, pentru a se elimina datele afectate de erori grosolane. Apoi pe baza rezultatelor astfel obținute s-au calculat ecuații de regresie, cu o abatere medie a preciziei mai mică de 0,5 kN pentru forța necesară pentru ruperea prin forfecare la tracțiune a îmbinării sudate.

3.4 Concluzii în legătură cu Sistemul Expert pentru Sudarea prin Presiune

Așa cum rezultă din partea a treia a acestei teze, sistemul expert pentru sudarea electrică prin presiune este o aplicație informatică cu scopul de a emula un expert în domeniul sudării electrice prin presiune în următoarele sale competențe:

- recomandarea procedurii de sudare;
- accesul inteligent la informațiile bibliografice;
- recomandări tehnologice cu privire la stabilirea parametrilor și condițiilor de sudare;
- identificarea defectelor la sudare și a cauzelor care le produc;
- anticiparea rezultatelor sudării electrice prin presiune în puncte înaintea sudării propriuzise;
- traducerea termenilor de specialitate în și din limbile engleză, franceză, germană și română.

Pe baza celor prezentate în partea a treia a acestei teze se pot trage următoarele concluzii:

- a) În legătură cu sistemele expert în general, trebuie observat faptul că acestea nu mai sunt doar o modă; la ora actuală există și funcționează mai multe sisteme expert, care dovedesc utilitatea acestora, dintre care se amintesc următoarele din domeniul sudării:
 - Automated Intelligent Weld Flaw Detection & Classification (Detectarea și clasificarea inteligentă a defectelor de sudare)
 - Choosing Welding Methods and Estimating Welding Costs (Alegerea procedeeilor și estimarea costurilor de sudare)
 - Welding Related Expert Systems (Sistem expert în domeniul sudării)
 - Assisting Process Planning of Friction Welding (Determinarea asistată a tehnologiei de sudare prin frecare)
- b) În capitolul 3.3 sunt descrise pe rând cele șapte module ale Sistemului Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune (SESEP). În legătură cu acestea se pot enumera următoarele:
 - Modulul APSEP (Alegerea Procedului de Sudare Electrică prin Presiune) are scopul de a ajuta la identificarea celui mai potrivit procedeu de sudare electrică prin presiune. Alegerea se realizează prin logică fuzzy în funcție de tipul îmbinării care se sudează.
 - Sistemul informatic pentru identificarea Defectelor la Sudarea Electrică prin Presiune (DefSEP) ajută utilizatorul să identifice defectele specifice îmbinărilor sudate electric prin presiune; aceasta de realizează prin filtrarea logică a bazei de date pe baza opțiunilor introduse de utilizator. Programul permite de asemenea afișarea cauzelor care au condus la un anumit defect și metodele tehnologice pentru evitarea acestuia.
 - Scopul modulului RBSEP este de a permite accesul rapid și selectiv la cele mai importante Resurse Bibliografice din domeniul Sudării Electrice prin Presiune. Documentele accesibile sunt diferite formate electronice și sunt disponibile atât local cât și prin referire indirectă pe Internet. Documentele care sunt la dispoziția utilizatorului sunt standarde naționale, europene și internaționale, articole științifice în întregime sau rezumat și cărți.
 - Programul WelDict (Welding Dictionary) permite accesul la articolele unui dicționar electronic de termeni din domeniul sudării și procedeeilor conexe: până la ora actuală sunt disponibili termeni în Engleză, Franceză, Germană și Română.
 - Modulul pentru Recomandări Tehnologice pentru Sudarea Electrică prin Presiune a Tablelor Acoperite (SEPTA) se bazează pe recomandările tehnologice realizate de Comitetul de Sudare prin Presiune a Asociației Americane de Sudură. Subcomitetul pentru Metale Acoperite. Datele sunt prezentate ca un ghid pentru determinarea tehnologiilor de sudare care urmează a fi utilizate în producție. Tehnologiile pot fi modificate pentru îndeplinirea condițiilor concrete de fabricație și cerințele tipice de producție.
 - Programul RecTeh (Recomandări Tehnologice) se bazează pe recomandările tehnologice publicate de firma *H.A. Schlatter AG*, în legătură cu sudarea electrică prin presiune în curent alternativ sau continuu a oțelului moale, oțelului inoxidabil și a aluminiului. Sunt avute în vedere procedeele de sudare electrică prin presiune în puncte, linie și relief, precum și sudarea în cruce a barelor.
 - Programul SimSEPP (Simularea Sudării Electrice prin Presiune în Puncte) se bazează pe analiza statistică a peste o mie de rezultate experimentale realizate în toate condițiile de sudare posibile, având ca variabile curentul de sudare (Is), timpul de trecere al curentului (ts) și forța de apăsare a electrozilor (F). Scopul acestui modul este de a permite simularea rezultatelor sudării electrice prin presiune în puncte, prin interpolarea rezultatelor experimentale obținute.

PARTEA a IV-a

CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI CONSIDERAȚII FINALE

Scopul părții a patra a acestei teze este de a prezenta contribuțiile personale ale autorului la realizarea temei propuse, iar în partea a doua vor fi prezentate o serie de considerații finale în legătură modul de implementare a sistemului expert, ecouri din partea unor utilizatori a versiunii precomerciale (versiunea beta) și potențialii beneficiari ai acestuia.

4.1 Contribuții personale

În continuare vor fi prezentate contribuțiile personale la realizarea temei, în ordinea în care acestea sunt descrise în cadrul tezei.

- I. În cadrul analizei fenomenelor mecanice, electrice și termice care au loc la sudarea electrică prin presiune, au fost realizate o serie de modele teoretice care au permis realizarea studiilor propuse prin metoda elementelor finite. Toate modelele prezentate reprezintă o *contribuție personală*, astfel:
 - Analiza distribuției presiunii de contact la sudarea prin presiune în puncte. permite studiul modului de distribuire a tensiunilor atât la suprafața de contact dintre electrozi și piese, cât și la interfața dintre componentele care se sudează. S-au analizat trei tipuri de electrozi:
 - cu vârf tronconic de tip B),
 - cu vârf sferic de tip E) și
 - cu vârf sferic de tip F).
 - Analiza distribuției presiunii de contact la sudarea prin presiune în relief. permite studiul distribuției tensiunilor nu numai la interfața de contact dintre vârful bosajului și componente de bază, dar și în interiorul bosajului, ceea ce permite anticiparea modului de deformare a acestuia în timpul sudării. S-au analizat următoarele tipuri de bosaje:
 - bosaje simple și
 - bosaje inelare.
 - Analiza distribuției presiunii de contact la sudarea prin presiune în linie a scos în evidență deosebirile calitative ale procesului de deformare elastică și plastică față de sudarea în puncte, cu care aceasta este de obicei comparată atunci când sunt oferite recomandări tehnologice. Considerațiile prezentate sunt de natură să explice factorii care concură la viteza de uzare a roletelor electrod.
 - Analiza fenomenelor electrice la sudarea prin presiune în puncte, a permis evidențierea modului de distribuție a liniilor de curent atât la interfața dintre electrod și piesă, cât și la interfața dintre componente. Prin corelare cu modul de distribuție a presiunilor de contact, este posibilă anticiparea modului de uzare a electrozilor de contact și a fost posibilă explicarea modului de inițiere toroidal a punctului. S-au studiat două aspecte electrice:
 - analiza distribuției densității curentului electric și
 - analiza generării căldurii prin efect Joule.

- Analiza fenomenelor electrice la sudarea prin presiune în relief a permis evidențierea zonelor predispuse la colapsare în timpul procesului de sudare. S-a evidențiat și explicat astfel sensibilitatea tehnologică a procedurii față de parametrul forță de apăsare. Modelul dezvoltat va permite într-o etapă ulterioară optimizarea formei și dimensiunilor bosajului, după un criteriu care nu apare în litera de specialitate și anume: robustețea tehnologiei de sudare.
- II. Studiul experimental a influenței parametrilor tehnologici asupra calității îmbinării sudate electric prin presiune a permis evidențierea influența directă a parametrilor precum și influența reciprocă a acestora asupra calității îmbinării sudate. Experimentele descrise în partea a doua a tezei, precum și analiza statistică și interpretarea rezultatelor reprezintă fiecare în parte *contribuții personale*.
- Studiul influenței principalilor parametri asupra calității îmbinării sudate a permis evidențierea cantitativă și calitativă a principalilor trei parametri de sudare (curent, timp și forță) asupra rezistenței la forfecare prin tracțiune a îmbinării sudate. În urma analizei statistice de detaliu a datelor experimentale au rezultat următoarele aspecte, *care nu există în literatura de specialitate*, sau sunt amintite doar tangențial:
 - Au fost evidențiate două tipuri distincte de rupere în urma încercării de forfecare prin tracțiune: ruperea prin forfecarea punctului și ruperea prin debutonare; partea originală o reprezintă faptul că debutonarea se împarte la rândul său în rupere cu perforarea unei componente și rupere cu sfășierea componentelor. Analiza statistică de detaliu a permis separarea celor trei populații statistice.
 - La sudarea oțelului moale există pentru cei trei parametri de sudare analizați o zonă de insensibilitate tehnologică, în interiorul căreia, variații de până la 50% a parametrilor tehnologici au o influență de maxim 10% asupra capacității portante a îmbinării.
 - Localizarea tehnologiilor de sudare în centrul zonei de insensibilitate tehnologică reprezintă un criteriu de optimizare care nu se regăsește printre funcțiile obiectiv în literatura de specialitate; o tehnologie de sudare relativ insensibilă la modificarea parametrilor de sudare se numește tehnologie robustă.
 - Prin analiză de regresie multiparametrică nelineară a rezultat că între parametri de sudare există influențe reciproce, cu excepția forței de apăsare și a timpului de trecere a curentului, între care nu s-a observat așa ceva. Practic, influența reciprocă dintre parametri de sudare evidențiază faptul că influența unui parametru este dependentă de nivelul celui alt parametru. Organizarea factorială a experimentelor a permis evidențierea acestui aspect.
 - Experimentul pentru determinarea influenței stării de impurificare a suprafețelor asupra calității îmbinării sudate a permis două concluzii cu caracter original, în măsura în care există referiri bibliografice care sunt confuze în această privință. Analiza statistică a rezultatelor experimentale a evidențiat următoarele:
 - Praful la suprafața componentelor reduce în medie rezistența a acestora, dar crește foarte mult dispersia rezultatelor, ceea ce duce la tehnologii nerobuste.
 - Uleiul și vazele pe suprafața componentelor nu are nici o influență asupra calității, deoarece forța de apăsare rupe pelicula formată și îndepărtează impuritățile din zona de sudare; această concluzie este valabilă sub rezerva absenței prafului, care de obicei aderă pe asemenea suprafețe.

- Forma vârfului influențează calitatea îmbinării sudate, atunci când ceilalți parametri și factori rămân nemodificați. Studiul influenței formei vârfului electrozilor asupra calității punctului sudat electric prin presiune reprezintă o *contribuție personală*, nu atât prin rezultatele sale, cât mai ales prin analiza cantitativă și calitativă asupra amprentei.
- Studiul experimental a dezvoltării nucleului la sudarea electrică prin presiune în puncte, este o altă *contribuție personală*, care permite analiza comportamentului nucleului topit în timpul formării sale. Urmărirea modului în care componentele se deformează și localizarea zonei în care se inițiază apariția nucleului topit au permis finalizarea modelului matematic, prin înțelegerea mai bine a datelor inițiale și a constantelor care se utilizează.
- Analiza experimentală a corelației dintre modul de formare a nucleului topit și câmpul electric, reprezintă o *contribuție personală*, care verifică în mod excelent modelul matematic prezentat în prima parte (teoretică) a acestei teze. A fost dovedit prin experiment, corelația dintre inițierea toroidală a nucleului topit, prevăzută teoretic și confirmată experimental și distribuția densității de curent și a generării de căldură prin efect Joule. De asemenea a fost dovedit experimental inițierea expulzării de material la marginea nucleului topit, acolo unde densitatea de curent și generarea de căldură este maximă.

III. Sistemul Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune, este în întregime o *contribuție personală*, începând cu concepția și proiectarea acestuia, până la realizarea versiunii comerciale. Căutarea pe Internet, cu principalele servicii de indexare disponibile (Alta Vista, Yahoo, Magelan și altele) nu au permis găsirea nici unei referiri la vre-un sistem expert în domeniul sudării prin presiune; s-au găsit asemenea sisteme doar cu referire la sudarea în medii de gaze protectoare, sub flux sau pentru sudarea prin frecare. În continuare vor fi descrise aspectele inedite legate de fiecare modul component al sistemului:

- Alegerea procedurii de sudare electrică prin presiune, prezintă caracteristicile tipice unui sistem expert, astfel:
 - Programul face o recomandare, dar oferă totodată și soluții alternative cu grad de recomandare mai scăzut.
 - Programul oferă explicații în legătură cu recomandările făcute.
- Recomandările tehnologice se bazează pe consultarea, transparentă pentru utilizator a unei baze de cunoștințe atipice, compilată împreună cu celelalte biblioteci necesare funcționării aplicației.
- Identificarea defectelor la sudarea electrică prin presiune reprezintă o altă aplicație tipică de sistem expert. Aceasta permite, pe baza unui arbore de decizie multiplu, localizarea în baza de date a defectului sau grupului de defecte care corespunde cel mai bine descrierii dată de utilizator. Răspunsul "*Nu știu*" pe care utilizatorul îl poate da în diferitele etape de introducere a datelor este de asemenea o caracteristică a sistemelor expert. Pentru fiecare defect din baza de date, programul oferă informații în legătură cu cauzele care au condus la apariția acestuia și metodele tehnologice pentru evitarea lui. Aceste facilități îndeplinesc cerința de emulare a expertului uman, tipică acestui tip de aplicații.
- Biblioteca de referiri bibliografice din domeniul sudării prin presiune, este tipică pentru un sistem expert, în măsura în care oferă utilizatorului accesul direct la o bază de cunoștințe prin facilitățile de filtrare și căutare a informației dorite. Aspectul *inedit până în prezent* al bazei de cunoștințe îl reprezintă eterogenitatea tipului de fișiere care alcătuiesc baza de cunoștințe; sunt accesibile fișiere în format *.hlp, vizibile cu WinHelp, fișiere *.html, vizibile cu orice navigator

Internet, fișiere *.doc vizibile în format natural cu ajutorul WordViewer, și așa mai departe. Pe lângă documentele locale, baza de date oferă și referiri indirecte la documente din Internet.

- Simulatorul de sudare electrică prin presiune în puncte este o *contribuție personală inedită* nu prin tema abordată, ci prin abordarea statistică a operațiunii de simulare. Avantajul acestei soluții este viteza de simulare deosebit de mare (chiar și pe calculatoare relativ neperformante), față de simulatoarele analitice. De asemenea precizia simulării este foarte bună, aceasta bazându-se pe date experimentale. Dezavantajul acestui tip de abordare îl constituie doar domeniul relativ îngust de aplicare a rezultatelor.

4.2 Considerații finale

Concluziile în legătură cu analiza teoretică (partea I), studiile experimentale (partea a II-a) și sistemul expert (partea a III-a) au fost prezentate în capitolul 1.3, capitolul 2.6 și respectiv capitolul 3.4, deci acestea nu vor fi reluate în continuare. Scopul acestui capitol este de a prezenta o serie de considerații în legătură cu aspectele de ultimă oră, relativ la implementarea rezultatelor acestei teze.

Rezultate parțiale prezentate în această teză au fost publicate și prezentate la sesiuni de comunicări științifice din țară și străinătate. Reacțiile specialiștilor în legătură cu acestea au fost favorabile. În plus, discuțiile pe această temă cu cercetători de la diferite institute, în special din străinătate, au permis încadrarea eforturilor depuse în efortul general de înțelegere prin modelare și simulare a fenomenelor care apar la sudare în general și la sudarea prin presiune în particular.

Au existat îndoieli în legătură cu posibilitatea realizării unui sistem expert de către un singur cercetător, când este cunoscut faptul că pentru o asemenea lucrare, trebuie să lucreze o echipă interdisciplinară timp de mai mulți ani. Scepticii au pierdut din vedere nu numai dezvoltarea incredibilă a performanțelor calculatoarelor în sine, dar nu sunt informați nici în legătură eforturile de dezvoltare a mediilor de programare. Specialiștii de la EXSYS Inc. au dezvoltat un sistem informatic pentru generarea sistemelor expert, cu posibilități de creare și interogare a bazelor de date și a bazelor de cunoștințe structurate în arbori de decizie sau nestructurate.

Acum șase ani Microsoft a lansat Visual Basic, care azi a ajuns la versiunea 5.0, care permite dezvoltarea de aplicații pentru Intranet și Internet. În ultimii zece ani, a devenit o modă în cercurile programatorilor să critice limbajele de nivel înalt nestructurate cum sunt BASIC și FORTRAN. Visual Basic, odată cu apariția sa, s-a dovedit un mediu de programare foarte puternic, cu acces la intimitatea facilităților oferite de Windows (devenit din interfață grafică sistem de operare). Mai mult decât atât, Visual Basic este un limbaj structurat, care permite generarea și interogarea bazelor de date, cu funcții care permit implementarea arborilor de decizie.

Mulți (încă) dintre cei care aud despre un sistem expert declară că acestea se pot genera exclusiv în PROLOG. Acest lucru nu mai este adevărat. PROLOG-ul s-a dovedit o modă care nu a rezistat probei timpului. Visual Basic permite manipularea cunoștințelor, permite implementarea logicii fuzzy și prin capacitatea de creare a bazelor de date relaționale (compatibile pe deplin cu bazele de date ACCESS) a eliminat și ultimul argument în defavoarea sa.

Cel mai important criteriu în alegerea unui mediu de programare este la ora actuală productivitatea. Deși încă mai există discuții legate de compromisul dintre calitate și productivitate, cei care gândesc economic sunt cei care "supraviețuiesc", pe când perfecționiștii nu vor rezista pentru a crea școală. Studii statistice au arătat că dintre proiectele de aplicații software începute circa o treime au trebuit abandonate, iar dintre cele rămase circa jumătate au depășit fondurile alocate și termenele de predare. Din cele arătate aici a rezultat un concept destul

de greu de acceptat în condițiile în care calitatea a devenit aproape o religie, și anume "destul de bun este perfect". Bineînțeles, adversarii productivității au prezentat acest concept drept "apologia mediocrității" și discuțiile pe această temă continuă.

Modulele Sistemului Expert pentru Sudarea Electrică prin Presiune au fost realizate în Visual Basic și din discuțiile purtate cu diferite ocazii, specialiștii și-au arătat încântarea și dorința de a achiziționa în întregime sistemul sau doar unele module. În ciuda unei economiei românești sărace și înaintea oricărei acțiuni de promovare, modulul SEPTA (pentru sudarea prin presiune a tablelor acoperite) s-a vândut la un preț ceva mai mare decât o mie de mărci germane.

Cu ocazia prezentării pentru prima oară a rezultatelor preliminare a modulelor SESEP (cu ocazia unei întâlniri în cadrul programului EUREKA 1445), specialiști germani s-au arătat foarte interesați în special de modulul pentru identificarea defectelor la sudare (DefSEP) și de modulul de simulare a sudării electrice prin presiune (SimSEPP). S-a cerut cu insistență traducerea în limba germană a acestora și realizarea unei versiuni demonstrative.

În ultimii doi ani a existat o corespondență destul de intensă cu cercetători de la alte institute de sudură din lume, prin facilitățile oferite de Internet și prin serviciul de poștă electronică. A fost astfel posibil identificarea interesului din alte țări pentru sudarea prin presiune în general și în particular pentru aplicațiile informatice legate de aceasta. În acest mod, cercetători de la EWI, din Statele Unite și-au arătat nu numai interesul entuziast pentru un program de simulare statistică (mod de abordare inedită) dar și-au arătat dorința de a cunoaște și verifica modelele teoretice de analiză prin metoda elementelor finite a distribuției liniilor de curent, cu aplicație directă la înțelegerea inițierii și dezvoltării nucleului topit.

Cercetători de la MPA Stuttgart au realizat în 1992 un program de simulare analitică a sudării electrice prin presiune în puncte. În 1997, la o sesiune de comunicări științifice al Graz, aceștia au prezentat un program de simulare realizat prin metoda elementelor finite. În urma discuțiilor avute, ei și-au arătat interesul de a compara rezultatele simulărilor obținute acolo, prin metoda elementelor finite, cu rezultatele simulărilor statistice și eventual combinarea metodelor în vederea optimizării vitezei de sudare și realizarea unui program rapid și compact.

