

UNIVERSITATEA TEHNICĂ TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MECANICĂ
CATEDRA DE ORGANE DE MAȘINI ȘI MECANISME

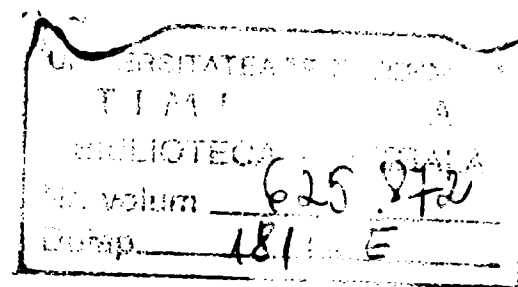
TEZA DE DOCTORAT

CONTRIBUȚII LA AUTOMATIZAREA FLEXIBILĂ A
FABRICAȚIEI SUBANSAMBLELOR SUDATE DIN
COMPONENȚA VAGOANELOR.

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC
PROF.DR.ING. KOVACS FRANCISC

DOCTORAND
ING.TUSZ FRANCISC

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA



1999.

PREFAȚĂ

Încă de la mijlocul anilor 70 în România au început cercetările în domeniul roboților industriali, respectiv implementarea acestora în procesele de fabricație. Dacă în domeniul cercetărilor teoretice s-au obținut rezultate însemnate, în domeniul implementării roboților industriali rezultatele nu sunt încă cele scontate.

Lucrarea de față și-a propus continuarea cercetărilor din domeniu, în domeniul proiectării și implementării celulelor de fabricație flexibilă în construcția de vagoanelor de cale ferată. Obiectivele urmărite au ținut cont de tradițiile școlii timișorene de robotică, de direcțiile de cercetare pe plan mondial și rezultatele acestora de necesitățile întreprinderii de vagoane din Arad și rezultatele obținute în cadrul diferitelor întreprinderi constructoare de vagoane de cale ferată din Europa în robotizarea proceselor de fabricație.

Dorința de a confirma corectitudinea drumului ales a fost materializată prin prezentarea rezultatelor obținute la congrese, conferințe internaționale, lucrări publicate în reviste de specialitate din țară și străinătate; demersurile amintite m-au încurajat în a sistematiza aceste rezultate sub forma lucrării de față.

Cu ocazia finalizării tezei exprim întreaga grațitudine și profunda recunoștință conducătorului științific domnului profesor dr.ing.dr.h.c. KOVÁCS FRANCISC, reputat specialist și om de știință cu înaltă ținută morală, care, prin grija permanentă și îndrumarea eficientă mi-a orientat ideile și eforturile, stimulându-mă să finalizez această lucrare, pe care o dedic domniei sale în semn de deosebit respect.

Autorul exprimă calde mulțumiri Dl. Prof.dr.ing. DAN PERJU șeful catedrei de Organe de Mașini și Mecanisme respectiv colectivului catedrei pentru sugestiile de un real folos pe care le-au formulat cu prilejul susținerii referatelor.

Autorul mulțumește Dl. Prof. dr.ing. Dragomir Toma pentru indicațiile prețioase primite la finalizarea unor subcapitole.

De asemenea doresc să adresez mulțumirile mele D-lor Profesori referenți științifici ai acestei lucrări, pentru bunăvoința de a o parcurge și de a judeca.

La fel doresc să mulțumesc Întreprinderii Astra Vagoane Arad pentru că au asigurat baza materială realizării și implementării celulelor flexibile robotizate de sudare.

În fine mulțumirile autorului sunt adresate colegilor din catedra de Discipline Tehnice Generale din Cadrul Universității "Aurel Vlaicu" din Arad pentru sugestiile referitoare la prezenta lucrare.

Arad 28.12.1999-

Ing.Tusz Francisc

CUPRINS.