La Universitatea din Osaka, în cadrul Institutului de Sudură, s-au obținut rezultate foarte interesante prin modelarea dinamică a comportamentului interfeței dintre componente în timpul trecerii curentului electric. În urma corespondenței purtate cu cercetători de la Departamentul de Modelare Matematică din cadrul acestui institut, s-a conturat ideea unei colaborări științifice pe această temă, în cadrul politic creat de colaborarea nipono-română pe multiple planuri.

În încheierea acestei teze trebuie arătat faptul că metodele de lucru prezentate vor fi cu siguranță depășite în următorii zece ani, datorită creșterii greu de bănuț a puterii de calcul și a evoluției sistemelor de operare și a mediilor de programare. Cu siguranța în următoarele decenii se vor dezvolta sisteme de inteligență artificială, capabile nu numai să simuleze învățarea (lucru care nu mai este o noutate) dar mai mult, vor reuși să simuleze fenomenul de înțelegere, ceea ce va modifica radical conceptul de programare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] ***, EN 1792, Welding - Multilingual list of terms for welding and related processes
- [2] ***, General Book of electrical welding - Sciaky Electric Welding Machines Ltd.
- [3] ***, Help Assistant, Help file, TecKnow Logic, SUA, 1993.
- [4] ***, Help Compiler Reference, Help file, Microsoft Corporation, SUA, 1992.
- [5] ***, Help Engine Development Kit HLPDK System Overview, HyperAct Inc., SUA, 1994.
- [6] ***, ISO 1089, Electrode taper fits for spot welding equipment - Dimensions
- [7] ***, ISO 5183, Resistance spot welding electrode adaptors
- [8] ***, ISO 5184, Straight resistance spot welding electrodes
- [9] ***, ISO 5821, Resistance spot welding electrode caps
- [10] ***, ISO 5828, Resistance welding equipment - Secondary connecting cables with terminals connected to water-cooled lugs - Dimensions and characteristics
- [11] ***, ISO 669, Rating of resistance welding equipment
- [12] ***, ISO 693, Dimensions of seam welding wheel blanks
- [13] ***, ISO 865, Slots in platens for projection welding machines
- [14] ***, Lcs transformateurs Sciaky pour machines electriques a souder par resistance. Sciaky, France.
- [15] ***, Metals Handbook, Ninth Edition, Volume 6 Welding, Brazing and Soldering, Ohio, 1987.
- [16] ***, Microsoft ENCARTA '97, Expert System, Artificial Intelligence, 1997, United States of America
- [17] ***, Microsoft Internet Assistant for Word 6.0 for Windows, HTML file, Microsoft Corporation, SUA, 1995.
- [18] ***, Microsoft Windows Help Authoring Guide, Help file, Microsoft Corporation, SUA, 1993.
- [19] ***, Pratiques recomandées pour le soudage par resistance. Editions Techniques Languelin, 1971.
- [20] ***, Recommended Practices for Automotive Weld Quality - Resistance Spot Welding, AWS D8.7-88, Miami, 1988.
- [21] ***, Recommended Practices for Resistance Welding Coated Low Carbon Steels, AWS C1.3-70, Miami, 1970.
- [22] ***, Richtwerte zum Punkt-, Bukel- und Nahtschweissen, H.A. Schlatter AG, 1995.
- [23] ***, RuleBook™ User's Guide, © 1996 EXSYS Inc., February 20 1996, Louisiana, United States of America
- [24] ***, SR 13207-1994, Sudarea cap la cap prin topire intermediară a metalelor feroase. Prescripții de execuție și condiții pentru inspecție.
- [25] ***, SR EN 20693-1995, Dimensiunile discurilor pentru role electrod de sudare în linie.
- [26] ***, SR EN 20865-1995, Canale în platourile mașinilor de sudat în relief.
- [27] ***, SR EN 21089-1993, Fixări pe con ale electrozilor pentru mașini de sudat în puncte. Dimensiuni.
- [28] ***, SR EN 25183/2-1993, Sudare electrică prin presiune în puncte. Corpuri pentru electrod cu con exterior 1:10. Partea II: Fixare pe cilindru prin presare.
- [29] ***, SR EN 25183-1993, Sudare electrică prin presiune în puncte. Corpuri pentru electrod cu con exterior 1:10. Partea I: Fixare pe con, conicitate 1:10.
- [30] ***, SR EN 25821-1993, Capete amovibile pentru electrozi pentru sudare electrică prin presiune în puncte.
- [31] ***, SR EN 28167-1994, Bosaje pentru sudare electrică prin presiune.
- [32] ***, SR EN 29313-1995, Mașini de sudat electric prin presiune în puncte. Țevi de răcire.

- [33] ***, SR EN 50063-1995, Reguli de securitate privind construcția și instalarea mașinilor de sudat electric prin presiune și procedee conexe.
- [34] ***, SR ISO 5182-1993, Materiale pentru electrozi pentru sudare electrică prin presiune și echipamente anexe.
- [35] ***, SR ISO 5184-1993, Electrozi drepți pentru sudarea electrică prin presiune în puncte.
- [36] ***, SR ISO 5827-1993, Mașini de sudat în puncte. Echipamente inferioare și bride de strângere.
- [37] ***, SR ISO 5829-1993, Sudare electrică prin presiune în puncte. Corpuri pentru electrod cu cap amovibil (con interior 1/10).
- [38] ***, SR ISO 5830-1993, Sudare electrică prin presiune în puncte. Capete amovibile cu con exterior pentru electrod.
- [39] ***, SR ISO 6210/1-1995. Cilindri pentru capete pentru sudare electrică prin presiune montate pe robot. Partea I: Condiții generale.
- [40] ***, SR ISO 7931-1993. Capace și inele izolate pentru echipamente de sudat electric prin presiune.
- [41] ***, SR ISO 857-1994, Procedee de sudare și lipire moale (vocabular).
- [42] ***, Standard for Automotive Resistance Spot Welding Electrodes, AWS D8.6-77, Miami, 1977.
- [43] ***, STAS 10626/1-81, Electrozi de contact pentru sudare în puncte. Capete pentru electrozi drepți din două piese. Forme și dimensiuni.
- [44] ***, STAS 10942-84, Transformatoare pentru mașini de sudat electric prin presiune. Condiții tehnice generale.
- [45] ***, STAS 10952/2-78, Sudarea metalelor. Analiza metalografică a îmbinărilor sudate prin presiune.
- [46] ***, STAS 11051/1-84, Mașini de sudat electric prin presiune. Condiții tehnice generale.
- [47] ***, STAS 11051/2-86, Mașini universale de sudat electric prin presiune cap la cap. Parametri principali.
- [48] ***, STAS 11051/3-86, Mașini staționare de sudat electric prin presiune în puncte. În linie și în relief. Parametri principali.
- [49] ***, STAS 11051/4-89, Mașini suspendate de sudat electric prin presiune în puncte cu transformator încorporat.
- [50] ***, STAS 11052-79, Mașini de sudat electric prin presiune. Clasificare și terminologie.
- [51] ***, STAS 11182-79, Electrozi de contact pentru sudarea în puncte, în relief și în linie. Clasificare.
- [52] ***, STAS 11244-79, Îmbinări sudate în puncte ale oțelurilor. Clase de execuție.
- [53] ***, STAS 11253-85, Îmbinări sudate. Bosaje pentru sudarea în relief a tablelor de oțel. Forme și dimensiuni.
- [54] ***, STAS 12279-84, Îmbinări sudate în puncte, în relief și în linie. Elemente constructive și dimensiuni.
- [55] ***, STAS 12691-88, Mașini de sudat electric prin presiune. Transformatoare cu două înfășurări secundare separate pentru sudarea în puncte multiple, utilizate în industria de automobile.
- [56] ***, STAS 12901-90, Mașini de sudat electric prin presiune. Cabluri de racordare secundare cu extremitățile racordate la borne răcite cu apă. Dimensiuni și caracteristici.
- [57] ***, STAS 13107-92, Sudare electrică prin presiune în puncte a tablelor de oțel cu conținut scăzut de carbon, neacoperite și acoperite. Prescripții de execuție și condiții pentru inspecție.
- [58] ***, STAS 13108-92, Sudarea electrică prin presiune în relief a tablelor de oțel cu conținut scăzut în carbon, neacoperite. Prescripții de execuție și condiții pentru inspecție.
- [59] ***, STAS 13123-92, Sudarea electrică prin presiune în linie a tablelor de oțel cu conținut scăzut de carbon, neacoperite și acoperite. Prescripții pentru inspecție.

- [60] ***, STAS 7932/1-90, Încercările mecanice ale îmbinărilor sudate în puncte, în relief și în linie ale metalelor. Încercarea la forfecare prin tracțiune.
- [61] ***, STAS 7932/2-90, Încercările mecanice ale îmbinărilor sudate în puncte și în relief ale metalelor. Încercarea la tracțiune.
- [62] ***, STAS 7932/3-90, Încercările mecanice ale îmbinărilor sudate în puncte, în relief și în linie ale metalelor. Încercarea tehnologică la smulgere.
- [63] ***, STAS 7932/4-90, Încercările mecanice ale îmbinărilor sudate în puncte și relief ale metalelor. Încercarea la răsucire.
- [64] ***, STAS 7932/5-90, Încercările mecanice ale îmbinărilor sudate în puncte, în relief și în linie ale metalelor. Încercarea la duritate.
- [65] ***, STAS ISO 8430-1-92, Sudare electrică prin presiune în puncte. Portelectrozi. Partea I: Fixare pe con 1:10.
- [66] ***, STAS ISO 8430-2-92, Sudare electrică prin presiune în puncte. Portelectrozi. Partea II: Fixare pe con Morse.
- [67] ***, STAS ISO 8430-3-92, Sudare electrică prin presiune în puncte. Portelectrozi. Partea III: Fixare cilindrică prin presare.
- [68] ***, Taschenbuch - DVS - Merkblätter Widerstandschweisstechnik 1988 - Fachbuchreihe Schweißtechnik - DVS - Verlag GmbH, Düsseldorf.
- [69] ***, Welding Handbook, Eight Edition, Volume 2 Welding Processes, Miami, 1991.
- [70] ***, Widerstandschweissen (EWE) SLV München-DVS (Sudarea electrică prin presiune - Curs pentru ingineri sudori europeni, EWE).
- [71] Adamczyk, Gould, White, Resistance Spot Welding Weldability of Some One-Side Coated Sheet Steel, CODE: MR8801, <http://www.ewi.org:2001/cgi-bin/>, 1997.
- [72] Adams, T., Non-destructive Evaluation of Resistance Spot Welding Variables Using Ultrasound, 1985, *Welding Journal* 64(6): 27 to 31.
- [73] Adler, Fiedler, Meng, Nagy, Rokhlin, NDE of Weld, Materials Characterisation and Manufacturing Process Control, CODE: MR8701, <http://www.ewi.org:2001/cgi-bin/>, 1997.
- [74] Adler, Meng, Rokhlin, Ultrasonic Evaluation of Spot Welds, CODE: MR8806, <http://www.ewi.org:2001/cgi-bin/>, 1997.
- [75] Adler, Nagy, Rokhlin, Nondestructive Evaluation of Solid-State Weld Quality, CODE: MR8807, <http://www.ewi.org:2001/cgi-bin/>, 1997.
- [76] Aidun, D.K., Bennett, R.W., Effect of Resistance Welding Variables on the Strength of Spot Welded 6061-T6 Aluminum Alloy, 1985, *Welding Journal* 64(12): 12 to 23.
- [77] Alcini, W.V., A Measurement Window into Resistance Welding, 1990, *Welding Journal* 69(2): 47-s to 52-s.
- [78] Alcini, W.V., Experimental Measurement of Liquid Nugget Heat Convection in Spot Welding, 1990, *Welding Journal* 69(5): 117-s to 121-s.
- [79] Anjaneyulu, T., Reddy, G.P., Patange, S.R., Microprocessor-Based Resistance Welding Monitor, 1985, *Welding Journal* 64(12): 32 to 41.
- [80] Antonescu, I., Boarnă, C., Doboșan, V., Stoianovici, P., Sudarea prin presiune. Editura Tehnică, București, 1969.
- [81] Baeslack, W.A., Zorko, I., English, S. C., Cox, A., Capacitor Discharge Resistance Spot Welding of SiC Fibber-Reinforced Ti-6Al-4V, 1993, *Welding Journal* 72(10): 479-s to 483-s.
- [82] Baron, J., and Irving, B., Mash Seam Resistance Welding Fights it Out with the Laser Beam, 1994, *Welding Journal* 73(7): 33 to 41.
- [83] Bauer, L., Benard, J., Berstein, B., Czechowski, J., D'Andrea, M., Hogle, R., Wood, R., A Closed-Loop Control System for Three-Phase Resistance Spot Welding, 1985, *Welding Journal* 64(12): 26 to 32.
- [84] Bhat, S., Han, Z., Indacocha, J.E., Chen, C.H., Weld Nugget Development and Integrity in Resistance Spot Welding of High-Strength Cold-Rolled Sheet Steels, 1993, *Welding Journal* 72(5): 209-s to 217-s.

- [85] Bosman, A.W.M., Resistance Welding Aluminium and its Alloys, I.I.W. in Budapest. Doc. No. III-1071-1996.
- [86] Bowers, R.J., Sorenson, C.D., Eagar, T.W., Electrode Geometry in Resistance Spot Welding, 1990, Welding Journal 69(2): 45 to 51.
- [87] Box, G., Draper, N., EVOP - Operarea evolutivă, Editura Tehnică, București, 1975
- [88] Brown, B.M., A Comparison of AC and DC Resistance Welding of Automotive Steels, 1987, Welding Journal 66(1): 18 to 19.
- [89] Browne, D. J., Chandler, H. W., Evans, J. T., and Wen, J., 1995, Aluminum Part I, Computer Simulation of Resistance Spot Welding, Welding Journal 74(10): 339-s to 346-s.
- [90] Browne, D. J., Chandler, H. W., Evans, J. T., and Wen, J., 1995, Aluminum Part II, Computer Simulation of Resistance Spot Welding, Welding Journal 74(12): 417-s to 424-s.
- [91] Chang, H.S., Cho, H.S., A Study on the Shunt Effect in Resistance Spot Welding, 1990, Welding Journal 69(8): 308-s to 322-s.
- [92] Chen, C.H., Han, Z., Orozco, J., Indacochea, J.E., Resistance Spot Welding: A Heat Transfer Study, 1989, Welding Journal 68(9): 363-s to 371-s.
- [93] Chu T. K. and C. H. Ho, International conference thermal conductivity, 24 to 26 Aug. 1977, Ottawa, Canada Proceedings conference. New York 1978 79/104
- [94] Constantinescu, I., Golumbovici, D., Militaru, C., Prelucrarea datelor experimentale cu calculatoare numerice, București, Ed. Tehnică 1980.
- [95] Dai, W.L., Dickinson, D.W., Papritan, J.C., Tsai, C., Analysis and Development of Real-Time Control Methodology in Resistance Spot Welding, 1991, Welding Journal 70(12): 339-s to 352-s.
- [96] Darrah, J., Controllers, SCR Contactors Vital to Resistance Welding, 1995, Welding Journal 74(8): 53 to 57.
- [97] David, S.A., Santella, M.L., Horton, J.A., Welding Behaviour and Microstructure of a Ni3Al Alloy, 1988, Welding Journal 67(3): 63-s to 70-s.
- [98] Dickinson, D.W., Tsai, C.L., Jammal, O.A., Papritan, J.C., Modelling of Resistance Spot Weld Nugget Growth, 1992, Welding Journal 71(2): 47-s to 53-s.
- [99] Eagar, T.W., Kim, E.W., Measurement of Transient Temperature Response during Resistance Spot Welding, 1989, Welding Journal 68(8): 303-s to 312-s.
- [100] Eagar, T.W., Lane, C.T., Sorensen, C.D., Hunter, G.B., Gedeon, S.A., Cinematography of Resistance Spot Welding of Galvanised Steel Sheet, 1987, Welding Journal 66(9): 260-s to 266-s.
- [101] Fogarassy, P., Algorithms for experimental optimisation of welding technologies, in "Productivity and quality in welding and joint techniques", Timișoara, septembrie 1992
- [102] Fogarassy, P., Burcă, M., Analiza statistică a parametrilor stratului de protecție a oțelurilor zincate la cald, "Lucrările Sesiunii de Comunicări Științifice", Universitatea "Aurel Vlaicu", Facultatea de Inginerie, Arad 1994.
- [103] Fogarassy, P., Folosirea experimentelor factoriale pentru elaborarea tehnologiilor de sudare prin presiune, în "Lucrările Sesiunii de Comunicări Științifice", mai, 1992 Universitatea "Aurel Vlaicu" Facultatea de Inginerie, Arad
- [104] Fogarassy, P., Informational analyse for the Expert System in Sheets Resistance Welding, "Sudura", nr.2 1994, Timișoara.
- [105] Fogarassy, P., Optimizarea experimentală prin căutare directă a funcțiilor monovariabile cu aplicații la sudarea electrică prin presiune în puncte. "Noutăți în domeniul tehnologiilor și utilajelor pentru prelucrare la cald a materialelor", Vol. VII - Tehnologii de sudare, Brașov. 29-30 aprilie 1993.
- [106] Fogarassy, P., Optimizarea prin metoda înjumătățirii intervalului. Aplicație la sudarea electrică prin presiune în puncte, "Noutăți în domeniul tehnologiilor și utilajelor pentru prelucrare la cald a materialelor", Vol. VII - Tehnologii de sudare, Brașov. 29-30 aprilie '93.

- [107] Fogarassy, P., Optimizarea tehnologiilor de sudare electrică prin presiune în puncte cu ajutorul operării evolutive, "Lucrările Sesiunii de Comunicări Științifice", mai 1992. Universitatea "Aurel Vlaicu" Facultatea de Inginerie, Arad
- [108] Fogarassy, P., Perța, Gh., Bocean, M., Sudarea electrică prin presiune în linie. Determinarea parametrilor tehnologici, "Lucrările celei de-a VII-a conferințe de sudură și încercări de materiale", Timișoara, aprilie 1989.
- [109] Fogarassy, P., Perța, Gh., Optimizarea consumului de energie la sudarea electrică prin presiune în puncte, B.Ș.T. al I.P.T.V.T., 1989.
- [110] Fogarassy, P., Perța, Gh., Sudarea electrică prin presiune în puncte. Determinarea parametrilor tehnologici, "Lucrările celei de-a VII-a conferințe de sudură și încercări de materiale", Timișoara, aprilie 1989.
- [111] Fogarassy, P., Perța, Gh., Sudarea electrică prin presiune în puncte a oțelurilor inoxidabile. Determinarea parametrilor tehnologici, "Construcții de mașini", Timișoara 1989.
- [112] Fogarassy, P., Safta, V., Current Flow Analysis in Resistance Spot Welding, Mathematical Modelling of Weld Phenomena 4, Graz, 1997.
- [113] Fogarassy, P., Safta, V., Statistic analyse of the main resistance spot welding parameters influence upon the welded spot quality, "Sudura", nr.4 1993, Timișoara.
- [114] Fogarassy, P., Studiul influenței formei vârfului electrozilor asupra calității îmbinării sudate prin rezistență în puncte, "Lucrările celei de a VIII-a Conferințe de Tehnologii Moderne de Sudare", Galați, octombrie 1993.
- [115] Fogarassy, P., Studiul influenței impurificării suprafeței componentelor la sudarea prin rezistență, "Lucrările Sesiunii de Comunicări Științifice", Universitatea "Aurel Vlaicu", Facultatea de Inginerie, Arad 1994.
- [116] Fogarassy, P., Studiul variației presiunii de contact la sudarea prin rezistență în puncte. "Conferința Jubileu 25 ani de la înființarea ISIM Timișoara", 1994.
- [117] Fogarassy, P., The nudget's dimension and shape influence upon the Resistance Spot Welding Quality, "Zavarivae", nr.3 / 1994 Beograd - Yugoslavia.
- [118] Gooch, T.G., Sharples, R.V., Effect of Welding Variables on Cracking in Cobalt-Based SMA Hardfacing Deposits, 1992, Welding Journal 71(5): 195-s to 201-s.
- [119] Goodwin, G.M., The Effects of Heat Input and Weld Process on Cracking in Stainless Steel, 1988, Welding Journal 67(4): 88 to 92.
- [120] Gould, J.E., An Examination of Nugget Development during Spot Welding Using Both Experimental and Analytical Techniques, 1987, Welding Journal 66(1): 1-s to 11-s.
- [121] Gould, J.E., Lehman, L.R., A Design of Experiments Evaluation of Resistance Spot Welding Manufacturability, Part1: Single-Factor Effects, CODE: MR9408, <http://www.cwi.org:2001/cgi-bin/>, 1997.
- [122] Gould, Kimchi, Seam Welding Coated Steels, CODE: MR9112, <http://www.ewi.org:2001/cgi-bin/>, 1997.
- [123] Gould, Peterson, Resistance Welding Research Evaluation of Coated Steels, Part 1: Weldability Lobe Analysis, CODE: MR8802, <http://www.ewi.org:2001/cgi-bin/>, 1997.
- [124] Gould, Peterson, Resistance Welding Research Evaluation of Coated Steels, Part 2: Dynamic Resistance Studies, CODE: MR8809, <http://www.ewi.org:2001/cgi-bin/>, 1997.
- [125] Gould, Peterson, Resistance Welding Research Evaluation of Coated Steels, Part 3: Nugget Development Studies, CODE: MR8814, <http://www.ewi.org:2001/cgi-bin/>, 1997.
- [126] Gray D.E., American Institute of Physics Handbook. 2. Aufl. New York 1963. S. 2-52 u. 3-82 ff.
- [127] Green, E. A., Air Pressure Often Overlooked in Resistance Welding, 1991, Welding Journal 70(6):91-s to 115-s
- [128] Hollar Jr., D.L., Resistance Seam Welding of Thin Copper Foils, 1993, Welding Journal 72(6): 37 to 43.
- [129] Kanne Jr., W.R., Solid-State Resistance Welding of Cylinders and Spheres, 1986. Welding Journal 65(5): 33-s to 41-s.

- [130] Karagoulis, M.J., A Nuts-and-Bolts Approach to the Control of Resistance Spot Welding, 1994, *Welding Journal* 73(7): 27 to 32.
- [131] Lheureux, G.E., Belotte, E.J. - Le soudage par resistance. Dunod, Paris, 1965
- [132] Mallya, U.D., Srinivas, H. S., Effect of Magnetic Steering of the Arc on Clad Quality in Submerged Arc Strip Cladding, 1993, *Welding Journal* 72(7): 289-s to 294-s.
- [133] Matsuyama, K., Numerical simulation of Nugget Formation Process in Resistance Spot Welding Aluminum Alloys and its Application to the Quality Monitoring of Spot Welds, I.I.W. in Budapest, Doc. No. III-1060-1996.
- [134] Matsuyama, K., Procedure for Reducing the Solution time by using Numerical Simulation Techniques for the Measurement of Weld Nugget Diameter, I.I.W. in Beijing, Doc. No. III-1028-1994
- [135] Matsuyama, K., Sato, H., Nishiu, Y., and Nishiguch, K., Computer Aided Monitoring System of Nugget Formation Process in Resistance Spot Welding, Proc. Of the 5th International Symposium of JWS in Makuhari, 1990, pp 577 to 582.
- [136] Mikloši, C. și colab. - Sudarea metalelor. Editura Tehnică, București, 1965.
- [137] Negre, J., Le Soudage électrique par resistance, 5-e Edition revue et augmentée, Paris 1980.
- [138] Pascariu, I., Elemente finite. Concepte - aplicații, Editura Militară, București, 1985.
- [139] Perța, Gh., Fogarassy, P., Borza, I., Metodă de calcul a parametrilor de sudare electrică prin presiune în linie a oțelurilor obișnuite, "Soluții noi, eficiente în proiectarea și execuția structurilor", Timișoara 1986.
- [140] Perța, Gh., Tehnologii de sudare prin presiune, Editura UTT, Timișoara, 1993.
- [141] Powell R. W., A symposium on high - temperature steels and alloys for gas turbines. London 1952. (Spec. Rep. Iron Steel Inst. No. 43). S. 15/18
- [142] Richter, F. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften von 52 Eisen -werkstoffen. Dusseldorf 1973. (Stahleisen - Sonder - berichte. H. 8.)
- [143] Safta, V., Fogarassy, P., Program pentru regăsirea automată a informației documentare. în "Lucrările Sesiunii de Comunicări Științifice", mai, 1992 Universitatea "Aurel Vlaicu" Facultatea de Inginerie, Arad
- [144] Santos, J.F.L., Quintino, L., Processos de Soldadura, Vol. II, Instituto de Soldadura e Qualidade, Lisboa, 1993.
- [145] Sima, V., Varga, A., Practica optimizării asistate de calculator, Editura Tehnică, București. 1986
- [146] Suyoto, Kurozawa, T., Ogawa, K., and Takehara, A., Development of Expert System for Assisting Process Planning of Friction Welding, (2nd Report, Modifying System of Candidate Welding Conditions Using Fuzzy Reasoning), Mechanical Systems Engineering, Osaka Prefecture University, 1996, Osaka, Japan
- [147] Suyoto, Kurozawa, T., Ogawa, K., and Takehara, A., Development of Expert System for Assisting Process Planning of Friction Welding, (1st Report, Knowledge Base and Reasoning Method of Friction Welding Conditions), Mechanical Systems Engineering, Osaka Prefecture University, 1995, Osaka, Japan
- [148] Thornton, P.H., Krause, A.R., and Davies, R.G., Contact Resistances in Spot Welding, 1996, *Welding Journal* 75(12): 402-s to 412-s.
- [149] Tudor, A. Contactul real al suprafețelor de frecare. Editura Academiei Române. București. 1990
- [150] Wang, P. C., Chisholm, S. K., Banas, G., and Lawrence Jr., F. V, Aluminum, The Role of Failure Mode, Resistance Spot Weld and Adhesive on the Fatigue Behaviour of Weld-Bonded Aluminum, 1995, *Welding Journal* 74(2): 41 to 43.
- [151] Wang, P.C. and Ewing, K.M., Effect of Weld Design on the Fatigue Strength of Laser and Resistance Spot Welded Tubular T-joints for Automotive Applications, 1994, *Welding Journal* 73(9): 209-s to 214-s.

ANEXA 1

INFLUENȚA CURENTULUI ȘI TIMPULUI DE SUDARE ASUPRA REZISTENȚEI LA FORFECARE PRIN TRACȚIUNE A ÎMBINĂRII SUDATE ELECTRIC PRIN PRESIUNE ÎN PUNCTE

- Reprezentări grafice -

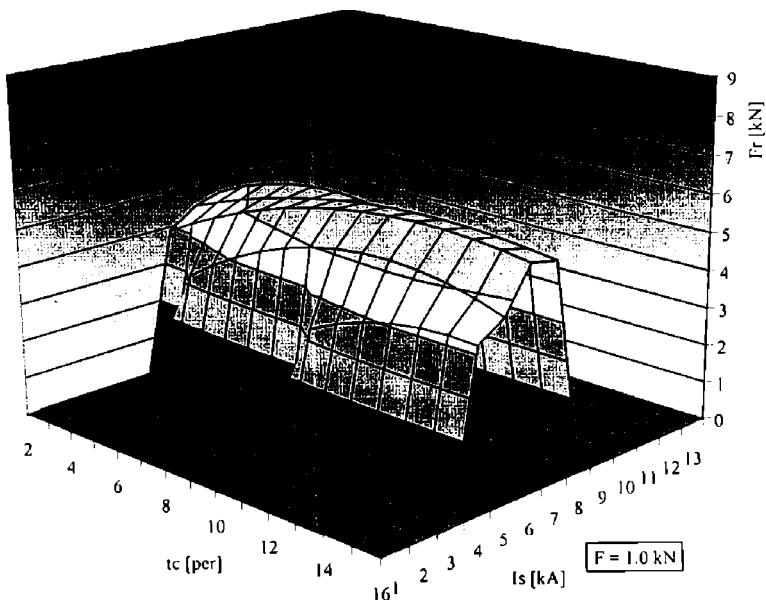


Figura A1.1 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $F=1,0 \text{ kN}$

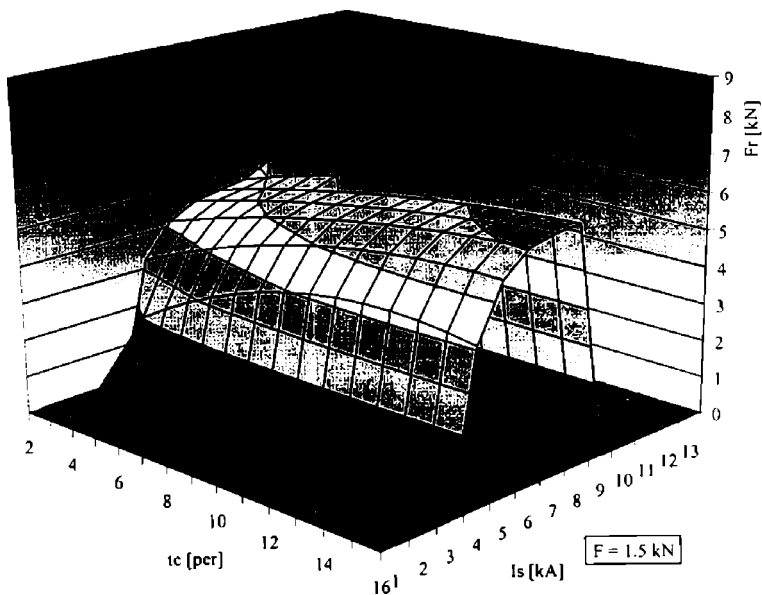


Figura A1.2 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $F=1,5 \text{ kN}$

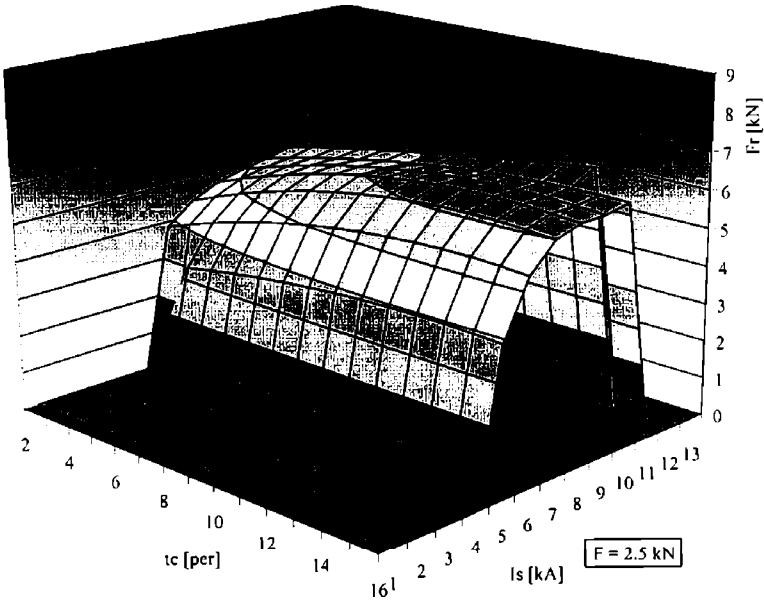


Figura A1.3 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $F=2,5$ kN

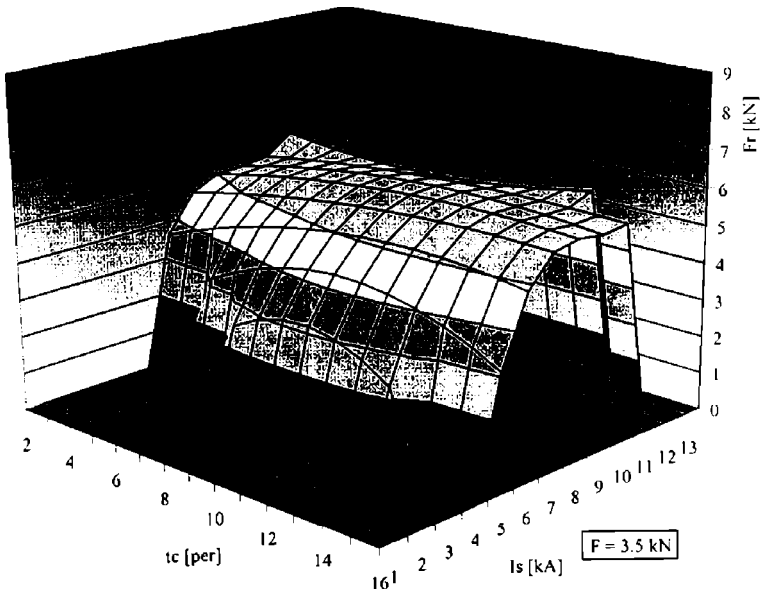


Figura A1.4 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $F=3,5$ kN

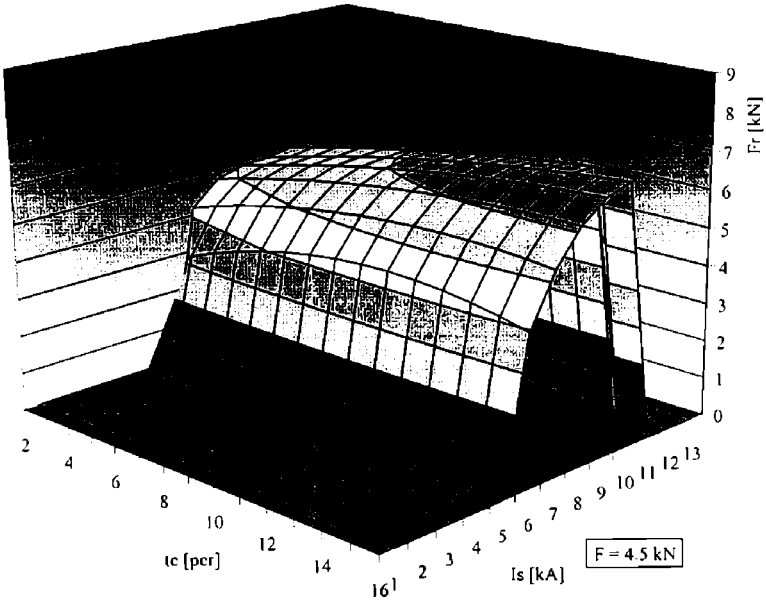


Figura A1.5 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $F=4,5$ kN

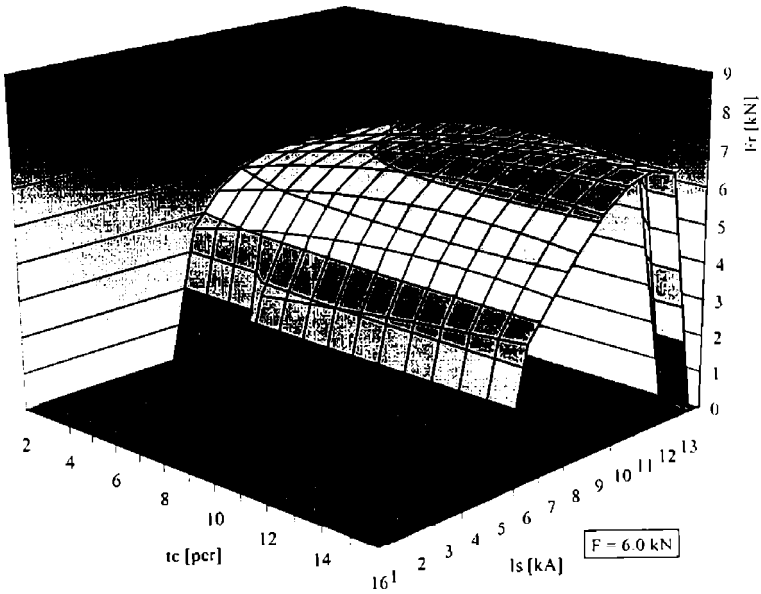


Figura A1.6 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $F=6,0$ kN

ANEXA 2

INFLUENȚA CURENTULUI ȘI FORȚEI DE APĂSARE ASUPRA REZISTENȚEI LA FORFECARE PRIN TRACȚIUNE A ÎMBINĂRII SUDATE ELECTRIC PRIN PRESIUNE ÎN PUNCTE

- Reprezentări grafice -

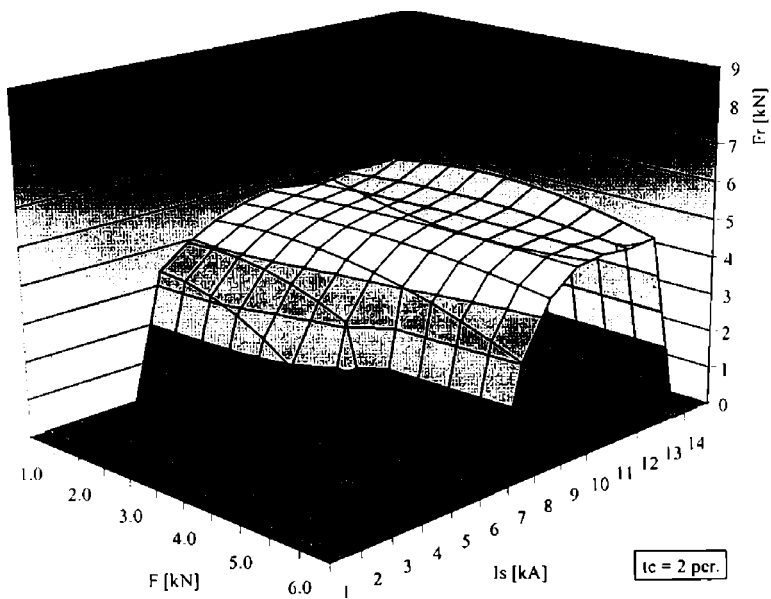


Figura A2.1 Influența curentului și forței de apăsare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $t_c=2$ perioade

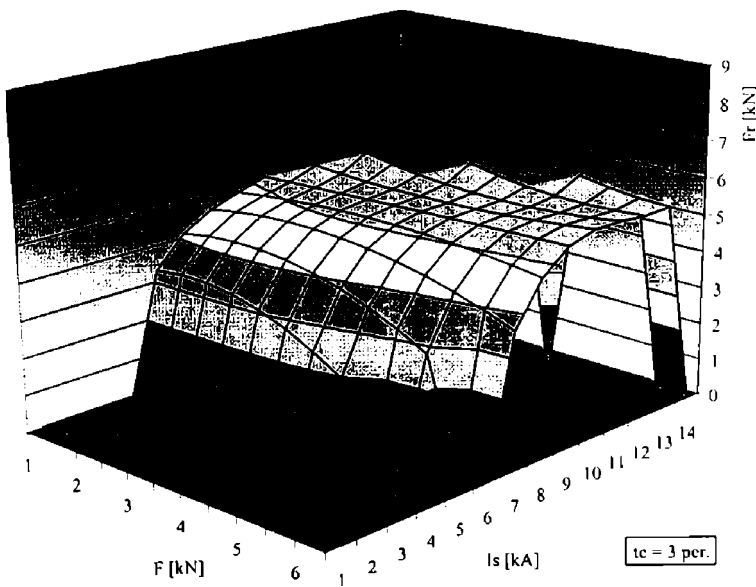


Figura A2.2 Influența curentului și forței de apăsare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $t_c=3$ perioade

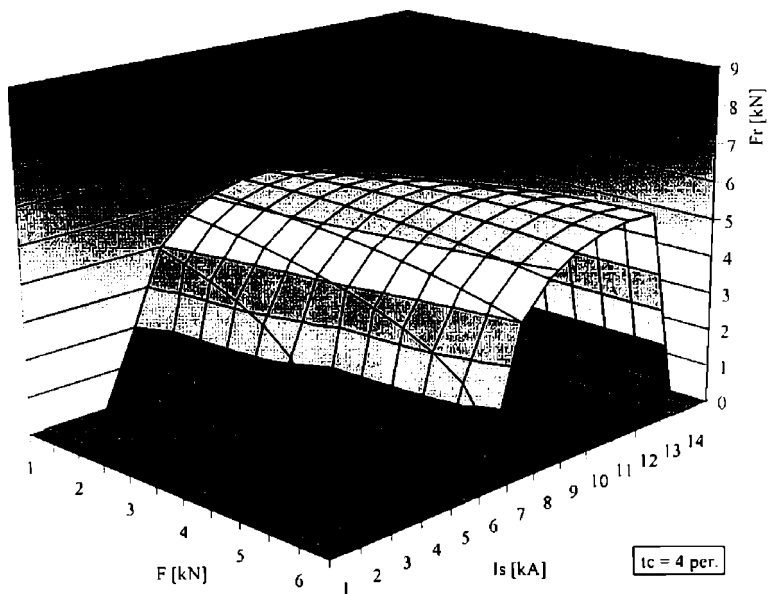


Figura A2.3 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $t_c=4$ perioade