	Pagina
Cap.1.Introducere	7
1.1.Importanța fabricației flexibile robotizate	7
1.2.Principiile economice ale mecanizării și automatizării proceselor de sudare	14
1.3.Noțiuni introductive privind automatizarea proceselor de sudare	17
1.3.1.Considerații generale	17
1.3.2.Clasificarea procedeelor de sudare în mediu de gaz protector	19
1.3.3.Mecanizarea și automatizarea sudării cu arc electric	22
Cap.2.Stadiul actual al cercetărilor și realizărilor privind flexibilizarea proceselor de asamblare prin sudare a componentelor vagoanelor de cale ferată	25
2.1.Introducere.	25
2.2.Principiile fabricației flexibile prezentate în literatura de specialitate	27
2.2.1.Definiții	27
2.2.2.Fluxuri de materiale, energie și informații în sistemele de fabricație flexibilă	28
2.2.3.Condițiile automatizării sistemelor de fabricație	31
2.2.4.Condițiile flexibilității sistemelor de fabricație automate	31
2.2.5.Cuantificarea flexibilității sistemelor de fabricație	35
2.2.6.Sinteza structurii sistemelor	38
2.2.7.Componenta sistemelor de fabricație pentru asamblarea prin sudare a subansamblelor vagoanelor de cale ferată	42
2.3.Unele aspecte ale stadiului actual al realizărilor privind fabricația vagoanelor de cale ferată	44
2.3.1.Realizări în România	44
2.3.2.Exemple de sisteme de fabricație flexibilă pentru asamblarea prin sudare a subansamblelor vagoanelor de cale ferată realizate în țările europene.	55
2.4.Concluzii	65
Cap.3.Stabilirea obiectivelor tezei de doctorat	67
Cap.4.Contribuții la elaborarea unor procese tehnologice de asamblare prin sudură de grup	70
4.1.Introducere	70
4.2.Tipizarea proceselor tehnologice și tehnologiile de grup	71
4.3.Bazele metodei de concepere a proceselor tehnologice de grup	73
4.3.1.Considerații generale	73
4.3.2.Clasificarea (gruparea) pieselor	75
4.3.3.Elaborarea procesului tehnologic de grup	77
4.4.Elaborarea unor tehnologii de asamblare prin sudură de grup	80
4.4.1.Introducere	80
4.4.2.Clasificarea și gruparea subansamblelor de vagon	81
4.4.3. Determinarea caracteristicilor subansamblelor ideale ale grupelor	95
4.4.4.Concluzii privind procedeele de sudare utilizate și mijloacele de fabricație (roboți industriali, dispozitive ale instalațiilor aducătoare/de evacuare și a dispozitivului de lucru) utilizate în celule de fabricație	98
Cap. 5.Sisteme de fabricație flexibilă robotizate pentru procese de sudare a componentelor vagoanelor de cale ferată	100
5.1.Considerații generale	100