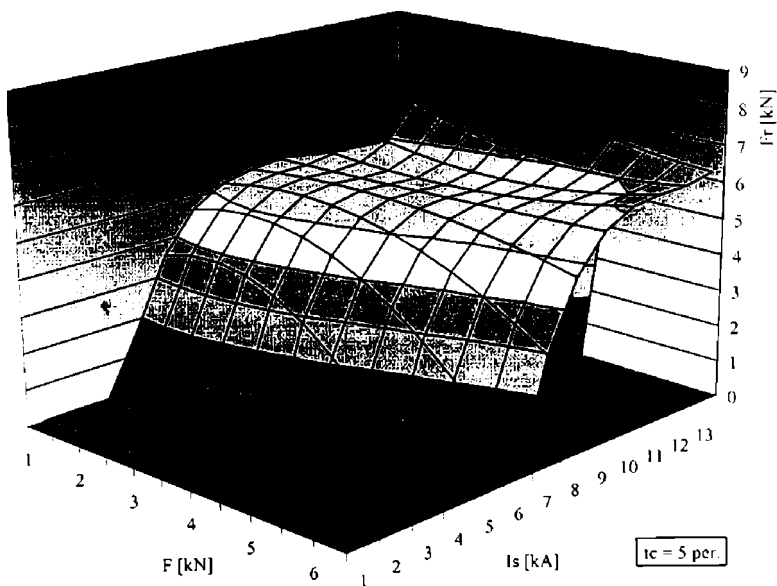


Figura A2.4 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $F=5$ perioade

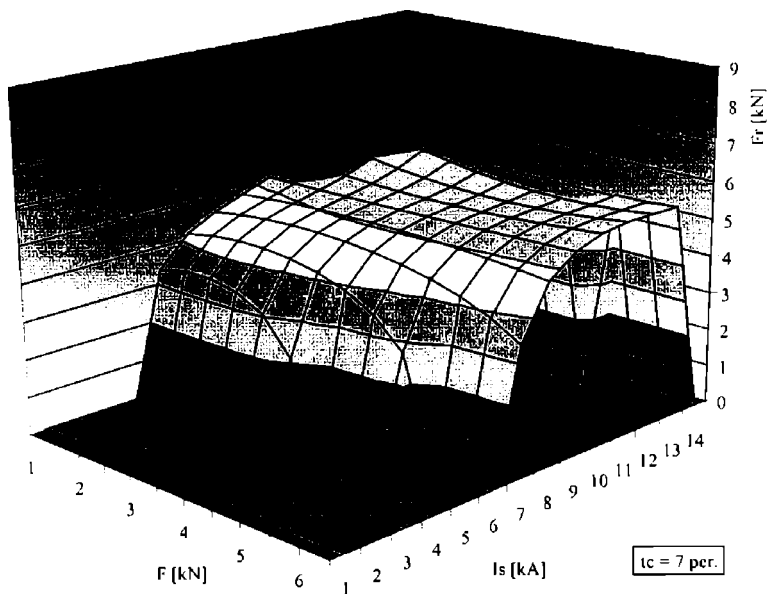


Figura A2.5 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la t_c=7 perioade

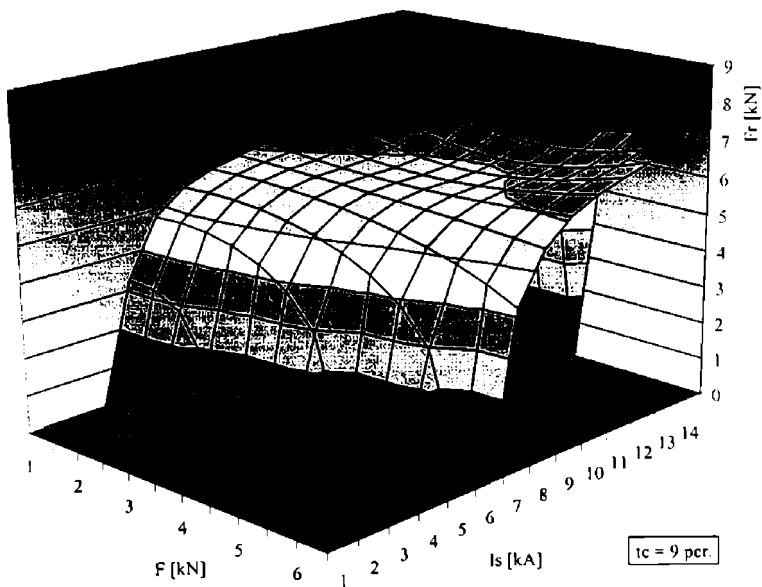


Figura A2.6 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la t_c=9 perioade

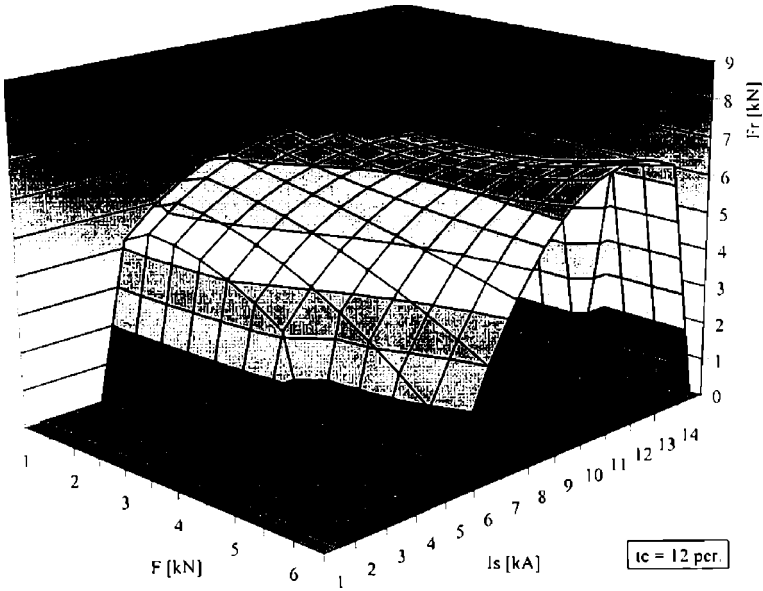


Figura A2.7 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $t_c=12$ perioade

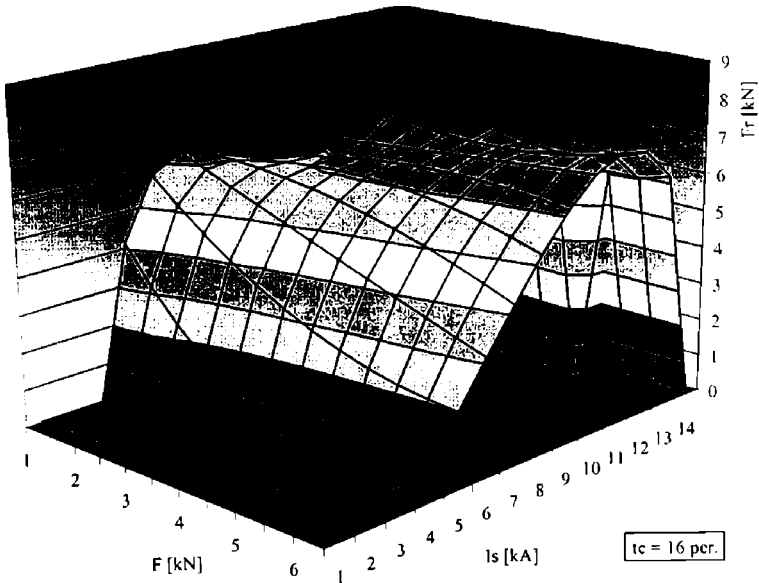


Figura A2.8 Influența curentului și timpului de sudare asupra rezistenței la rupere a îmbinării sudate la $t_c=16$ perioade

ANEXA 3

INFLUENȚA PRINCIPALILOR PARAMETRII DE SUDARE ASUPRA REZISTENȚEI LA RUPERE A ÎMBINĂRII SUDATE

- Rezultatele analizei statistice -

ANEXA 3

Maximum deviation for any observation = 0.531023
Proportion of variance explained (R²) = 0.9781 (97.81%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
c	2	16	7.79256	4.63959
cc	5.3	12.2	8.61132	1.94211
Pr	2.78	6.9	5.30699	0.911861

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c	1	-42.4449	11.1638	-3.80	0.00047
cc	1	5.08733	2.6442	1.92	0.06133
cc1	1	14.7223	3.9749	3.70	0.00063
cc11	1	-1.58507	0.947081	-1.67	0.10210
cc2	1	-0.221832	0.130665	-1.70	0.09665
cc21	1	-1.53574	0.46244	-3.33	0.00189
cc211	1	0.0659738	0.0489952	1.40	0.16439
cc212	1	0.171234	0.110677	1.55	0.12951
cc2121	1	-0.00647058	0.00548089	-1.22	0.23049
c13	1	0.0548444	0.0175956	3.04	0.00432
c13C	1	-0.00614942	0.00421494	-1.46	0.15220
c13C2	1	0.00027351	0.000208553	1.09	0.28300

Influenta curentului si timpul de current asupra rezistentei la rupere a subinarii: sudate pentru Fv6.0 kWh

Parameter c, cc, cc1, cc2, cc21, cc211, cc212, cc13, c13C, c13C2

Function $Pr = (cc + cc1 + cc2 + cc21 + cc211 + cc212 + cc13 + c13C + c13C2) * c$

----- Final Results -----

Relative function convergence.
Number of iterations performed = 5
Final sum of squared deviations = 2.14482E+000
Standard error of estimate = 0.313522
Average deviation = 0.132263
Maximum deviation for any observation = 0.803926
Proportion of variance explained (R²) = 0.9616 (96.16%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
c	2	16	7.74576	4.47827
cc	5.4	13.2	9.20169	1.94205
Pr	2.86	6.78	5.33831	0.931718

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c	1	-36.4587	17.1126	-0.84	0.40341
cc	1	-3.64286	3.39565	-1.07	0.28884
cc1	1	4.26274	5.20939	0.89	0.37977
cc11	1	1.28117	1.95051	0.65	0.51411
cc12	1	0.231011	0.166573	1.39	0.16712
cc121	1	-0.331726	0.256927	-0.61	0.54194
cc1211	1	-0.130103	0.0964979	-1.38	0.16952
cc1212	1	-0.139083	0.119516	-1.16	0.25041
cc12121	1	0.011088	0.0863471	1.25	0.18731
cc13	1	0.002733	0.0176655	0.42	0.67831
c13C	1	0.00049491	0.00426716	1.16	0.25238
c13C2	1	-0.00039594	0.00233072	-1.70	0.09550

Influenta curentului si fortei de apesare asupra rezistentei la rupere a subinarii: sudate la tC=3 perioade

Parameter c, cc, cc1, cc2, cc21, cc212, cc13, c13C

Function $Pr = (cc + cc1 + cc2 + cc21 + cc212 + cc13 + c13C) * c$

----- Final Results -----

Relative function convergence.
Final sum of squared deviations = 1.33857E+000
Standard error of estimate = 0.304525
Average deviation = 0.131663
Maximum deviation for any observation = 0.450893
Proportion of variance explained (R²) = 0.9327 (93.27%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
c	2	6	3.0857	1.59649
cc	4.3	12.6	4.0244	2.03156
Pr	2.34	5.8	4.59805	0.705235

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c	1	-3.42716	0.760649	-3.17	0.00238
cc	1	0.682529	0.0913679	7.50	0.0001
cc1	1	1.30657	0.303287	4.32	0.00014
cc2	1	-0.94573	0.230984	-4.09	0.00027
cc21	1	0.197163	0.0418612	4.69	0.00006
cc212	1	-0.189697	0.0366887	-4.91	0.00003
cc2121	1	-0.0104165	0.00230851	-4.51	0.00009
cc13	1	-0.00210193	0.0011812	-1.78	0.08466
c13C	1	0.00847662	0.00193935	5.32	0.00001

Influenta curentului si fortei de apesare asupra rezistentei la rupere a subinarii: sudate la tC=3 perioade

Parameter c, cc, cc1, cc2, cc21, cc212, cc13, c13C, c13C2

Function $Pr = (cc + cc1 + cc2 + cc21 + cc212 + cc13 + c13C + c13C2) * c$

----- Final Results -----

Relative function convergence.

Final sum of squared deviations = 1.020502E+000
Standard error of estimate = 0.188906
Average deviation = 0.114956
Maximum deviation for any observation = 0.548554
Proportion of variance explained (R²) = 0.9397 (93.97%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
c	1	6	3.18821	1.60414
cc	4.4	13.2	8.20789	1.98336
Pr	2.3	5.6	4.82211	0.675756

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c	1	-10.7756	2.25926	-4.77	0.00005
cc	1	5.11881	0.971944	5.27	0.00001
cc1	1	0.369578	0.0964544	3.85	0.00010
cc2	1	-0.905291	0.143339	-3.52	0.00143
cc21	1	-0.607939	0.140515	-4.33	0.00016
cc211	1	0.0759332	0.0295795	2.93	0.00693
cc212	1	-0.0283172	0.0106189	-2.76	0.00917
cc2121	1	0.00317501	0.00133524	1.62	0.11414
c13	1	0.0260774	0.00682943	3.82	0.00005

Influenta curentului si fortei de apesare asupra rezistentei la rupere a subinarii: sudate la tC=4 perioade

Parameter c, cc, cc1, cc2, cc21

Function $Pr = (cc + cc1 + cc2 + cc21) * c$

----- Final Results -----

Relative function convergence.
Final sum of squared deviations = 1.67670E+000
Standard error of estimate = 0.232567
Average deviation = 0.129873
Maximum deviation for any observation = 0.658664
Proportion of variance explained (R²) = 0.9264 (92.64%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
c	1	6	3.32432	1.60831
cc	4.6	13.1	7.92243	2.01267
Pr	2.6	5.82	4.91459	0.785486

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c	1	-286.394	28.2785	-9.50	0.00000
cc	1	-95.2898	12.2157	-4.53	0.00008
cc1	1	105.405	10.4656	9.86	0.00001
cc11	1	8.19732	3.14936	2.60	0.01427
cc12	1	-6.53201	0.66392	-5.5	0.00001
cc121	1	0.236762	0.239685	-1.12	0.27268

Influenta curentului si fortei de apesare asupra rezistentei la rupere a subinarii: sudate la tC=5 perioade

Parameter c, cc, cc1, cc2, cc21, cc212, cc13

Function $Pr = (cc + cc1 + cc2 + cc21 + cc212 + cc13) * c$

----- Final Results -----

Relative function convergence.
Final sum of squared deviations = 1.25816E+000
Standard error of estimate = 0.198324
Average deviation = 0.121267
Maximum deviation for any observation = 0.469718
Proportion of variance explained (R²) = 0.9621 (96.21%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
c	1	6	3.54678	1.68747
cc	4.5	11.9	7.86993	2.07291
Pr	2.44	6.08	4.95341	0.910709

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c	1	-20.5166	2.97315	-6.89	0.00001
cc	1	0.617556	0.11556	4.84	0.00001
cc1	1	0.87995	0.948885	0.93	0.35021
cc11	1	-0.322853	0.0848253	-3.92	0.00004
cc12	1	-1.15563	0.16363	-3.11	0.00001
cc121	1	-0.989995	0.127979	-7.74	0.00001
cc1211	1	0.210184	0.0317952	6.62	0.00001
cc1212	1	-0.0081161	0.0013954	-4.10	0.00001
cc13	1	0.037034	0.00573119	6.93	0.00001

Influenta curentului si fortei de apesare asupra rezistentei la rupere a subinarii: sudate la tC=7 perioade

Parameter c, cc, cc1, cc2, cc21, cc212, cc13, c13C, c13C2

Function $Pr = (cc + cc1 + cc2 + cc21 + cc212 + cc13 + c13C + c13C2) * c$

----- Final Results -----

Relative function convergence.
Final sum of squared deviations = 7.37001E+001
Standard error of estimate = 0.159417
Average deviation = 0.0935024
Maximum deviation for any observation = 0.416501
Proportion of variance explained (R²) = 0.9566 (95.66%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

ANEXA 3

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
P	3	6	3.18421	1.40414
Ia	4.4	13.2	8.20789	1.98136
Fr	2.3	5.6	4.42231	0.67576

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c	1	-794.564	137.135	-4.49	0.00013
c1	1	297.127	84.8981	3.50	0.00153
cf1	1	32.6396	9.43491	3.47	0.00167
cf2	1	-53.069	12.9368	-4.23	0.00021
cf3	1	-36.3568	13.1745	-2.76	0.00993
cf12	1	7.34193	2.48817	2.95	0.00422
cf13	1	-3.43818	1.13496	-3.26	0.00292
cf212	1	-0.151136	0.147301	-1.03	0.31326
cf13	1	1.78173	0.674002	2.64	0.01310

Influenta curentului si fortele de apasare asupra rezistentei la rugare a imbinarii sudate la tc=9 perioada

Parameter c, cf, cf1, cf2, cf12, cf13, cf3

Function $P=c+cf_1I_a+cf_2Fr+cf_3I_a^2+cf_{12}I_aFr+cf_{13}Fr^2+cf_{21}I_aFr+cf_{31}I_a^2Fr$

----- Final Results -----

Relative function convergence
 Final sum of squared deviations = 2.69562E+000
 Standard error of estimate = 0.299757
 Average deviation = 0.193991
 Maximum deviation for any observation = 0.628146
 Proportion of variance explained (R^2) = 0.9010 (90.10%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
P	3	6	3.18421	1.40405
Ia	4.4	11.9	7.90263	2.17212
Fr	2.86	6.64	5.41684	0.857974

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c	1	-695.569	159.738	-4.35	0.00014
c1	1	288.989	70.4608	4.10	0.00039
cf1	1	20.71873	7.02293	2.95	0.00611
cf2	1	-34.4032	7.30324	-4.71	0.00005
cf3	1	-24.138	9.71282	-2.51	0.00912
cf12	1	4.20281	1.02117	4.12	0.00008
cf13	1	-2.61293	0.847564	-2.95	0.00605
cf3	1	1.61695	0.454609	3.34	0.00228

Influenta curentului si fortele de apasare asupra rezistentei la rugare a imbinarii sudate la tc=13 perioada

Parameter c, cf, cf1, cf12, cf21, cf13, cf2, cf3, cf12, cf13, cf3

Function $P=c+cf_1I_a+cf_2Fr+cf_3I_a^2+cf_{12}I_aFr+cf_{13}Fr^2+cf_{21}I_aFr+cf_{31}I_a^2Fr$

----- Final Results -----

Number of iterations performed = 200
 Final sum of squared deviations = 3.81007E+000
 Standard error of estimate = 0.407095
 Average deviation = 0.376119
 Maximum deviation for any observation = 0.711265
 Proportion of variance explained (R^2) = 0.8664 (86.64%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
P	3	6	3.7	1.62489
Ia	4.1	12.8	7.91143	2.32718
Fr	3	6.66	5.51714	0.916043

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c	1	-3.11074	2.35922	-1.32	0.18485
cf	1	5.1069	1.3069	3.91	0.00019
c1	1	-0.513074	0.107063	-4.79	0.00001
cf2	1	-0.817063	0.125446	-6.52	0.00000
cf3	1	0.023148	0.00550933	4.18	0.00001
cf12	1	-0.00550933	0.0012845	-4.29	0.00001
cf13	1	-0.111.972	0.0012845	-86.64	0.00000
cf31	1	-2.359093	0.0012845	-183.67	0.00000
cf1	1	-0.341508	0.0012845	-266.67	0.00000

Influenta curentului si fortele de apasare asupra rezistentei la rugare a imbinarii sudate la tc=16 perioada

Parameter cf, c1, cf1, cf2, cf3, cf12, cf13, cf3

Function $P=c+cf_1I_a+cf_2Fr+cf_3I_a^2+cf_{12}I_aFr+cf_{13}Fr^2+cf_{21}I_aFr+cf_{31}I_a^2Fr$

----- Final Results -----

Relative function convergence
 Final sum of squared deviations = 4.19351E+000
 Standard error of estimate = 0.391
 Average deviation = 0.291308
 Maximum deviation for any observation = 0.65286
 Proportion of variance explained (R^2) = 0.9203 (92.03%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
----------	---------------	---------------	------------	---------------

P	Ia	Fr
1	4.1	2.7
6	12.2	6.9
3.42162	7.42432	5.43811
1.48492	2.26304	1.20978

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
cf	-1	-5.97607	3.0945	-1.93	0.04402
c1	-1	17.3619	1.31208	15.43	0.00001
cf2	1	1.20822	0.554975	2.18	0.03229
cf3	1	-4.3421	0.595079	-7.29	0.00001
cf12	1	-0.33949	0.138851	-2.44	0.01229
cf13	1	0.174359	0.0339841	5.14	0.00001
cf212	1	0.0211069	0.00907713	2.33	0.02181
cf31	-1	-0.0323995	0.00231465	-14.78	0.00001
P	1	2.45137	0.028437	74.64	0.00001
cf1	1	0.399437	0.782091	0.51	0.61369

Influenta curentului de sudare asupra rezistentei imbinarii sudate pentru P=6.0 MN si tc=2 perioada

Parameter c1, c2

Function $P=c_1I_a+c_2I_a^2$

----- Final Results -----

Both parameter and relative function convergence
 Final sum of squared deviations = 5.29528E+003
 Standard error of estimate = 0.0263843
 Average deviation = 0.0223233
 Maximum deviation for any observation = 0.0578429
 Proportion of variance explained (R^2) = 0.9827 (98.27%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
Ia	8.3	12.2	10.05	1.70447
Fr	4.73	5.3	5.03667	0.27444

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c1	1	0.855844	0.00939815	84.13	0.00001
c2	1	-0.836574	0.00993328	-83.64	0.00001

----- Analysis of Variance -----

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	1	0.3088281	0.3088281	227.95	0.00011
Error	4	0.00599279	0.0014982		
Total	5	0.3061333			

----- 95.000% Confidence Intervals -----

Parameter	Lower limit	Best estimate	Upper limit
c1	0.828257	0.855844	0.883431
c2	-0.0371586	-0.836574	-0.0319762

Influenta curentului de sudare asupra rezistentei imbinarii sudate pentru P=4.0 MN si tc=3 perioada

Parameter c1, c2

Function $P=c_1I_a+c_2I_a^2$

----- Final Results -----

Relative function convergence
 Final sum of squared deviations = 7.48747E+003
 Standard error of estimate = 0.0499582
 Average deviation = 0.0145537
 Maximum deviation for any observation = 0.0499751
 Proportion of variance explained (R^2) = 0.9730 (97.30%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
Ia	8.6	13.2	10.34	1.96291
Fr	5.02	5.6	5.352	0.263207

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c1	1	0.913503	0.0139267	70.47	0.00001
c2	1	-0.037085	0.00117491	-31.57	0.00001

----- Analysis of Variance -----

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	1	0.2697925	0.2697925	108.10	0.00190
Error	4	0.00789605	0.00197401		
Total	5	0.277225			

Influenta curentului de sudare asupra rezistentei imbinarii sudate pentru P=5.0 MN si tc=4 perioada

Parameter c1, c2

Function $P=c_1I_a+c_2I_a^2$

----- Final Results -----

Relative function convergence
 Final sum of squared deviations = 6.25619E+003
 Standard error of estimate = 0.039548
 Average deviation = 0.021302
 Maximum deviation for any observation = 0.0480404
 Proportion of variance explained (R^2) = 0.9755 (97.55%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
----------	---------------	---------------	------------	---------------

ANEXA 3

Is	8.7	11.1	9.85	1.05214
Pr	5.26	5.82	5.52667	0.235802

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c0	1	-16.0093	3.8251	-4.21	0.0384
c1	1	4.44029	0.85004	4.96	0.0042
c2	1	-0.218246	0.0506244	-4.31	0.0076

----- Analysis of Variance -----

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	1	0.248671	0.248671	159.00	0.00023
Error	4	0.006256188	0.001564047		
Total	5	0.2549333			

Influența curentului de sudare asupra rezistenței îmbinării sudate pentru P=6,0 kN și tc=5 perioade

Parameter c0,c1,c2

Function Pr=c0+c1*Is+c2*Is^2

----- Final Results -----

Both parameter and relative function convergence.
Final sum of squared deviations = 1.19968E-001
Standard error of estimate = 0.154917
Average deviation = 0.036408
Maximum deviation for any observation = 0.234927
Proportion of variance explained (R^2) = 0.9374 (93.74%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
Is	7.6	11.6	9.325	1.536
Pr	4.66	6.08	5.4725	0.92017

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c0	1	-6.38037	3.19798	-2.02	0.09332
c1	1	2.20875	0.666253	3.32	0.02112
c2	1	-0.0982333	0.0344228	-2.85	0.03573

----- Analysis of Variance -----

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	2	1.799584	0.899792	37.42	0.00098
Error	5	0.1159059	0.02318118		
Total	7	1.915595			

Influența curentului de sudare asupra rezistenței îmbinării sudate pentru P=6,0 kN și tc=7 perioade

Parameter c0,c1,c2

Function Pr=c0+c1*Is+c2*Is^2

----- Final Results -----

Both parameter and relative function convergence.
Final sum of squared deviations = 3.37424E-001
Standard error of estimate = 0.219553
Average deviation = 0.116595
Maximum deviation for any observation = 0.43285
Proportion of variance explained (R^2) = 0.9614 (96.14%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
Is	6.5	11.6	8.99	1.92641
Pr	3.5	6.3	5.41	0.985866

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c0	1	-4.80054	2.00734	-2.38	0.0332
c1	1	2.76272	0.453927	6.09	0.00050
c2	1	-0.126293	0.0248268	-5.09	0.00142

----- Analysis of Variance -----

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	2	0.403576	0.201788	87.17	0.00001
Error	7	0.3374237	0.0482039		
Total	9	0.741			

Influența curentului de sudare asupra rezistenței îmbinării sudate pentru P=6,0 kN și tc=9 perioade

Parameter c0,c1,c2

Function Pr=c0+c1*Is+c2*Is^2

----- Final Results -----

Relative function convergence.
Final sum of squared deviations = 6.58618E-001
Standard error of estimate = 0.363165
Average deviation = 0.253915
Maximum deviation for any observation = 0.529251
Proportion of variance explained (R^2) = 0.9480 (94.80%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
Is	6.4	11.4	8.9375	1.86543
Pr	3.86	6.4	5.2475	1.29354

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c0	1	-16.0093	3.8251	-4.21	0.0384
c1	1	4.44029	0.85004	4.96	0.0042
c2	1	-0.218246	0.0506244	-4.31	0.0076

----- Analysis of Variance -----

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	2	11.05693	5.528466	42.15	0.00074
Error	5	0.6558183	0.1311637		
Total	7	11.71276			

Influența curentului de sudare asupra rezistenței îmbinării sudate pentru P=6,0 kN și tc=12 perioade

Parameter c0,c1,c2

Function Pr=c0+c1*Is+c2*Is^2

----- Final Results -----

Both parameter and relative function convergence.
Final sum of squared deviations = 2.90127E-001
Standard error of estimate = 0.240885
Average deviation = 0.162187
Maximum deviation for any observation = 0.329148
Proportion of variance explained (R^2) = 0.9797 (97.97%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
Is	5.6	12.8	8.0125	2.54277
Pr	3	6.8	5.3	1.42945

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c0	1	-7.79881	1.38332	-5.64	0.00244
c1	1	2.54186	0.418948	6.07	0.00052
c2	1	-0.111859	0.0173911	-6.42	0.00136

----- Analysis of Variance -----

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	2	14.93387	7.466936	120.75	0.00006
Error	5	0.2901271	0.0580254		
Total	7	14.3032			

Influența curentului de sudare asupra rezistenței îmbinării sudate pentru P=6,0 kN și tc=15 perioade

Parameter c0,c1,c2

Function Pr=c0+c1*Is+c2*Is^2

----- Final Results -----

Both parameter and relative function convergence.
Final sum of squared deviations = 4.9018E-001
Standard error of estimate = 0.313055
Average deviation = 0.175026
Maximum deviation for any observation = 0.521764
Proportion of variance explained (R^2) = 0.9717 (97.17%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
Is	5.4	12.1	8.625	2.49557
Pr	3.04	6.78	5.3275	1.57284

----- Calculated Parameter Values -----

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c0	1	-7.6247	1.95055	-3.91	0.00131
c1	1	2.51829	0.46621	5.39	0.00052
c2	1	-0.109631	0.0265811	-4.13	0.00027

----- Analysis of Variance -----

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	2	16.83613	8.418066	85.85	0.00013
Error	5	0.4500178	0.0900036		
Total	7	17.31675			

Corelația liniară între forța necesară pentru îmbinării sudate și diametrul punctului sudat pentru condițiile experimentale

Parameters e0,e1

Confidence 95

Function Pr=e0+e1*dp

----- Final Results -----

Both parameter and relative function convergence.
Final sum of squared deviations = 3.9321E-001
Standard error of estimate = 0.380234
Average deviation = 0.307073
Maximum deviation for any observation = 1.12164
Proportion of variance explained (R^2) = 0.7369 (73.69%)

----- Descriptive Statistics for Variables -----

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
Is	1	8	3.45333	1.63362
tc	2	16	8.76715	4.35942
Is	4	12.2	8.20584	2.22545
Pr	3	6.9	5.21519	0.719629
dp	2.3	8.4	5.47091	1.41331

----- Calculated Parameter Values -----

ANEXA 3

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
a0	1	2.81955	0.0909091	31.01	0.00001
a1	1	0.443809	0.0160777	27.60	0.00001

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	1	110.1593	110.1593	761.98	0.00001
Error	272	39.32309	0.1445702		
Total	273	149.4824			

95.000% Confidence Intervals

Parameter	Lower limit	Best estimate	Upper limit
a0	2.64058	2.81955	2.9853
a1	0.412186	0.443809	0.475462

Corelatia liniara intre forta necesara suparii imbinarii sudate si diametrul punctului sudat pentru probile rugate fara debrucinare

Parameters a0,a1

Confidence 95

Function F=a0+a1*dp

Final Results

Both parameter and relative function convergence.

Final sum of squared deviations = 2.20716E-001
 Standard error of estimate = 0.742825
 Average deviation = 0.567674
 Maximum deviation for any observation = 1.89821
 Proportion of variance explained (R^2) = 0.9154 (1.544)

Descriptive Statistics for Variables

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
F	1	6	3.36905	1.67863
tc	2	16	4.73708	4.73708
lc	4	8	5.7	0.98921
lc	4	8	5.7	0.98921
Pr	3.74	5.84	4.0031	0.739441
dp	2.638	8.1	3.4269	0.624068

Calculated Parameter Values

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
a0	1	4.49968	0.637381	7.06	0.00001
a1	1	-0.144908	0.182961	-0.79	0.43303

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	1	0.3461285	0.3461285	0.63	0.43303
Error	40	22.07157	0.5517892		
Total	41	22.41772			

95.000% Confidence Intervals

Parameter	Lower limit	Best estimate	Upper limit
a0	3.21148	4.49968	5.78988
a1	-0.914688	-0.144908	0.224872

Corelatia liniara intre forta necesara suparii imbinarii sudate si diametrul punctului sudat pentru probile rugate prin debrucinare fara afasare

Parameters a0, a1

Confidence 95

Function F=a0+a1*dp

Final Results

Both parameter and relative function convergence.

Final sum of squared deviations = 1.33705E-001
 Standard error of estimate = 0.331051
 Average deviation = 0.259854
 Maximum deviation for any observation = 0.912838
 Proportion of variance explained (R^2) = 0.4814 (48.14%)

Descriptive Statistics for Variables

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
F	1	6	3.3871	1.50587
tc	2	16	7.60484	4.52782
lc	4	8	6.65978	1.84167
Pr	4.4	6.66	5.40048	0.878465
dp	2.775	7.975	5.3787	1.06466

Calculated Parameter Values

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
a0	1	3.83557	0.153705	24.95	0.00001
a1	1	0.298383	0.028037	10.64	0.00001

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	1	12.41299	12.41299	113.26	0.00001
Error	122	13.37058	0.1095949		
Total	123	25.78357			

95.000% Confidence Intervals

Parameter	Lower limit	Best estimate	Upper limit
a0	3.5313	3.83557	4.13981
a1	0.242882	0.298383	0.353885

Corelatia liniara intre forta necesara suparii imbinarii sudate si diametrul punctului sudat pentru probile rugate prin debrucinare cu afasare

Parameters a0,a1

Confidence 95

Function F=a0+a1*dp

Final Results

Both parameter and relative function convergence.

Final sum of squared deviations = 5.45082E-000
 Standard error of estimate = 0.238661
 Average deviation = 0.162279
 Maximum deviation for any observation = 0.466248
 Proportion of variance explained (R^2) = 0.9130 (91.30%)

Descriptive Statistics for Variables

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
F	1	6	3.58621	1.81213
tc	2	16	6.15517	4.11591
lc	5	12.8	8.44483	1.93091
Pr	3.74	6.9	5.3975	0.738276
dp	4.15	8.4	6.20747	1.22573

Calculated Parameter Values

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
a0	1	1.82491	0.105239	17.34	0.00001
a1	1	0.575531	0.0166551	34.60	0.00001

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob(F)
Regression	1	57.23035	57.23035	1196.98	0.00001
Error	114	5.45082	0.0478124		
Total	115	62.68058			

95.000% Confidence Intervals

Parameter	Lower limit	Best estimate	Upper limit
a0	1.62457	1.82491	2.02518
a1	0.542577	0.575531	0.608485

Corelatia liniara intre forta necesara suparii imbinarii sudate si diametrul punctului sudat pentru probile rugate prin debrucinare cu afasare

Parameters c

Confidence 95

Function F=c*dp^3

Final Results

Both parameter and relative function convergence.

Final sum of squared deviations = 4.75597E-000
 Standard error of estimate = 0.203375
 Average deviation = 0.153378
 Maximum deviation for any observation = 0.619833
 Proportion of variance explained (R^2) = 0.9241 (92.41%)

Descriptive Statistics for Variables

Variable	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard dev.
F	1	6	3.58621	1.81213
tc	2	16	6.15517	4.11591
lc	5	12.8	8.44483	1.93091
Pr	3.74	6.9	5.3975	0.738276
dp	4.15	8.4	6.20747	1.22573

Calculated Parameter Values

Parameter	Initial guess	Final estimate	Standard dev.	t	Prob(t)
c	1	-6.6589	0.0188829	-352.64	0.00001

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares
Regression	0	57.9241
Error	115	4.75598
Total	115	62.68098

95.000% Confidence Intervals

Parameter	Lower limit	Best estimate	Upper limit
c	-6.6963	-6.6589	-6.6215

ANEXA 4

SURSELE MODULELOR COMPONENTE A SISTEMULUI EXPERT PENTRU SUDAREA ELECTRICĂ PRIN PRESIUNE

- Selecție a celor mai reprezentative module -

A.4.1 APSEP

A.4.1.1 APSEP - RWPSel

```

Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
    Lang.Show 1
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    RWPS2.Top = Top
    RWPS2.Left = Left
    RWPS2.Show
    Visible = False
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 100
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    Iesire
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
        Case Asc("a"), Asc("A")
            Exit Sub
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Iesire
End Sub

```

A.4.1.2 APSEP - RWPS2

```

Option Explicit
Private Sub Command2_Click()
    RWPS3.Top = Top
    RWPS3.Left = Left
    RWPS3.Show
    Visible = False
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

```

```

    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 200
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 1030
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 1040
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Command5_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 1050
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command5_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command5.SetFocus
End Sub
Private Sub Command6_Click()
    RWPSel.Top = Top
    RWPSel.Left = Left
    RWPSel.Show
    Visible = False
End Sub
Private Sub Command6_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command6.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Iesire
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Picture1_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"

```

```

.HelpContext = 1030
.ShowHelp
End With
End Sub
Private Sub Picture1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Picture2_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 1040
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Picture2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Picture3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 1050
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Picture3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command5.SetFocus
End Sub

```

A.4.1.3 APSEP - RWFS3

```

Option Explicit
Dim Kspp, Kspl, Kspr, NrOpt As Integer
Private Sub Check1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Check1.SetFocus
End Sub
Private Sub Check2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Check2.SetFocus
End Sub
Private Sub Check3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Check3.SetFocus
End Sub
Private Sub Check4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Check4.SetFocus
End Sub
Private Sub Check5_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Check5.SetFocus
End Sub
Private Sub Check6_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Check6.SetFocus
End Sub
Private Sub Check7_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Check7.SetFocus
End Sub

```

```

Private Sub Check8_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Check8.SetFocus
End Sub
Private Sub Check9_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Check9.SetFocus
End Sub
Private Sub Check10_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Check10.SetFocus
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    RWPS2.Top = Top
    RWPS2.Left = Left
    RWPS2.Show
    Visible = False
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    ' Se determina procedeul de sudare
    NrOpt = 0: Kspp = 0: Kspl = 0: Kspr = 0
    If Check1 Then
        NrOpt = NrOpt + 1: Kspp = Kspp + 95:
        Kspl = Kspl + 1: Kspr = Kspr + 4
    End If
    If Check2 Then
        NrOpt = NrOpt + 1: Kspp = Kspp + 90:
        Kspl = Kspl + 0: Kspr = Kspr + 10
    End If
    If Check3 Then
        NrOpt = NrOpt + 50: Kspp = Kspp + 0:
        Kspl = Kspl + 5000: Kspr = Kspr + 0
    End If
    If Check4 Then
        NrOpt = NrOpt + 100
        Kspp = Kspp + 500
        Kspl = Kspl + 9000
        Kspr = Kspr + 500
    End If
    If Check5 Then
        NrOpt = NrOpt + 1
        Kspp = Kspp + 25
        Kspl = Kspl + 0
        Kspr = Kspr + 75
    End If
    If Check6 Then
        NrOpt = NrOpt + 20
        Kspp = Kspp + 100
        Kspl = Kspl + 0
        Kspr = Kspr + 95 * 20
    End If
    If Check7 Then
        NrOpt = NrOpt + 50
        Kspp = Kspp + 0
        Kspl = Kspl + 0
        Kspr = Kspr + 5000
    End If
    If Check8 Then
        NrOpt = NrOpt + 30
        Kspp = Kspp + 300
        Kspl = Kspl + 0
        Kspr = Kspr + 90 * 30
    End If
    If Check9 Then
        NrOpt = NrOpt + 100
        Kspp = Kspp + 0
        Kspl = Kspl + 0
        Kspr = Kspr + 10000
    End If