5.2.Cu privire la utilizarea roboților industriali în sistemele de fabricație flexibilă pentru procesele de sudare a componentelor vagoanelor de cale ferată.	104
5.2.1.Introducere	104
5.2.2.Rolul robotului industrial în subsistemul de manipulare al sistemelor de fabricație prin sudare a subansamblelor vagoanelor de cale ferate	105
5.2.3.Rolul robotului industrial în subsistemul de prelucrare (prindere provizorie prin sudură și sudare) a sistemelor de fabricație a subansamblelor vagoanelor de cale ferată.	108
5.3.Instalații aducătoare/de evacuare utilizate în sistemele de fabricație pentru sudarea subansamblelor vagoanelor de cale ferată	114
5.3.1.Introducere	114
5.3.2.Cu privire la utilizarea meselor de poziționare-orientare în sistemele de fabricație prin sudare a subansamblelor vagoanelor de cale ferată	116
5.3.2.1.Probleme specifice cu caracter general	116
5.3.2.2.Verificarea puterii sistemelor de acționare ale cuplelor cinematice conducătoare ale mesei de poziționare-orientare	117
5.3.2.3.Exactitatea de situare a mesei de poziționare-orientare	125
5.4.Dispozitivele de lucru în sistemele de fabricație flexibilă pentru fabricarea subansamblelor de vagoane de cale ferată	128
5.4.1.Probleme specifice generale	128
5.4.2.Determinarea exactității de situare a dispozitivelor de montaj și sudare utilizate în sistemele de fabricație a subansamblelor vagoanelor de cale ferată	133
5.4.3.Influența deformațiilor termice datorite sudării a componentelor asupra situării acestora în dispozitivul de lucru	138
5.5.Corelații între exactitățile de situare ale subsistemelor sistemelor de fabricație prin sudare a subansamblelor de vagoane de cale ferată	142
5.5.1.Stabilirea relației de corelare între exactitățile de situareale componentelor sistemului	142
5.5.2.Efectele situării cu eroare a capului de sudare în raport cu rostul de sudare	145
5.5.3.Corectarea erorii de situare a capului de sudare în raport cu rostul	147
5.6.Aspecte referitoare la conducerea automată a parametrilor procesului de sudare	148
5.6.1.Considerații generale	148
5.6.2.Aspecte calitative (stabilitatea statică)	149
5.6.2.1.Funcționarea în regim $v_{ac}=\text{const.}$	149
5.6.2.2.Funcționarea în regim $v_{ac}=f(U_a)$	152
5.6.3.Aspecte cantitative sistemelor de reglare (modelare).	153
5.6.3.1.Modelarea sistemului de reglare în varianta $v_{ac}=f(U_a)$.	153
5.6.3.2.Modelarea sistemului de reglare în varianta $v_{ac}=\text{const}$	158
Cap.6.Aplicații;Sisteme de fabricație flexibile a subansamblelor sudate din componența vagoanelor realizate în cadrul întreprinderii ASTRA-VAGOANE ARAD	160
6.1.Considerații generale	160
6.2.Instalație de sudare automată sub strat de flux cu două capete de sudare (ISAFCOL)	161

6.3.Celulă de fabricație flexibilă robotizată pentru sudarea subansamblelor mici în construcția vagoanelor de cale ferată	177
6.3.1.Sinteza structurală și cea a planului de amplasament a celulei de fabricație	177
6.3.2.Soluții constructive-funcționale ale componentelor celulei de fabricație pentru sudarea obiectelor de lucru mici	181
6.3.2.1.Considerații generale	181
6.3.2.2.Robotul industrial	182
6.3.2.3.Mesele de poziționare-orientare	183
6.3.2.4. Dispozitivele de lucru	184
6.3.2.5.Depozitele intermediare	185
6.3.3.Funcționarea sistemului de fabricație și ciclograma lui	185
6.3.3.1. Pregătirea funcționării de durată a celulei	185
6.3.3.2.Ciclograma celulei de sudare (fig.6.21.)	185
6.3.3.3.Sinteza planului de amplasament al celulei de fabricație	190
6.3.4.Calculul erorilor de situare relativă a obiectelor de lucru în raport cu robotul	191
6.4.Celula de fabricație flexibilă robotizată pentru sudarea subansamblelor mijlocii în construcția vagoanelor de cale ferată.	192
6.4.1.Sinteza structurală și a planului de amplasament al celulei de fabricație	192
6.4.2.Soluții constructive-funcționale ale componentelor celulei de fabricație pentru sudarea longeronului și traversei crapodinei pentru boghiu Y25	199
6.4.2.1.Robotul industrial	199
6.4.2.2.Modulul de translație lungă	200
6.4.2.3.Masa de poziționare-orientare	201
6.4.2.4.Dispozitive de lucru	201
6.4.2.5.Dispozitiv de curățat capul de sudare	202
6.4.2.6.Pupitru central de comandă	202
6.4.2.7.Panouri locale	202
6.4.3.Funcționarea sistemului de fabricație și ciclograma lui	203
6.4.3.1.Prezentare generală	203
6.4.3.2.Sinteza planului de amplasament al celulei de fabricație	209
6.4.4.Programarea funcționării celulei	210
6.4.4.1.Programarea robotului industrial	210
6.4.4.2.Urmărirea rostului de sudare	211
6.4.5.Determinarea corelațiilor între exactitățile de situare ale elementelor celulei de sudare a longeronului și traversei	211
6.4.5.1.Alegerea sistemelor de referință și situarea relativă a acestora	211
6.4.5.2.Determinarea exactității de situare reale a modulului de translație lungă	215
6.4.5.3. Determinarea exactității de situare reale a mesei de poziționare orientare MPO ₂	217
6.4.5.4. Determinarea exactității de situare reale a subansamblului traversei crapodinei în dispozitivul de lucru DL ₂	218
6.4.5.5.Determinarea erorii de situare a rostului datorate deformării obiectului de lucru în câmpul termic datorat arcului electric de sudare	229

6.4.5.6.Corelarea exactităților de situare ale componentelor celulei din fig.6.36.	230
6.4.5.7.Verificări cinetostatice și dinamice	233
6.5.Sudarea țepușelor în celula flexibilă robotizată pentru sudarea subansamblelor mijlocii	234
6.5.1.Prezentarea obiectului de lucru (țepușei)	234
6.5.2.Posibilități de mecanizare a procesului tehnologic de sudare a țepușelor	235
6.5.3.Soluții constructiv-funcționale ale componentelor celulei de fabricație pentru sudarea țepușei	237
6.5.3.1.Modulul de translație lungă (fig.6.27)	237
6.5.3.2.Dispozitivul de lucru (fig.6.29)	237
6.5.4.Ciclograma sistemului de fabricație flexibilă pentru sudarea țepușelor vagon platformă tip EVA	238
6.5.5.Modelarea SFF de sudare a țepușei vagon platformă tip EVA și simularea funcționării lui	243
Cap.7. Contribuții originale și concluzii finale	250
Bibliografia	255
Anexa 1	
Anexa 2	
Anexa 3.	
Anexa 4.	
Anexa 5.	
Anexa 6.	
Anexa 7.	

Cap.1. INTRODUCERE

1.1. IMPORTANȚA FABRICAȚIEI FLEXIBILE ROBOTIZATE

Progresul tehnic în producția industrială contemporană se caracterizează prin flexibilizare, mecanizare, și automatizare. Fabricația de unicate și de serie mică nu s-a putut dezvolta în aceeași măsură ca alte domenii ale producției industriale, ea ridicând în fața automatizării considerabile greutăți de ordin tehnic și mai ales economic, ale căror cauză se află pe de o parte în natura sarcinilor de fabricație, pe de altă parte în calitatea și structura mijloacelor de fabricație utilizate astăzi.

Dezvoltarea sistemelor de fabricație, la începutul secolului, era strâns legată de necesitatea de execuție a unor produse în serie mare (de ex. pentru a satisface cerința mare de autoturisme). A apărut necesitatea elaborării unor tehnologii și a unor linii de fabricație de mare productivitate. Henry Ford a dezvoltat între anii 1913-1914 o linie de asamblare în cadrul căreia un motor era montat în 84 de posturi, ceea ce a redus volumul muncii manuale cu două treimi. Fabricând mereu aceleași motoare linia în cauză era rigidă.

Mecanizarea operațiilor tehnologice de prelucrare a constituit primul pas în dezvoltarea sistemelor de fabricație. Ea este legată de perfecționarea mașinilor unelte.

Un al doilea pas se poate considera faptul că la încheierea ciclului de prelucrare piesele se deplasează de la un post de lucru la următorul în mod simultan, la toate stațiile (care pot fi în număr de 6-50, funcție de tehnologia utilizată și de volumul producției). Important pentru utilizarea eficientă a liniei de transfer este relativa egalitate a ciclurilor de prelucrare la fiecare post de lucru.