```



```

If Check10 Then
  NrOpt = NrOpt + 100
  Kspp = Kspp + 0
  Kspl = Kspl + 0
  Kspr = Kspr + 10000
End If
procentul fiecarui procedeu
If NrOpt <> 0 Then
  Kspp = Kspp / NrOpt
  Kspl = Kspl / NrOpt
  Kspr = Kspr / NrOpt
End If
procedeu recomandat
If Kspl >= Kspp And Kspl >= Kspr Then Proc
= 2
If Kspp >= Kspl And Kspp >= Kspr Then Proc
= 1
If Kspr >= Kspp And Kspr >= Kspl Then Proc
= 3
nu s-a selectat nimic
If NrOpt = 0 Then Proc = -1
Conditii confuze
If (Check1 And Check6) Or (Check1 And
Check7) Or (Check1 And Check9) Or (Check1 And
Check10) Then
  Proc = 0
End If
If (Check2 And Check6) Or (Check2 And
Check7) Or (Check2 And Check9) Or (Check2 And
Check10) Then
  Proc = 0
End If
If (Check3 And Check5) Or (Check3 And
Check6) Or (Check3 And Check7) Or (Check3 And
Check9) Or (Check3 And Check10) Then
  Proc = 0
End If
If (Check4 And Check5) Or (Check4 And
Check6) Or (Check4 And Check7) Or (Check4 And
Check9) Or (Check4 And Check10) Then
  Proc = 0
End If
If (Check5 And Check10) Then
  Proc = 0
End If
If (Check7 And Check8) Then
  Proc = 0
End If
If (Check7 And Check10) Then
  Proc = 0
End If
If (Check8 And Check9) Then
  Proc = 0
End If
Se "regleaza" fereastra de raspuns
If Proc = -1 Then RWPS4.Command1.Enabled =
False Else RWPS4.Command1.Enabled = True
Select Case Proc
  Case -1 nu s-a selectat nimic
    With RWPS4
      .Label0 = "Dacă nici una dintre
opțiuni nu descrie corespunzător aplicația
Dvs., probabil nu puteți utiliza nici unul
dintre procedeele de sudare electrică prin
presiune."
      .Label1 = "          Reveniți la
fereastra anterioară *i selectați cel puțin o
opțiune, dacă sunteți sigur că unul dintre
procedeele de sudare prin presiune în puncte,
linie sau relief pot rezolva problema Dvs."
      .Label2 = ""
      .Label4 = ""
      .Label6 = ""
      .Command6.Visible = False
      .Command7.Visible = False
      .Command8.Visible = False
    End With
  Case 1
    Case 1 SPP
      With RWPS4
        .Label0 = "Sudarea electrică pri:
presiune în puncte (SPP) este procedeu
recomandat pentru aplicația Dvs."
        .Label1 = "Totu'i, pot fi
utilizate *i alte procedee de sudare, astfel
        .Label2 = "          - Sudarea în
puncte (SPP), recomandat " & Int(Kspp + 0.5)
        "%"
        .Label4 = "          - Sudarea în
linie (SPL), recomandat " & Int(Kspl +
0.5) & "%
        .Label6 = "          - Sudarea în
relief (SPR), recomandat " & 100 - Int(Kspp
+ 0.5) - Int(Kspp + 0.5) & "%
        .Command6.Visible = True
        .Command7.Visible = True
        .Command8.Visible = True
      End With
    Case 2 SPL
      With RWPS4
        .Label0 = "Sudarea electrică pri:
presiune în linie (SPL) este procedeu
recomandat pentru aplicația Dvs."
        .Label1 = "Totu'i, pot fi
utilizate *i alte procedee de sudare, astfel
        .Label2 = "          - Sudarea în
puncte (SPP), recomandat " & Int(Kspp + 0.5)
        "%"
        .Label4 = "          - Sudarea în
linie (SPL), recomandat " & Int(Kspl +
0.5) & "%
        .Label6 = "          - Sudarea în
relief (SPR), recomandat " & 100 - Int(Kspp
+ 0.5) - Int(Kspp + 0.5) & "%
        .Command6.Visible = True
        .Command7.Visible = True
        .Command8.Visible = True
      End With
    Case 3 SPR
      With RWPS4
        .Label0 = "Sudarea electrică pri:
presiune în relief (SPR) este procedeu
recomandat pentru aplicația Dvs."
        .Label1 = "Totu'i, pot fi
utilizate *i alte procedee de sudare, astfel
        .Label2 = "          - Sudarea în
puncte (SPP), recomandat " & Int(Kspp + 0.5)
        "%"
        .Label4 = "          - Sudarea în
linie (SPL), recomandat " & Int(Kspl +
0.5) & "%
        .Label6 = "          - Sudarea în
relief (SPR), recomandat " & 100 - Int(Kspp
+ 0.5) - Int(Kspp + 0.5) & "%
        .Command6.Visible = True
        .Command7.Visible = True
        .Command8.Visible = True
      End With
    Case 0 Confuzie
      With RWPS4
        .Label0 = "Opțiunile selectate
sunt confuze. În aceste condiții nu se poate
recomanda nici un procedeu de sudare."
        .Label2 = ""
        .Label1 = "          Reveniți la
fereastra anterioară *i selectați opțiunile
care descriu cel mai bine aplicația Dvs."
        .Label4 = "          Selectați unul
dintre butoanele alăturate pentru informării
suplimentare legate de procedeele de sudare."
        .Label6 = ""
        .Command6.Visible = True
        .Command7.Visible = True
        .Command8.Visible = True
      End With
  Case 2
  Case 3
  Case 0

```

```

        Explic.Label1 = "Confuzia in
selectarea tipurilor de imbinari sudate
provine din incompatibilitatea a cel putin
doua dintre acesteA.4."

```

```

        Explic.Label2 = "In continuare
sunt listate doua dintre conditiile de sudare
contradictorii, care au facut imposibila
recomandarea unui procedeu de sudare."

```

```

    End Select
    RWPS4.Top = Top
    RWPS4.Left = Left
    RWPS3.Visible = False
    RWPS4.Show

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_MouseMove(Button As
Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
```

```
    Command2.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
```

```
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 300
        .ShowHelp
    End With

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command4_MouseMove(Button As
Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
```

```
    Command4.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Iesire
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) &

```

```
)"
```

```
    End Select
```

```
End Sub
```

A.4.1.4 APSEP - RWPS4

```
Option Explicit
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
    Explic.Left = Left
    Explic.Top = Top
    Explic.Show 1

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command1_MouseMove(Button As
Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
```

```
    Command1.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
    RWPS3.Top = Top
    RWPS3.Left = Left
    RWPS3.Show
    RWPS4.Visible = False

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_MouseMove(Button As
Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
```

```
    Command2.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
```

```
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 400
        .ShowHelp
    End With
End Sub

```

```
Private Sub Command4_MouseMove(Button As
Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
```

```
    Command4.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command6_Click()
```

```
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 1030
        .ShowHelp
    End With

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command6_MouseMove(Button As
Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
```

```
    Command6.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command7_Click()
```

```
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 1040
        .ShowHelp
    End With

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command7_MouseMove(Button As
Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
```

```
    Command7.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command8_Click()
```

```
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdlHelpContext
        .HelpFile = "APSep.hlp"
        .HelpContext = 1050
        .ShowHelp
    End With

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command8_MouseMove(Button As
Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
```

```
    Command8.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(O)"
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) &

```

```
)"
```

```
    End Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
```

```
    Iesire
```

```
End Sub
```

A.4.1.5 APSEP - Explic

```
Option Explicit
```

```
Dim i
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
    Unload Me
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Activate()
```

```
    If Proc = 0 Then
        ' Conditii confuze
        With RWPS3
            If (.Check1 And .Check6) Or (.Check1 And
                .Check7) Or (.Check1 And .Check9) Or (.Check
                And .Check10) Then
                Explic.List1.AddItem .Check1.Caption
                If .Check6 Then
                    Explic.List1.AddItem
                .Check6.Caption
                End If
                If .Check7 Then

```

```

        Explic.List1.AddItem
.Check7.Caption
End If
If .Check9 Then
    Explic.List1.AddItem
.Check9.Caption
End If
If .Check10 Then
    Explic.List1.AddItem
.Check10.Caption
End If
End If
If (.Check2 And .Check6) Or (.Check2 And
.Check7) Or (.Check2 And .Check9) Or (.Check2
And .Check10) Then
    Proc = 0
    Explic.List1.AddItem .Check3.Caption
    If .Check6 Then
        Explic.List1.AddItem
.Check6.Caption
    End If
    If .Check7 Then
        Explic.List1.AddItem
.Check7.Caption
    End If
    If .Check9 Then
        Explic.List1.AddItem
.Check9.Caption
    End If
    If .Check10 Then
        Explic.List1.AddItem
.Check10.Caption
    End If
    If (.Check3 And .Check5) Or (.Check3 And
.Check6) Or (.Check3 And .Check7) Or (.Check3
And .Check9) Or (.Check3 And .Check10) Then
        Explic.List1.AddItem .Check3.Caption
        If .Check5 Then
            Explic.List1.AddItem
.Check5.Caption
        End If
        If .Check6 Then
            Explic.List1.AddItem
.Check6.Caption
        End If
        If .Check7 Then
            Explic.List1.AddItem
.Check7.Caption
        End If
        If .Check9 Then
            Explic.List1.AddItem
.Check9.Caption
        End If
        If .Check10 Then
            Explic.List1.AddItem
.Check10.Caption
        End If
        End If
        If (.Check4 And .Check5) Or (.Check4 And
.Check6) Or (.Check4 And .Check7) Or (.Check4
And .Check9) Or (.Check4 And .Check10) Then
            Explic.List1.AddItem .Check4.Caption
            If .Check5 Then
                Explic.List1.AddItem
.Check5.Caption
            End If
            If .Check6 Then
                Explic.List1.AddItem
.Check6.Caption
            End If
            If .Check7 Then
                Explic.List1.AddItem
.Check7.Caption
            End If
            End If
            If .Check9 Then

```

```

        Explic.List1.AddItem
.Check9.Caption
End If
If .Check10 Then
    Explic.List1.AddItem
.Check10.Caption
End If
End If
If (.Check5 And .Check10) Then
    Explic.List1.AddItem .Check5.Caption
    Explic.List1.AddItem .Check10.Caption
End If
If (.Check7 And .Check8) Then
    Explic.List1.AddItem .Check7.Caption
    Explic.List1.AddItem .Check8.Caption
End If
If (.Check7 And .Check10) Then
    Explic.List1.AddItem .Check7.Caption
    Explic.List1.AddItem .Check10.Caption
End If
If (.Check8 And .Check9) Then
    Explic.List1.AddItem .Check8.Caption
    Explic.List1.AddItem .Check9.Caption
End If
End With
On Error Resume Next
For i = 1 To 50
    List1.RemoveItem 2
Next
On Error GoTo 0
List1.Height = 480
Label3 = "Doua dintre tipurile de
aplicatii incompatibile selectate:"
Label4 = ""
List2.Visible = False
List3.Visible = False
List4.Visible = False
List5.Visible = False
Else
If RWPS3.Check1 Then
    List1.AddItem RWPS3.Check1.Caption
    List2.AddItem " 95"
    List3.AddItem " 1"
    List4.AddItem " 4"
    List5.AddItem " 1"
    List1.Height = List1.Height + 210
    List2.Height = List2.Height + 210
    List3.Height = List3.Height + 210
    List4.Height = List4.Height + 210
    List5.Height = List5.Height + 210
End If
If RWPS3.Check2 Then
    List1.AddItem RWPS3.Check2.Caption
    List2.AddItem " 90"
    List3.AddItem " 0"
    List4.AddItem " 10"
    List5.AddItem " 1"
    List1.Height = List1.Height + 210
    List2.Height = List2.Height + 210
    List3.Height = List3.Height + 210
    List4.Height = List4.Height + 210
    List5.Height = List5.Height + 210
End If
If RWPS3.Check3 Then
    List1.AddItem RWPS3.Check3.Caption
    List2.AddItem " 0"
    List3.AddItem " 100"
    List4.AddItem " 0"
    List5.AddItem " 50"
    List1.Height = List1.Height + 210
    List2.Height = List2.Height + 210
    List3.Height = List3.Height + 210
    List4.Height = List4.Height + 210
    List5.Height = List5.Height + 210
End If
If RWPS3.Check4 Then
    List1.AddItem RWPS3.Check4.Caption

```

```

List2.AddItem " 5"
List3.AddItem " 90"
List4.AddItem " 5"
List5.AddItem " 100"
List1.Height = List1.Height + 210
List2.Height = List2.Height + 210
List3.Height = List3.Height + 210
List4.Height = List4.Height + 210
List5.Height = List5.Height + 210
End If
If RWPS3.Check5 Then
List1.AddItem RWPS3.Check5.Caption
List2.AddItem " 25"
List3.AddItem " 0"
List4.AddItem " 75"
List5.AddItem " 1"
List1.Height = List1.Height + 210
List2.Height = List2.Height + 210
List3.Height = List3.Height + 210
List4.Height = List4.Height + 210
List5.Height = List5.Height + 210
End If
If RWPS3.Check6 Then
List1.AddItem RWPS3.Check6.Caption
List2.AddItem " 5"
List3.AddItem " 0"
List4.AddItem " 95"
List5.AddItem " 20"
List1.Height = List1.Height + 210
List2.Height = List2.Height + 210
List3.Height = List3.Height + 210
List4.Height = List4.Height + 210
List5.Height = List5.Height + 210
End If
If RWPS3.Check7 Then
List1.AddItem RWPS3.Check7.Caption
List2.AddItem " 0"
List3.AddItem " 0"
List4.AddItem " 100"
List5.AddItem " 50"
List1.Height = List1.Height + 210
List2.Height = List2.Height + 210
List3.Height = List3.Height + 210
List4.Height = List4.Height + 210
List5.Height = List5.Height + 210
End If
If RWPS3.Check8 Then
List1.AddItem RWPS3.Check8.Caption
List2.AddItem " 10"
List3.AddItem " 0"
List4.AddItem " 90"
List5.AddItem " 30"
List1.Height = List1.Height + 210
List2.Height = List2.Height + 210
List3.Height = List3.Height + 210
List4.Height = List4.Height + 210
List5.Height = List5.Height + 210
End If
If RWPS3.Check9 Then
List1.AddItem RWPS3.Check9.Caption
List2.AddItem " 0"
List3.AddItem " 0"
List4.AddItem " 100"
List5.AddItem " 100"
List1.Height = List1.Height + 210
List2.Height = List2.Height + 210
List3.Height = List3.Height + 210
List4.Height = List4.Height + 210
List5.Height = List5.Height + 210
End If
If RWPS3.Check10 Then
List1.AddItem RWPS3.Check10.Caption
List2.AddItem " 0"
List3.AddItem " 0"
List4.AddItem " 100"
List5.AddItem " 100"
List1.Height = List1.Height + 210

```

```

List2.Height = List2.Height + 210
List3.Height = List3.Height + 210
List4.Height = List4.Height + 210
List5.Height = List5.Height + 210
End If
List1.Height = List1.Height - 200
List2.Height = List2.Height - 200
List3.Height = List3.Height - 200
List4.Height = List4.Height - 200
List5.Height = List5.Height - 200
End If
Command1.Top = 2400 + List1.Height - 255
Explic.Height = Command1.Top + 1005
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 27 Then SendKeys "%o"
End Sub

```

A.4.1.6 APSEP - Lang

```

Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
If Option1 Then Limba = Eng
If Option2 Then Limba = Fra
If Option3 Then Limba = Ger
If Option4 Then Limba = Rom
LbLang
Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
Unload Me
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Load()
LbLang
Select Case Limba
Case Eng
Option1 = True
Case Fra
Option2 = True
Case Ger
Option3 = True
Case Rom
Option4 = True
End Select
End Sub
Private Sub Option1_DblClick()
SendKeys "%o"
End Sub
Private Sub Option2_DblClick()
SendKeys "%o"
End Sub
Private Sub Option3_DblClick()
SendKeys "%o"
End Sub
Private Sub Option4_DblClick()
SendKeys "%o"
End Sub

```

A.4.2 DeISEP

A.4.2.1 DeISEP - Defecte

```

Private Sub Command1_Click()
Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
Command1.SetFocus

```

```

End Sub
Private Sub Command2_Click()
  With CommonDialog1
    .HelpCommand = cdHelpContext
    .HelpFile = App.Path & "\defsep.hlp"
    .ShowHelp
  End With
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
  With Form10
    .Caption = "Cauze"
    .Text2.Visible = True
    .Text3.Visible = False
    .Command2.Caption = "&Evitare"
    .Show 1
  End With
End Sub
Private Sub Command4_Click()
  With Form10
    .Caption = "Evitare"
    .Text3.Visible = True
    .Text2.Visible = False
    .Command2.Caption = "&Cauze"
    .Show 1
  End With
End Sub
Private Sub Data1_Reposition()
  Data1.Caption = (Data1.Recordset.AbsolutePosition + 1) & "/" &
Data1.Recordset.RecordCount & " (" & listaS & ")"
End Sub
Private Sub Form_Activate()
Data1.DatabaseName = App.Path & "\defecte.mdb"
Data1.Recordset.MoveLast
Data1.Recordset.AbsolutePosition = Val(Tag)
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
  If KeyAscii = 27 Then Unload Me
End Sub

```

A.4.2.2 DefSEP - Diet

```

Private Sub Command1_Click()
  Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
  With CommonDialog1
    .HelpCommand = cdHelpContext
    .HelpFile = App.Path & "\defsep.hlp"
    .ShowHelp
  End With
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Data1_Reposition()
  Data1.Caption = (Data1.Recordset.AbsolutePosition + 1) & "/" &
Data1.Recordset.RecordCount & " (" & listaS & ")"
End Sub
Private Sub DBList1_Click()

```

```

  Data1.Recordset.Bookmark = DBList1.SelectedItem
End Sub
Private Sub DBList1_GotFocus()
  DBList1.BackColor = &HC0FFFF
End Sub
Private Sub DBList1_LostFocus()
  DBList1.BackColor = &HC0E0FF
End Sub
Private Sub DBList1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  DBList1.SetFocus
End Sub
Private Sub DBList2_GotFocus()
  DBList2.BackColor = &HC0FFFF
End Sub
Private Sub DBList2_LostFocus()
  DBList2.BackColor = &HC0E0FF
End Sub
Private Sub DBList2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  DBList2.SetFocus
End Sub
Private Sub DBList3_GotFocus()
  DBList3.BackColor = &HC0FFFF
End Sub
Private Sub DBList3_LostFocus()
  DBList3.BackColor = &HC0E0FF
End Sub
Private Sub DBList3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  DBList3.SetFocus
End Sub
Private Sub DBList4_GotFocus()
  DBList4.BackColor = &HC0FFFF
End Sub
Private Sub DBList4_LostFocus()
  DBList4.BackColor = &HC0E0FF
End Sub
Private Sub DBList2_Click()
  Data1.Recordset.Bookmark = DBList2.SelectedItem
End Sub
Private Sub DBList3_Click()
  Data1.Recordset.Bookmark = DBList3.SelectedItem
End Sub
Private Sub DBList4_Click()
  Data1.Recordset.Bookmark = DBList4.SelectedItem
End Sub
Private Sub DBList4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  DBList4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Activate()
Data1.DatabaseName = App.Path & "\defecte.mdb"
Data1.Recordset.MoveLast
Data1.Recordset.AbsolutePosition = 0
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
  If KeyAscii = 27 Then Unload Me
End Sub
Private Sub Label2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  DBList1.SetFocus
End Sub
Private Sub Label3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  DBList2.SetFocus
End Sub
Private Sub Label9_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
  DBList4.SetFocus
End Sub

```

A.4.2.3 DefSEP - Form1

```

Option Explicit
Private Sub Command1_Click()

```

```

End
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Form2.Left = Left
    Form2.Top = Top
    Form2.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd\HelpContents
        .HelpFile = App.Path & "defsep.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    [Lang.Show 1]
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case Asc("a"), Asc("A")
            Exit Sub
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub

```

A.4.2.4 DeISEP - Form2

```

Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
    Form1.Left = Left
    Form1.Top = Top
    Form1.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    If Option1(0) Then
        Form3.Left = Left
        Form3.Top = Top
        Form3.Show
        Visible = False
    End If
    If Option1(1) Then
        Form4.Left = Left
        Form4.Top = Top
        Form4.Show
        Visible = False
    End If
    If Option1(2) Then
        Form5.Left = Left
        Form5.Top = Top
        Form5.Show
        Visible = False
    End If
    If Option1(3) Then

```

```

Form6.Left = Left
Form6.Top = Top
Form6.Show
Visible = False
End If
If Option1(4) Then
    Form7.Left = Left
    Form7.Top = Top
    Form7.Show
    Visible = False
End If
If Option1(5) Then
    Form8.Left = Left
    Form8.Top = Top
    Form8.Show
    Visible = False
End If
If Option1(6) Then
    Neident.Left = Left
    Neident.Top = Top
    Neident.Show 1
End If
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd\HelpContext
        .HelpFile = App.Path & "defsep.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    End
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Command5_Click()
    dict.Left = Left
    dict.Top = Top
    dict.Show 1
End Sub
Private Sub Command5_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command5.SetFocus
End Sub
Private Sub Command6_Click()
    Defecte.Left = Left
    Defecte.Top = Top
    Defecte.Show 1
End Sub
Private Sub Command6_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command6.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
        Case Asc("a"), Asc("A")
            Exit Sub
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Option1_DbClick(Index As Integer)
    SendKeys "%(c)"
End Sub

```

A.4.2.5 DeISEP - Form3

```

Option Explicit
Dim i, NrCrI
Private Sub Command1_Click()
    Form2.Left = Left
    Form2.Top = Top
    Form2.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    For i = 0 To 15
        If Option1(i) Then NrCrI = i
    Next
    If Option1(16) Then
        With Neident
            .Top = Top
            .Left = Left
            .Caption = "Fisura neidentificata"
            .Option1.Enabled = False
            .Option2.Enabled = False
            .Option3.Enabled = False
            .Option4.Enabled = False
            .Option10 = True
            .Option11.Enabled = False
            .Frame1.Enabled = False
            .Option5.Caption = "Fisura de s&suprafata"
            .Option6.Caption = "Fisura i&nterna"
            .Frame3.Caption = "Locul fisurii:"
            .Option10 = True
            .Tag = "QF"
            .Show 1
        End With
    Exit Sub
End If
With Defecte
    .Tag = NrCrI
    .Top = Top
    .Left = Left
    .Show 1
End With
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdIHelpContext
        .HelpFile = App.Path & "defsep.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    End
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
            Case Asc("a"), Asc("A")
            Exit Sub
    End Select
End Sub

```

```

Case 32 To 127
    SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
End Select
End Sub
Private Sub Option1_Click(Index As Integer)
    If Option1(16) Then
        Command2.Caption = "&Continuare"
    Else
        Command2.Caption = "&Prezentare"
    End If
End Sub
Private Sub Option1_DbIclick(Index As Integer)
    SendKeys "%(p)"
End Sub

```

A.4.2.6 DefSEP - Form4

```

Option Explicit
Dim i, NrCrI
Private Sub Command1_Click()
    Form2.Left = Left
    Form2.Top = Top
    Form2.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    For i = 0 To 7
        If Option1(i) Then NrCrI = i
    Next
    With Defecte
        .Tag = NrCrI + 16
        If Option1(8) Then NrCrI = 999
        .Tag = 0
        .Data1.RecordSource = "QG"
        .Data1.Refresh
    End If
    .Top = Top
    .Left = Left
    .Show 1
End With
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdIHelpContext
        .HelpFile = App.Path & "defsep.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    End
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
            Case Asc("a"), Asc("A")
            Exit Sub
    End Select
End Sub

```

```

End Sub
Private Sub Option1_DbClick(Index As Integer)
    SendKeys "%(p)"
End Sub

A.4.2.7 DefSEP - Form5

Option Explicit
Dim i, NrCrt
Private Sub Command1_Click()
    Form2.Left = Left
    Form2.Top = Top
    Form2.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    For i = 0 To 4
        If Option1(i) Then NrCrt = i
    Next
    NrCrt = NrCrt + 24
    If Option1(5) Then NrCrt = 999
    NrCrt = 0
    With NrCrt
        .Top = Top
        .Left = Left
        .Caption = "Incluziune solida neidentificata"
        .Option5.Enabled = False
        .Option6 = True
        .Option7 = True
        .Option8.Enabled = False
        .Option9.Enabled = False
        .Option10.Enabled = False
        .Option11 = True
        .Tag = "Q1"
        .Show 1
    End With
    Exit Sub
End If
With Defecte
    .Tag = NrCrt
    .Top = Top
    .Left = Left
    .Show 1
End With
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdllHelpContext1
        .HelpFile = App.Path & "defsep.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    End
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
        Case Asc("a"), Asc("A")
            Exit Sub
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub

```

```

Exit Sub
Case 32 To 127
    SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
End Select
End Sub
Private Sub Option1_Click(Index As Integer)
    If Option1(5) Then Command2.Caption = "&Continuare" Else
Command2.Caption = "&Prezentare"
End Sub
Private Sub Option1_DbClick(Index As Integer)
    SendKeys "%(p)"
    SendKeys "%(c)"
End Sub

A.4.2.8 DefSEP - Form6

Option Explicit
Dim i, NrCrt
Private Sub Command1_Click()
    Form2.Left = Left
    Form2.Top = Top
    Form2.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    For i = 0 To 3
        If Option1(i) Then NrCrt = i
    Next
    With Defecte
        .Tag = NrCrt + 29
        If Option1(4) Then NrCrt = 999
        .Tag = 0
        .Data1.RecordSource = "QL"
        .Data1.Refresh
    End If
    .Top = Top
    .Left = Left
    .Show 1
End With
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdllHelpContext1
        .HelpFile = App.Path & "defsep.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    End
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
        Case Asc("a"), Asc("A")
            Exit Sub
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub

```



```

Private Sub Option1_DbClick(Index As Integer)
    SendKeys "%(p)"
    SendKeys "%(c)"
End Sub

A.4.2.9 DefSEP - Form7

Option Explicit
Dim i, NrCrt
Private Sub Command1_Click()
    Form2.Left = Left
    Form2.Top = Top
    Form2.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    For i = 0 To 32
        If Option1(i) Then NrCrt = i
    Next
    If Option1(33) Then
        Defecte.Tag = 0
        With NrCrt
            .Tag = "QD"
            .Left = Left
            .Top = Top
            .Show 1
        End With
    Exit Sub
End If
With Defecte
    .Tag = NrCrt + 33
    .Top = Top
    .Left = Left
    .Show 1
End With
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContext
        .HelpFile = App.Path & "defsep.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    End
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
            Case Asc("a"), Asc("A")
                Exit Sub
            Case 32 To 127
                SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Option1_Click(Index As Integer)
    If Option1(33) Then Command2.Caption = "&Continue" Else
Command2.Caption = "&Prezentare"
End Sub
End Sub

```

```

Private Sub Option1_DbClick(Index As Integer)
    SendKeys "%(p)"
    SendKeys "%(c)"
End Sub

A.4.2.10 DefSEP - Form8

Option Explicit
Dim i, NrCrt
Private Sub Command1_Click()
    Form2.Left = Left
    Form2.Top = Top
    Form2.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    For i = 0 To 4
        If Option1(i) Then NrCrt = i
    Next
    If Option1(5) Then
        NrCrt.Left = Left
        NrCrt.Top = Top
        NrCrt.Show 1
        Exit Sub
    End If
    Defecte.Tag = NrCrt + 66
    Defecte.Top = Top
    Defecte.Left = Left
    Defecte.Show 1
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContext
        .HelpFile = App.Path & "defsep.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    End
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub

Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
            Case Asc("a"), Asc("A")
                Exit Sub
            Case 32 To 127
                SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Option1_Click(Index As Integer)
    If Option1(5) Then Command2.Caption = "&Continue" Else
Command2.Caption = "&Prezentare"
End Sub
Private Sub Option1_DbClick(Index As Integer)
    SendKeys "%(p)"
    SendKeys "%(c)"
End Sub

```

A.4.2.11 DefSEP - Neident

```

Option Explicit
Dim Qfiltru
Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Qfiltru = "Q"
    If Tag = "QD" Then Qfiltru = "QD"
    If Option1 Then Qfiltru = Qfiltru + "1"
    If Option2 Then Qfiltru = Qfiltru + "2"
    If Tag = "QD" Then
        If Option3 Then Qfiltru = Qfiltru + "1"
        Else
            If Option3 Then Qfiltru = Qfiltru + "3"
        End If
    If Option4 Then Qfiltru = Qfiltru + "4"
    If Option5 Then Qfiltru = Qfiltru + "5"
    If Option6 Then Qfiltru = Qfiltru + "6"
    If Option7 Then Qfiltru = Qfiltru + "7"
    If Option8 Then Qfiltru = Qfiltru + "8"
    If Option9 Then Qfiltru = Qfiltru + "9"
    If Option10 Then Qfiltru = Qfiltru + "10"
    If Option11 Then Qfiltru = Qfiltru + "11"
    If Neident.Tag = "QI" Then
        Qfiltru = "QI" + Mid(Qfiltru, 3)
        Qfiltru = Left(Qfiltru, 4)
    End If
    If Neident.Tag = "QI" Then
        If Option4 Then Qfiltru = "QI4" Else Qfiltru = "QI1"
    End If
    With Defecte
        .Data1.RecordSource = Qfiltru
        .Data1.Refresh
        .Left = Left
        .Top = Top
    If .Data1.Recordset.RecordCount = 0 Then
        Command2.Enabled = False
    Exit Sub
    End If
    .Show 1
    End With
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContext
        .HelpFile = App.Path & "defsep.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub

Private Sub Command4_Click()
    End
End Sub
Private Sub Command5_Click()
    dict.Show 1
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii

```

```

Case 27
    SendKeys "%(r)"
Case Asc("a"), Asc("A")
    Exit Sub
Case 32 To 127
    SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Option1_Click()
    Command2.Enabled = True
End Sub
Private Sub Option2_Click()
    Command2.Enabled = True
End Sub
Private Sub Option3_Click()
    Command2.Enabled = True
End Sub
Private Sub Option4_Click()
    Command2.Enabled = True
End Sub
Private Sub Option5_Click()
    Command2.Enabled = True
End Sub
Private Sub Option6_Click()
    Command2.Enabled = True
End Sub
Private Sub Option7_Click()
    Command2.Enabled = True
End Sub
Private Sub Option8_Click()
    Command2.Enabled = True
End Sub
Private Sub Option9_Click()
    Command2.Enabled = True
End Sub
Private Sub Option10_Click()
    Command2.Enabled = True
End Sub
Private Sub Option11_Click()
    Command2.Enabled = True
End Sub

```

A.4.3 RBSEP

A.4.3.1 RBSEP - Form1

```

Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
    Lang.Top = Top + 1000
    Lang.Left = Left + 1000
    Lang.Show 1
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Form2.Left = Form1.Left
    Form2.Top = Form1.Top
    Form2.Show
    Form1.Visible = False
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    Isire
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContents
        .HelpFile = "RBSEP-P-r"

```

```

    If Limba = Eng Then .HelpFile = "RBSEP-e.hlp"
    .Show!help
End With
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Initialize()
    Limba = Rom
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Isire
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 13
            SendKeys "%c"
            Exit Sub
        Case Asc("a"), Asc("A"), Asc("x"), Asc("X")
            Exit Sub
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Form_Load()
    LbForm1
End Sub
A.4.3.2 RBSEP - Form2
Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
    If Option8 Then
        Form3.Top = Top
        Form3.Left = Left
        Form3.Show
        Visible = False
    End If
    If Option1 Or Option2 Or Option3 Or Option4 Then
        Form4.Top = Top
        Form4.Left = Left
        Form4.Show
        Visible = False
    End If
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    With CommonDialog1
        HelpCommand = cd!HelpContents
        HelpFile = "RBSEP-r.hlp"
        If Limba = Eng Then .HelpFile = "RBSEP-e.hlp"
        Show!help
    End With
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    Form1.Top = Top
    Form1.Left = Left
    Form1.Show
    Form2.Visible = False
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub

```

```

Private Sub Command5_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command5.SetFocus
End Sub
Private Sub Command6_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command6.SetFocus
End Sub
Private Sub Picture1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Picture2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command5.SetFocus
End Sub
Private Sub Picture3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command6.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            If Limba = Rom Then
                SendKeys "%r"
            ElseIf Limba = Eng Then
                SendKeys "%b"
            End If
            Exit Sub
        Case Asc("a"), Asc("A"), Asc("x"), Asc("X")
            Exit Sub
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Form_Load()
    LbForm2
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Isire
End Sub
Private Sub Option8_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option1_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option2_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option3_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option4_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option5_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option6_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option7_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub OptionColor()
    Option1.ForeColor = 1
    Option2.ForeColor = 1
    Option3.ForeColor = 1
    Option4.ForeColor = 1
    Option5.ForeColor = 1
    Option6.ForeColor = 1
    Option7.ForeColor = 1
    Option8.ForeColor = 1
End Sub

```

A.4.3.3 RBSEP - Form3

```

Option Explicit
Private Sub Command2_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContents
        .HelpFile = "RBSEP-r.hlp"
        If Limba = Eng Then .HelpFile = "RBSEP-e.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    Form2.Top = Top
    Form2.Left = L:left
    Form2.Show
    Form3.Visible = False
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Command5_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command5.SetFocus
End Sub
Private Sub Command6_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command6.SetFocus
End Sub
Private Sub Picture1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Picture2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command5.SetFocus
End Sub
Private Sub Picture3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Command6.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Isire
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            If Limba = Rom Then
                SendKeys "%r"
            ElseIf Limba = Eng Then
                SendKeys "%b"
            End If
            Exit Sub
        Case Asc("a"), Asc("A"), Asc("x"), Asc("X")
            Exit Sub
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Lb:form3
End Sub

```

A.4.3.4 RBSEP - Form4

```

Option Explicit
Public FisierPath, FisierNumr, BrowserID, BrowserPath,
BrowserOpen As Boolean, Abandon
Private Sub Form_Initialize()
    BrowserPath = "C:\Program Files\Internet Explorer\Iexplore.exe"
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    If Abandon Then Isire
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            If Limba = Rom Then
                SendKeys "%r"
            ElseIf Limba = Eng Then
                SendKeys "%b"
            End If
            Exit Sub
        Case Asc("a"), Asc("A"), Asc("x"), Asc("X")
            Exit Sub
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Abandon = True
    If Form2.Option1 Then
        If Limba = Rom Then
            Label1 = "Alegeti standardul dorit:"
        ElseIf Limba = Eng Then
            Label1 = "Select the standard:~"
        End If
        Data1.RecordSource = "STRom"
    End If
    If Form2.Option2 Then
        If Limba = Rom Then
            Label1 = "Alegeti standardul dorit:"
        ElseIf Limba = Eng Then
            Label1 = "Select the standard:~"
        End If
        Data1.RecordSource = "ISO"
    End If
    If Form2.Option3 Then
        If Limba = Rom Then
            Label1 = "Alegeti articolul dorit:"
        ElseIf Limba = Eng Then
            Label1 = "Select the paper:~"
        End If
        Data1.RecordSource = "Articole"
    End If
    If Form2.Option4 Then
        If Limba = Rom Then
            Label1 = "Alegeti cartea dorita:"
        ElseIf Limba = Eng Then
            Label1 = "Select the book:~"
        End If
        Data1.RecordSource = "Carti"
    End If
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    If Right(Text1, 3) = ".rml" Then
        ShowHTML
    ElseIf Right(Text1, 3) = ".hlp" Then
        ShowHLP
    End If
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContents
        .HelpFile = "RBSEP-r.hlp"
        If Limba = Eng Then .HelpFile = "RBSEP-e.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_Click()

```

```

Form2.Top = Top
Form2.Left = Left
Form2.Show
Abandon = False
Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    If Not BrowserOpen Then Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    If Not BrowserOpen Then Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    If Not BrowserOpen Then Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Data1_Reposition()
    Data1.Caption = (Data1.Recordset.AbsolutePosition + 1)
End Sub
Private Sub DBList1_Click()
    Data1.Recordset.Bookmark = DBList1.SelectedItem
End Sub
Public Sub ShowHTML()
    Err:
On Error GoTo eroare
FisierPath = Text2 & Text1
If Check1 Then FisierPath = App.Path & FisierPath

If Not BrowserOpen Then
    BrowserID = Shell(BrowserPath & FisierPath, 1)
    AppActivate BrowserID, True
    BrowserOpen = True
Else
    AppActivate BrowserID, True
    SendKeys "%I" & "%O" & FisierPath & "-"
End If
Exit Sub
eroare:
    If Err = 5 Then
        BrowserOpen = False
    End If
    GoTo Err
Resume
End Sub
Public Sub ShowHLP()
    FisierPath = Text2 & Text1
    If Check1 Then FisierPath = App.Path & FisierPath
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cdHelpContents
        .HelpFile = FisierPath
        .ShowHelp
    End With
End Sub

A.4.4 RecTeh
A.4.4.1 RecTeh - RecTeh

Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
    Lang.Left = Left
    Lang.Top = Top
    Lang.Show 1
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Material.Left = Left
    Material.Top = Top
    Material.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub

```

```

Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    End
End Sub

A.4.4.2 RecTeh - Aluminiu

Option Explicit
Private Sub Command3_Click()
    End
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Label5 = Grosime
    Label7 = rotni((2.07 + 3.35 * Grosime - 0.51 * Grosime ^ 2 + 0.4
* Grosime ^ 3), 0.5)
    Label10 = 16 - 4 * (Grosime > 1.15) - 5 * (Grosime > 2.75)
    If Clasa.Option1 Then
        Label13 = 75 - 25 * (Grosime > 0.65) - 50 * (Grosime > 1.75 -
50 * (Grosime > 2.75)
        Label16 = rotni(-4 * Grosime * (Grosime < 1.5) - (12.5 - 11.8 *
* Grosime + 6 * Grosime ^ 2 - 2 / 3 * Grosime ^ 3) * (Grosime >
1.5), 0.1)
        Label19 = rotni(-8 * Grosime * (Grosime < 1.25) - (-20.06 +
38.63 * Grosime - 14.792 * Grosime ^ 2 + 2.4918 * Grosime ^ 3)
(Grosime >= 1.25), 0.1)
        Label22 = 2 - (Grosime > 0.9) - (Grosime > 1.1) - (Grosime
1.65) - (Grosime > 1.9) - (Grosime > 2.25) - (Grosime > 2.75)
        Label25 = 2 - (Grosime > 0.65) - (Grosime > 0.9) - (Grosime
1.15) - (Grosime > 1.3) - (Grosime > 1.45) - (Grosime > 1.65) -
(Grosime > 1.9) - (Grosime > 2.25) - (Grosime > 2.65) - (Grosime
2.9)
        Label28 = rotni(-(-15 + 20 * Grosime) * (Grosime < 1.5) - (30
10 * Grosime) * (Grosime >= 1.5), 1)
        Label31 = rotni(-(-8.2 + 21.657 * Grosime - 3.4286 * Grosime
2) * (Grosime < 1.5) - (21 + 8 * Grosime) * (Grosime >= 1.5), 1)
        Label1 = Left(Label1, Len(Label1) - 1) & "A"
        RichTextBox1.Visible = True
        RichTextBox2.Visible = False
        RichTextBox3.Visible = False
    End If
    If Clasa.Option2 Then
        Label19 = ""
        Label25 = ""
        Label31 = ""
        Label13 = 75 - 25 * (Grosime > 1.125)
        Label16 = rotni(-(-2.2 - 3.438 * Grosime + 6.2857 * Grosime
- 2.1333 * Grosime ^ 3) * (Grosime < 1.5) - (9 - 9.333 * Grosime
5 * Grosime ^ 2 - 2 / 3 * Grosime ^ 3) * (Grosime >= 1.5) - 0.1 *
(Grosime = 0.75 Or Grosime = 1.25) - 0.1 * (Grosime = 1), 0.1)
        Label22 = rotni(2 - (Grosime > 0.65) - (Grosime > 1.13) - (-2
2 * Grosime) * (Grosime > 1.35), 1)
        Label28 = rotni(6.72 + 57.67 * Grosime - 46.909 * Grosime
+ 19.308 * Grosime ^ 3 - 2.8009 * Grosime ^ 4, 1)
        Label1 = Left(Label1, Len(Label1) - 1) & "B"
    End If
End Sub

```

```

RichTextBox1.Visible = False
RichTextBox2.Visible = True
RichTextBox3.Visible = False
End If
If Clasa.Option3 Then
Label19 = ""
Label25 = ""
Label31 = ""
Label13 = 75 - 25 * (Grosime > 1.125)
Label16 = rotini(-(2.2 - 3.438 * Grosime + 6.2857 * Grosime ^ 2
- 2.13333 * Grosime ^ 3) * (Grosime < 1.5) - (9 - 9.333 * Grosime +
5 * Grosime ^ 2 - 2 / 3 * Grosime ^ 3) * (Grosime >= 1.5) + 0.1 *
(Grosime = 0.75 Or Grosime = 1.25) - 0.1 * (Grosime = 1), 0.1)
Label22 = rotini(2 - (Grosime > 0.65) - (Grosime > 1.13) - (-2 +
2 * Grosime) * (Grosime > 1.35), 1)
Label28 = rotini(9.63 + 31.783 * Grosime - 21.1662 * Grosime
^ 2 + 8.0183 * Grosime ^ 3 - 1.1237 * Grosime ^ 4, 1)
Label1 = Left(Label1, Len(Label1) - 1) & "C"
RichTextBox1.Visible = False
RichTextBox2.Visible = False
RichTextBox3.Visible = True
End If
End Sub

```

A.4.4.3 RecTeh - Bare

```

Option Explicit
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
Unload Me
End Sub
Private Sub Form_Load()
Label5 = Grosime
Label7 = rotini(0.48 - 0.453 * Grosime + 0.2119 * Grosime ^ 2 -
0.0195 * Grosime ^ 3 + 0.00063 * Grosime ^ 4 - 0.1 * (Grosime > 9)
+ 0.1 * (Grosime = 3), 0.1)
Label10 = rotini(Grosime - (0.65 - 0.475 * Grosime + 0.0625 *
Grosime ^ 2) * (Grosime > 6), 1)
Label13 = Grosime
End Sub

```

A.4.4.4 RecTeh - Clasa

```

Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
Procedeu.Left = Left
Procedeu.Top = Top
Procedeu.Show
Visible = False
End Sub
Private Sub Command3_Click()
End
End Sub
Private Sub Command2_Click()
If Material.Option3 Then
Aluminiu.Left = Left
Aluminiu.Top = Top
Aluminiu.Show 1
ElseIf Procedeu.Option1 Then
Puncte.Left = Left
Puncte.Top = Top
Puncte.Show 1
End If
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
Command1.SetFocus
End Sub