Un al treilea pas, dar nu și ultimul, se poate considera controlul interfazic, care cu cât este mai important, cu atât este mai monoton dând posibilități operatorului uman să greșească. Rezultă că și aici este necesară introducerea automatizării.

O analiză amănunțită în acest sens a bibliografiei referitoare la tehnologia fabricației a condus la concluzia că fabricația de serie poate progresa doar prin dezvoltarea unor noi mijloace de fabricație în direcția automatizării acesteia [GUT.63.].

Datorită specificului cerințelor pieței, până la începutul anilor 60 caracterul fabricației a fost rigidă.

Caracterul fabricației este stabilit în mare măsură de caracterul mijloacelor de fabricație. Mijloacele de fabricație sunt considerate a fi rigide dacă ele sunt concepute de la bun început doar pentru rezolvarea unei singure probleme, unui scop de fabricație, fiind practic imposibilă comutarea, adaptarea lor la rezolvarea altor probleme, a altor sarcini de fabricație.

Rigiditatea se dovedește însă a fi nesatisfăcătoare, în momentul în care trebuie să se aibă în vedere o modificare a sarcinii, problemei de fabricație în cadrul duratei de utilizare a mijloacelor de fabricație. În acest caz se necesită schimbarea mijloacelor de fabricație.

Necesitatea supraviețuirii pe o piață mondială deosebit de dură a condus la găsirea unor metode de optimizare și alocării resurselor funcționării unor firme producătoare în construcția de mașini.

Aproximativ 70% din producția actuală se face prin metode specifice producției de serie mică/individuală-de unicat, ceea ce înseamnă că trecerea de la fabricarea unui produs la fabricarea altui produs, pentru a nu ajunge la schimbări cu frecvențe exagerat de mari a mijloacelor de fabricație, la schimbarea câte unui produs, schimbări care ar fi avut efecte economice dezastruoase, a fost necesar să se aducă îmbunătățiri tehnologiei de fabricație a mijloacelor de fabricație, precum și organizării producției.

Proprietatea de flexibilitate în ansamblu a acestor sisteme de fabricație facilitează utilizarea lor în cazul producției de serie mică/individuală. De aici rezultă cerința de a concepe mijloace de fabricație flexibile și necesitatea conceperii unor procese de fabricație flexibile.

Mijloacele de fabricație se consideră flexibile, dacă cu ocazia schimbării produsului, se pot adapta pentru a face față noilor sarcini de fabricație. [ROP.68.]

Flexibilitatea caracterizează proprietatea sistemelor de fabricație automate de a fi adaptabile la noi sarcini de fabricație în condiții economice.

Privită din punct de vedere al istoriei științei și tehnicii, epoca actuală se situează în ciclul de dezvoltare corespunzător celei de a doua revoluții industriale. Aceasta are la bază informatica și microelectronica, așa cum prima a avut la bază mașinismul. Se consideră că impactul produs de informatica industrială (calculatorul și în special microprocesorul) este similar cu cel produs de introducerea și răspândirea mașinii cu aburi.

În relativ scurta lor existență, calculatoarele au cunoscut numeroase și profunde transformări. Primele sisteme de calcul cunoscute sub denumirea de generația a I-a au apărut pe piață în anii '50. Ele erau realizate cu tuburi electronice și în consecință ocupau mult spațiu, consumau multă energie și degajau o mare cantitate de căldură.

Apariția tranzistorului a determinat apariția celei de a doua generație de calculatoare: mai mici, mai fiabile și mai rapide.

Anii '60 au fost martorii unei puternice dezvoltări a microelectronicii, caracterizată prin apariția circuitelor integrate. Acestea reunesc mai mulți tranzistori pe o singură plăcuță (chip) de siliciu, determinând în continuare scăderea dimensiunilor și a prețului, creșterea vitezei de prelucrare și a fiabilității. S-au realizat astfel calculatoarele din generația a II-a.

Generația a treia utilizează circuite integrate pe scară foarte largă la care densitatea componentelor electronice atinge 8.000.000 pe o plăcuță de siliciu cu dimensiunile 10x10 mm. S-a realizat o scădere spectaculoasă a dimensiunilor simultan cu creșterea puterii de calcul, diversificarea gamei și obținerea unei fiabilități adecvate.

Generația actuală a V-a este dotată cu inteligență artificială. Aceste calculatoare "reacționează" singure, pe baza unei colecții de cunoștințe, fără a mai fi obligate să urmeze întocmai un set predeterminat de instrucțiuni (algoritm).

Un moment de cotitură în dezvoltarea informaticii industriale l-a constituit apariția microprocesorului (1971). Aceasta reprezintă un circuit integrat pe scară largă (SI) capabil de a efectua operații aritmetice și logice sub controlul unui program.

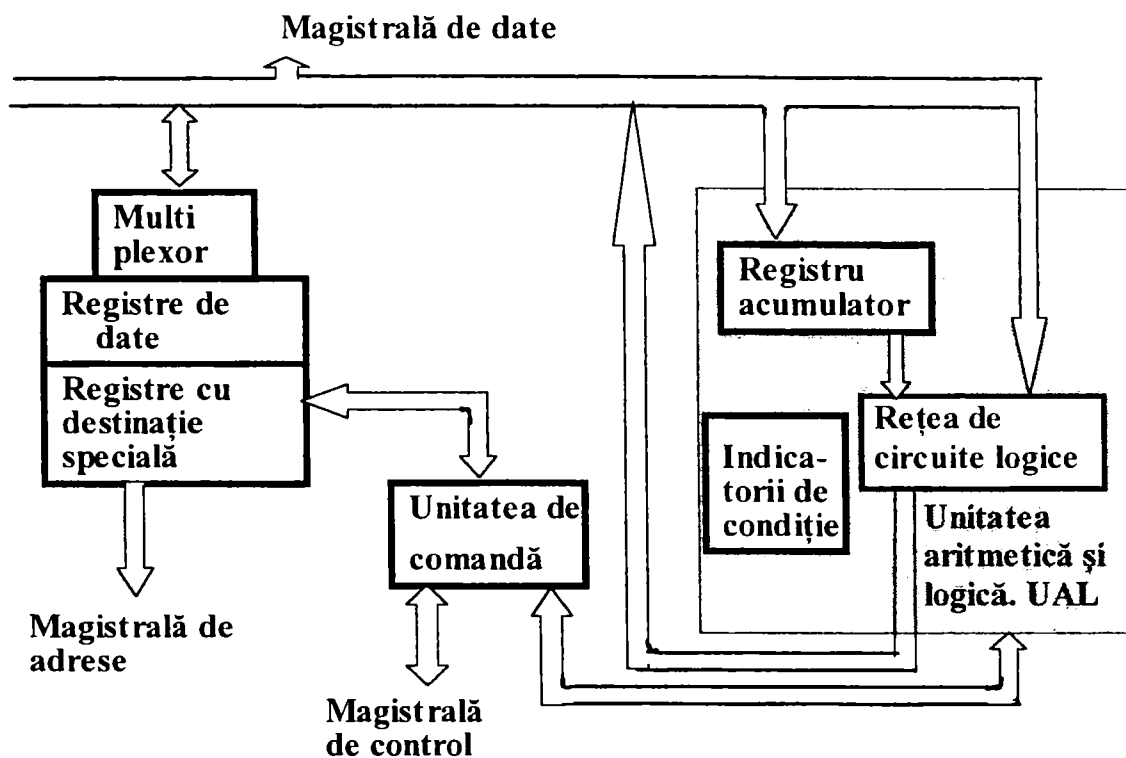


Fig.1.1.Arhitectura internă standard a unui microprocesor.