```

```

Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Activate()
With Material
If Option1 Then
Option1.Caption = "Clasa & A"
Option2.Left = 2520
End If
If Option3 Then
Option1.Caption = "Clasa & A (MIL-W-6858D)"
Option2.Left = 3120
End If
End With
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Iesire
End Sub
Private Sub Option1_DbClick()
SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option2_DbClick()
SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option3_DbClick()
SendKeys "%c"
End Sub

```

A.4.4.5 RecTeh - TipCrt

```

Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
Procedeu.Left = Left
Procedeu.Top = Top
Procedeu.Show
Visible = False
End Sub
Private Sub Command3_Click()
End
End Sub
Private Sub Command2_Click()
If Procedeu.Option2 Then
Linie.Top = Top
Linie.Left = Left
Linie.Show 1
Else
Relief.Top = Top
Relief.Left = Left
Relief.Show 1
End If
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command41_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Activate()
If Procedeu.Option3 Then
Option1.Enabled = False
Option2.Enabled = False
Option3.Enabled = True
Option4.Enabled = True
Else
Option1.Enabled = True

```

```

Option2.Enabled = True
Option3.Enabled = True
Option4.Enabled = True
End If
End Sub
Private Sub Option1_DbClick()
SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option2_DbClick()
SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option3_DbClick()
SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option4_DbClick()
SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
!csire
End Sub
Private Sub Option1_Click()
Option3.Enabled = True
Option4.Enabled = True
End Sub
Private Sub Option2_Click()
Option3.Enabled = False
Option4.Enabled = False
End Sub

```

A.4.4.6 RecTeh - Relief

```

Option Explicit
Private Sub Command2_Click()
Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Load()
Label5 = Grosime
Label29 = rotni(-2.8 * (Grosime < 1) - (0.8 + 2 * Grosime) * (Grosime >= 1), 0, 1)
Label10 = rotni(-0.9 * (Grosime <= 1.25) - (0.8 + 0.2 * Grosime) * (Grosime > 1.25), 0, 1)
If TipCrt.Option3 Then
Label1 = Label1 & ", regim dur"
Label17 = rotni(0.094 + 0.9295 * Grosime + 0.405 * Grosime ^ 2 - 0.1 * (Grosime = 1 Or Grosime = 2.5) + 0.1 * (Grosime = 1.5), 0, 1)
Label23 = rotni(-0.82 + 14.415 * Grosime - 7.8 * Grosime ^ 2 + 2.5814 * Grosime ^ 3 - 0.3385 * Grosime ^ 4, 0, 1)
Label20 = rotni(-5.6 + 12.138 * Grosime - 1.207 * Grosime ^ 2, 1)
Else
Label1 = Label1 & ", regim moale"
Label17 = rotni(-0.175 + 0.9163 * Grosime + 0.19083 * Grosime ^ 2, 0, 0.5)
Label23 = rotni(2.09 + 4.356 * Grosime - 0.4588 * Grosime ^ 2 + 0.1 * (Grosime = 2) - 0.1 * (Grosime = 2.5), 0, 1)
Label20 = rotni(9.6 - 33.285 * Grosime + 52.5746 * Grosime ^ 2 - 21.921 * Grosime ^ 3 + 3.1353 * Grosime ^ 4, 1)
End If
End Sub

```

A.4.4.7 RecTeh - Linie

```

Option Explicit
Private Sub Command2_Click()
Unload Me
End Sub

```

```

Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Load()
If Material.Option2 Then
Label1 = "Sudarea prin presiune in linie a otelului oxidabil cu curent pulsant"
Label5 = Grosime
Label7 = rotni(1.662 - 0.629 * Grosime + 0.2192 * Grosime ^ 2 - 0.03118 * Grosime ^ 3, 0, 1)
Label10 = rotni(2 + 2 * Grosime, 0, 5)
Label13 = 50 - 25 * (Grosime > 0.9) - 75 * (Grosime > 2.25)
Label17 = rotni(0.326 + 4.871 * Grosime + (Grosime = 1.25) * 2 - (Grosime = 1.5) / 2, 0, 5)
Label20 = rotni(3 - (Grosime > 1.1) - (2 * Grosime - 4) * (Grosime > 2), 1)
Label23 = rotni(4.618 * Grosime - 0.8716 * Grosime ^ 2, 1)
Label26 = rotni(1.377 + 3.861 * Grosime - 0.5741 * Grosime ^ 2, 1)
Label29 = rotni(-9.2 + 55.57 * Grosime - 50.286 * Grosime ^ 2 + 16 * Grosime ^ 3) * (Grosime < 1.5) - (13.2 + 1.3 * Grosime) * (Grosime >= 1.5), 0, 5)
Label32 = 100 * (4 + (Grosime > 1.1) + (Grosime > 2.25) * 2)
Label35 = 100 * (5 + (Grosime > 1.1) + (Grosime > 2.25) * 2) * (Grosime > 2.75) / 2)
Label15 = "Clasa A3, ISO 5182"
End If
If Material.Option1 And TipCrt.Option2 Then
Label1 = "Sudarea prin presiune in linie a otelului moale cu curent pulsant"
Label5 = Grosime
Label7 = 2 + 0.25 * (Grosime > 0.9) + 0.25 * (Grosime > 1.4) * 0.5 * (Grosime > 2.75)
Label10 = rotni(-(2 + 2 * Grosime) * (Grosime < 1.5) - 5 * (Grosime >= 1.5 And Grosime < 2) - (Grosime + 3) * (Grosime > 2), 0, 5)
Label13 = 50 - 25 * (Grosime > 0.9) - 25 * (Grosime > 2.25)
Label17 = rotni(-0.8 + 3.2 * Grosime) * (Grosime < 1.25) - (3.8 + 0.8 * Grosime) * (Grosime >= 1.25 And Grosime < 1.5) - (2 * 2 * Grosime) * (Grosime >= 1.5), 0, 1)
Label20 = 2 * (Grosime > 0.9) - (Grosime > 1.1) - (Grosime - 1.65) - (Grosime > 1.9) - (Grosime > 2.25) - (Grosime > 2.6) - (Grosime > 2.8) - (Grosime > 2.9)
Label23 = 1 - (Grosime > 0.65) - (Grosime > 0.9) - (Grosime - 1.4) - (Grosime > 1.75) - (Grosime > 2.25) - (Grosime > 2.75)
Label26 = rotni(-4 * Grosime * (Grosime < 1.5) - (2 * Grosime + 3) * (Grosime >= 1.5) - (Grosime > 2.75), 1)
Label29 = rotni(3.25 + 15.703 * Grosime - 5.558 * Grosime ^ 2 + 0.79898 * Grosime ^ 3 + 0.5 * (Grosime >= 2.5 And Grosime < 2.6), 0, 5)
Label32 = 5 + (Grosime > 0.65) + (Grosime > 1.1) - (Grosime > 1.75) / 2 + (Grosime > 2.25) / 2
Label35 = ""
Label15 = "Clasa A2, ISO 5182"
End If
If Material.Option1 And TipCrt.Option1 Then
Label1 = "Sudarea prin presiune in linie a otelului moale"
Label5 = Grosime
Label13 = ""
Label20 = ""
Label23 = ""
Label26 = ""
Label32 = ""
Label35 = ""
Label10 = 3 - 0.5 * (Grosime > 0.65) - 0.5 * (Grosime > 0.9) * 0.5 * (Grosime > 1.1) - (Grosime > 1.4) / 2
Label17 = rotni(-(1.27 + 2.2 * Grosime) * (Grosime < 0.75) - 0.4 + 4.4 * Grosime) * (Grosime >= 0.75 And Grosime <= 1) - (5 - 3.4 * Grosime + 2.4 * Grosime ^ 2) * (Grosime > 1 And Grosime < 1.5) - (3.2 + 1.4 * Grosime) * (Grosime > 1.5), 0, 1)
Label15 = "Clasa A2, ISO 5182"
End If

```

```

If TipCrt.Option3 Then
    Label7 = rotni(13.586 - 5.3934 * Grosime, 1)
    Label29 = rotni(-(5.2 + 26.57 * Grosime - 33.714 * Grosime
^ 2 + 16 * Grosime ^ 3) * (Grosime < 1.25) - 17 * (Grosime >=
1.25), 0.5)
    Label1 = Label1 & ", regim dur"
Else
    Label7 = rotni(6.55 - 1.46 * Grosime - 2.084 * Grosime ^ 2 +
0.7745 * Grosime ^ 3 + 0.1 * (Grosime = 0.5 Or Grosime = 1 Or
Grosime = 1.5) - 0.1 * (Grosime = 0.75 Or Grosime = 1.25), 0.1)
    Label29 = rotni(7 + 4 * Grosime - (Grosime = 1.5), 1)
    Label1 = Label1 & ", regim moale"
End If
End If
End Sub

```

A.4.5 SEPTA

A.4.5.1 SEPTA - SEPTA

```

Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
    Lang.Top = Top + 1000
    Lang.Left = Left + 1000
    Lang.Show 1
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    RWC2.Left = SEPTA.Left
    RWC2.Top = SEPTA.Top + (RWC2.Height - SEPTA.Height)
    RWC2.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    !resire
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContents
        .HelpFile = App.Path & "SEPTA.hlp"
        If Limba = Eng Then .HelpFile = App.Path & "RWCoat.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Initialize()
    Limba = Eng
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case Asc("a"), Asc("A"), Asc("x"), Asc("X")
            Exit Sub
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Form_Load()
    LbSEPTA
End Sub
A.4.5.2 SEPTA - RWC2
Option Explicit

```

```

Private Sub Command1_Click()
    SEPTA.Left = RWC2.Left
    SEPTA.Top = RWC2.Top + (RWC2.Height - SEPTA.Height)
    SEPTA.Show
    RWC2.Visible = False
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    RWC3.Left = RWC2.Left
    RWC3.Top = RWC2.Top
    RWC3.Show
    RWC2.Visible = False
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContext
        .HelpFile = App.Path & "SEPTA.hlp"
        If Limba = Eng Then .HelpFile = App.Path & "RWCoat.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Load()
    LbRWC2
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    End
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            If Limba = Rom Then SendKeys "%(r)"
            If Limba = Eng Then SendKeys "%(b)"
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Option1_Click()
    RWC3.Option2.Enabled = RWC2.Option1
    RWC3.Option3.Enabled = RWC2.Option1
End Sub
Private Sub Option1_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option2_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option3_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option2_Click()
    RWC3.Option2.Enabled = RWC2.Option1
    RWC3.Option3.Enabled = RWC2.Option1
End Sub
Private Sub Option3_Click()
    RWC3.Option2.Enabled = RWC2.Option1
    RWC3.Option3.Enabled = RWC2.Option1
End Sub
A.4.5.3 SEPTA - RWC3
Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
    RWC2.Left = RWC3.Left
    RWC2.Top = RWC3.Top

```



```

RWC2.Show
RWC3.Visible = False
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    RWC4.Left = RWC3.Left
    RWC4.Top = RWC3.Top
    RWC4.Show
    RWC3.Visible = False
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContext
        .HelpFile = App.Path & "Septia.hlp"
        If Limba = Eng Then .HelpFile = App.Path & "RWCat.hlp"
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Activate()
    Option2.Enabled = RWC2.Option1
    Option3.Enabled = RWC2.Option1
    If Not RWC2.Option1 Then Option1 = True
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            If Limba = Rom Then SendKeys "%(r)"
            If Limba = Eng Then SendKeys "%(b)"
        Case 32 To 127
            SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Form_Load()
    LbRWC3
End Sub
Private Sub Option1_Change()
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    End
End Sub
Private Sub Option1_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option2_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub
Private Sub Option3_Db1Click()
    SendKeys "%c"
End Sub

```

A.4.6 SimSEPP

A.4.6.1 SimSEPP - SimSEPP

```

Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
    Lang.Show 1
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Form2.Top = Top
    Form2.Left = Left
    Form2.Show
    Visible = False
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)

```

```

    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContext
        .HelpFile = "SimSEPP.hlp"
        .HelpContext = 100
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    lesire
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
            Case Asc("a"), Asc("A")
                Exit Sub
            Case 32 To 127
                SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"
    End Select
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    lesire
End Sub

```

A.4.6.2 SimSEPP - Form2

Option Explicit

```

Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContext
        .HelpFile = "SimSEPP.hlp"
        .HelpContext = 100
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    SimSEPP.Left = Left
    SimSEPP.Top = Top
    SimSEPP.Visible = True
    Form2.Visible = False
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 27
            SendKeys "%(r)"
            Case Asc("a"), Asc("A")
                Exit Sub
            Case 32 To 127
                SendKeys "%(" & Chr$(KeyAscii) & ")"

```

```

End Select
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Dim I
    Image4.Width = 113
    Image4.Height = 81
    For I = 0 To 5
        Image5(I).Visible = False
    Next
    Image5(1).Visible = True
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Unload Me
End Sub
Private Sub Label10_Change()
    If Label10 = "-" Then
        Label11 = "-"
        Label20 = "-"
        Label22 = "Nu"
        If Limba = Eng Then Label22 = "No"
    Else
        Label11 = Int((Val(Label10) * 1.8) / 0.57 * 10 + 0.5) / 10
        If Label11 < 1 Then Label11 = "-"
        Label11 = " " & Label11
        Label22 = "Da"
        If Limba = Eng Then Label22 = "Yes"
    End If
End Sub
Private Sub Label11_Change()
    Aspect
End Sub
Private Sub Label18_Change()
    Aspect
End Sub
Private Sub Label22_Change()
    Aspect
    If Label22 = "Nu" Or Label22 = "Arsura" Or Label22 = "No" Or
Label22 = "Burning" Then
        Label10 = "-"
        Label11 = "-"
        Label20 = "-"
    End If
End Sub
Private Sub Text1_Change()
    Dim I
    Frup
    Comp
    I = Val(Text1)
    Label31 = ""
    If I < 2.5 Then Label31 = "mic"
    If I > 14 Then Label31 = "mare"
End Sub
Private Sub Text1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer,
X As Single, Y As Single)
    Text1.SetFocus
    Text1.SelStart = 1
    Text1.SelLength = 99
End Sub
Private Sub Text2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer,
X As Single, Y As Single)
    Text2.SetFocus
    Text2.SelStart = 1
    Text2.SelLength = 99
End Sub
Private Sub Text3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer,
X As Single, Y As Single)
    Text3.SetFocus
    Text3.SelStart = 1
    Text3.SelLength = 99
End Sub
Private Sub Text2_Change()
    Dim tc
    Frup
    Comp
    tc = Val(Text2)
    Label32 = ""
    If tc < 1.5 Then Label32 = "mic"
    If tc > 18 Then Label32 = "mare"
End Sub
Private Sub Text3_Change()
    Dim F
    Frup
    Comp
    F = Val(Text3)
    Label33 = ""
    If F < 0.8 Then Label33 = "mic"
    If F > 6.5 Then Label33 = "mare"
End Sub

A.4.7 WelDiet
A.4.7.1 WelDiet - Diet

Dim i, lista$, rs
Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContents
        Select Case Form1.Tag
            Case 1
                .HelpFile = App.Path & "\WD-eng"
            Case 2
                .HelpFile = App.Path & "\WD-eng" & "\WD-fr"
            Case 3
                .HelpFile = App.Path & "\WD-eng" & "\WD-ger"
            Case 4
                .HelpFile = App.Path & "\WD-rom"
        End Select
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Data1_Reposition()
    Data1.Caption = (Data1.Recordset.AbsolutePosition + 1) & " / " &
Data1.Recordset.RecordCount & " (" & lista$ & ")"
End Sub
Private Sub DBList1_Click()
    Data1.Recordset.Bookmark = DBList1.SelectedItem
End Sub
Private Sub DBList1_GotFocus()
    DBList1.BackColor = &HC00FF
End Sub
Private Sub DBList1_LostFocus()
    DBList1.BackColor = &H00E0FF
End Sub
Private Sub DBList1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    DBList1.SetFocus
End Sub
Private Sub DBList2_Click()
    Data1.Recordset.Bookmark = DBList2.SelectedItem
End Sub
Private Sub DBList2_GotFocus()
    DBList2.BackColor = &HC00FF
End Sub
Private Sub DBList2_LostFocus()
    DBList2.BackColor = &H00E0FF
End Sub
Private Sub DBList2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    DBList2.SetFocus
End Sub
Private Sub DBList3_Click()
    Data1.Recordset.Bookmark = DBList3.SelectedItem

```

```

End Sub
Private Sub DBList3_GotFocus()
    DBList3.BackColor = &HC0FFFF
End Sub
Private Sub DBList3_LostFocus()
    DBList3.BackColor = &HC0E0FFF
End Sub
Private Sub DBList3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    DBList3.SetFocus
End Sub
Private Sub DBList4_Click()
    Data1.Recordset.Bookmark = DBList4.SelectedItem
End Sub
Private Sub DBList4_GotFocus()
    DBList4.BackColor = &HC0FFFF
End Sub
Private Sub DBList4_LostFocus()
    DBList4.BackColor = &HC0E0FFF
End Sub
Private Sub DBList4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    DBList4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Activate()
    Data1.Recordset.MoveLast
    Data1.Recordset.MoveFirst
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 27 Then Unload Me
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Data1.DatabaseName = App.Path & "\Weldict.mdb"
    rs = Array("Gr1", "Gr2", "Gr21", "Gr22", "Gr23", "Gr3", "Gr31",
"Gr32", "Gr33", "Gr34", "Gr35", "Gr4", "Gr5", "Gr6", "Gr7",
"English", "Francais", "Deutsches", "Romaneste")
    For i = 0 To 18
        If Form1.Option1(i) Then
            listaS = Form1.Option1(i).Caption
            Data1.RecordSource = rs(i)
        End If
    Next
    If Form1.Tag = 4 Then Label8 = "Selectati termenul dorit:"
End Sub
Private Sub Label2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    DBList1.SetFocus
End Sub
Private Sub Label3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    DBList2.SetFocus
End Sub
Private Sub Label4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    DBList3.SetFocus
End Sub
Private Sub Label9_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    DBList4.SetFocus
End Sub

```

A.4.7.2 WelDiet - WelDiet

```

Option Explicit
Dim Shared Lb
Private Sub Command1_Click()
    End
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContents
        Select Case Tag

```

```

Case 1
        .HelpFile = App.Path & "\WD-eng"
Case 2
        .HelpFile = App.Path & "\WD-eng" & "WD-fr"
Case 3
        .HelpFile = App.Path & "\WD-eng" & "WD-ger"
Case 4
        .HelpFile = App.Path & "\WD-rom"
    End Select
    .ShowHelp
End With
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    Lang.Left = Left + 1000
    Lang.Top = Top + 1000
    Lang.Show 1
End Sub
Private Sub Command3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command3.SetFocus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    Form1.Left = Left
    Form1.Top = Top
    Form1.Width = Width
    Form1.Label1 = Label1
    Form1.Show
    Weldict.Visible = False
End Sub
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command4.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Tag = 1
End Sub

```

A.4.7.3 WelDiet - Form1

```

Option Explicit
Dim Shared Lb
Private Sub Command1_Click()
    Weldict.Left = Left
    Weldict.Top = Top
    Weldict.Show
    Form1.Visible = False
End Sub
Private Sub Command1_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    With CommonDialog1
        .HelpCommand = cd1HelpContents
        Select Case Tag
            Case 1
                .HelpFile = App.Path & "\WD-eng"
            Case 2
                .HelpFile = App.Path & "\WD-eng" & "WD-fr"
            Case 3
                .HelpFile = App.Path & "\WD-eng" & "WD-ger"
            Case 4
                .HelpFile = App.Path & "\WD-rom"
        End Select
        .ShowHelp
    End With
End Sub
Private Sub Command2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Command2.SetFocus
End Sub

```

```
Private Sub Command4_Click()  
    dict.Left = Left  
    dict.Top = Top  
    dict.Width = Width  
    dict.Label1 = Label1  
    dict.Show 1  
End Sub  
Private Sub Command4_MouseMove(Button As Integer, Shift As  
Integer, X As Single, Y As Single)  
    Command4.SetFocus  
End Sub  
Private Sub Form_Load()  
    Tag = 1  
End Sub  
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)  
    Call Tesire  
End Sub  
Private Sub Option1_DbClick(Index As Integer)  
    SendKeys "%d"  
End Sub
```