Arhitectura sa internă standard este prezentată în fig.1.1. [ARG. 86.]

Microprocesoarele se utilizează atât în construcția microcalculatoarelor cât și pentru realizarea unor sisteme de calcul specializate, adaptate cerințelor unor utilizatori individuali. Schema bloc a unui sistem pe bază de microprocesor (Microprocesor-Based-System) este prezentat în fig.1.2.

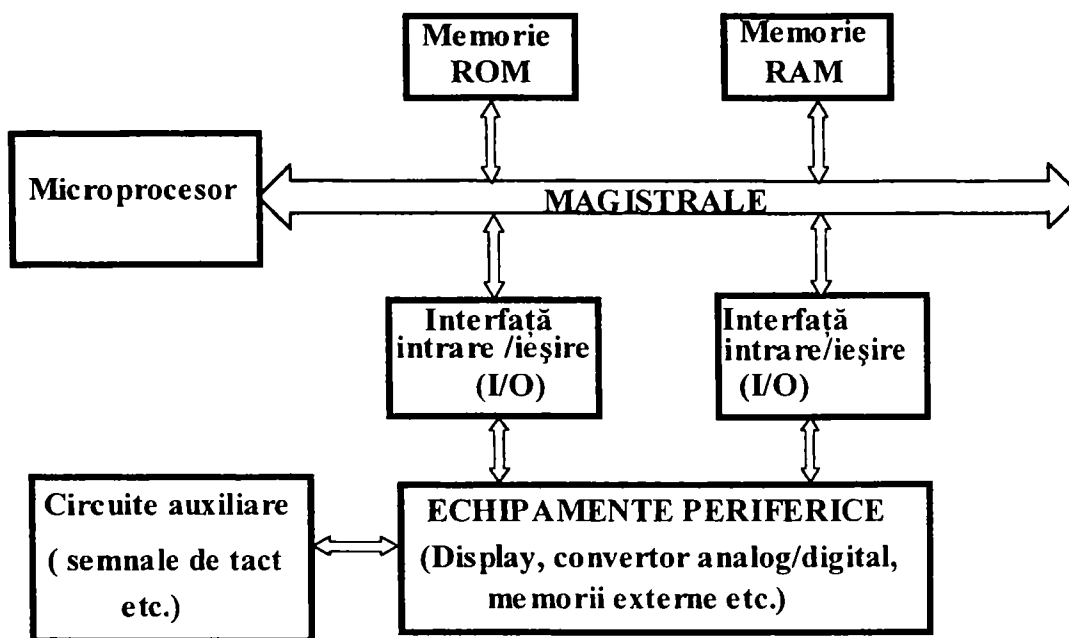


Fig.1.2. Sistem de calcul pe bază de microprocesor.

În memoriile ROM (Read Only Memories- Memorii ce pot fi exclusiv citite) se păstrează programul de calcul. O memorie ROM reprezintă o rețea de formă matriceală, constituită din dispozitive semiconductoare (diode, tranzistoare) rețea în care prin interconectarea elementelor se poate memora o informație binară cu o structură fixă.

Funcție de modul de înscriere a informației se deosebesc :

- memorii ROM neprogramabile , în care informațiile se înscriu prin procesul de fabricație
- memorii ROM programabile (PROM), în care informațiile se înscriu, prin distrugerea unei legături sau a unei joncțiuni a circuitului bistabil care formează celula de memorie
- memorii ROM reprogramabile (EPROM). Informațiile se înscriu prin injectarea de electroni (printr-un proces de avalanșă) în zona aferentă porțiunii unui tranzistor MOS al circuitului bistabil (celula de memorie)

Pentru memoriile RAM (Random Access Memories) există atât posibilitatea de a citi, cât și cea de a înscrie valori. Ele se utilizează pentru stocarea datelor.

Microprocesorul transmite pe magistrala de adrese conținutul numărătorului de adrese, concomitent cu o comandă de citire a memoriei. Memoria depune pe magistrala de date conținutul adresei selectate, aceasta este transferată în registrul de instrucțiuni, decodificat și executat.

Ca urmare a extraordinarei ei dezvoltări, tehnica de calcul a ajuns să exercite o puternică influență asupra vieții profesionale a omului [TOA. 85.;DAN 79.]. Astfel în industrie calculatoarele au devenit principalul mijloc de automatizare a producției. Fabrici întregi automatizate conduse de calculatoare sunt deja în funcțiune. Chiar și în producția de structuri sudate, domeniu al tehnicii în care -prin tradiție - introducerea și extinderea mecanizării a fost lentă, automatizarea este privită drept principalul mijloc de rentabilizare. Dar automatizarea nu reprezintă decât una din multiplele aplicații ale informaticii industriale. O sinteză a principalelor direcții ale introducerii calculatoarelor în domeniul sudurii este prezentată în tabelul nr.1.1.[ARG. 87.]

Tabelul nr.1.1. Utilizarea calculatoarelor în domeniul sudării.

1. Mecanizarea /automatizarea /robotizarea proceselor (echipamentelor pentru sudare și procedee conexe)
2. Ingineria asistată de calculator (CAE), care cuprinde: 2.1. Sisteme CAD/CAM integrate, compuse din: 2.1.1. Sisteme destinate proiectării asistate de calculator, în cadrul cărora se disting: - proiectarea îmbinărilor sudate; - elaborarea tehnologiilor de sudare; 2.1.2. Sisteme destinate fabricării asistate de calculator (CAM). Problemele implicate sunt: - conducerea atelierelor; - analiza proiectelor; - programarea asistată; 2.2. Asigurarea calității. Problemele implicate sunt: 2.2.1. Încercările și analizele de materiale 2.2.2. Controlul nedistructiv 2.2.3. Conducerea (gestiunea) calității 2.3. Alte componente: 2.3.1. Sisteme de conducere a unității 2.3.2. Gestiunea unității 2.3.3. Birotică
3. Cercetarea asistată, care implică: 3.1. Prelucrarea rezultatelor cercetării 3.2. Instrumentarea cercetării 3.3. Programarea asistată (de exemplu pentru generarea bazelor de date) 3.4. Probleme de inteligență artificială (de exemplu sistemele experte)
4. Alte direcții: 4.1. Bănci de informații 4.2. Instruire asistată

Mecanizarea fabricației înseamnă executarea operațiilor de fabricație de către mijloacele de fabricație, fără a solicita din partea operatorului uman efort fizic.

Automatizarea producției (de bunuri materiale și servicii) înseamnă executarea operațiilor de producție, fără a solicita din partea operatorului uman vreun efort fizic sau psihic. În procesele de producție automată, prezența operatorului uman nu este solicitată nici în permanență nici în intervale de timp impuse de proces.

Mecanizarea și automatizarea, pe lângă ușurarea muncii operatorului uman, duc la creșterea productivității muncii și la îmbunătățirea calității produselor (prin eliminarea operatorului uman ca sursă de producere a noncalității.).

Prin fabricație se înțelege totalitatea activităților de realizare fizică a unui obiect. Prin producție se înțelege totalitatea activităților de realizare a unui produs-bun material sau servicii. Producția conține concepția, fabricația produsului și managementul acestor activități.

În perioada automatizării flexibile, roboții industriali sunt, în mod accentuat, un factor semnificativ în sistemele producției automatizate, în activitatea economică în general. De mai bine de 25 de ani, utilizarea roboților industriali a produs o serie de avantaje economice și sociale. Între acestea se menționează o îmbunătățire a productivității, umanizarea crescândă a vieții muncitorilor, prevenirea accidentelor de muncă, ridicarea calității produselor și recuperarea mai rapidă a investițiilor (vezi fig. 1.3.). Robotul industrial este cheia fabricației flexibile automate.

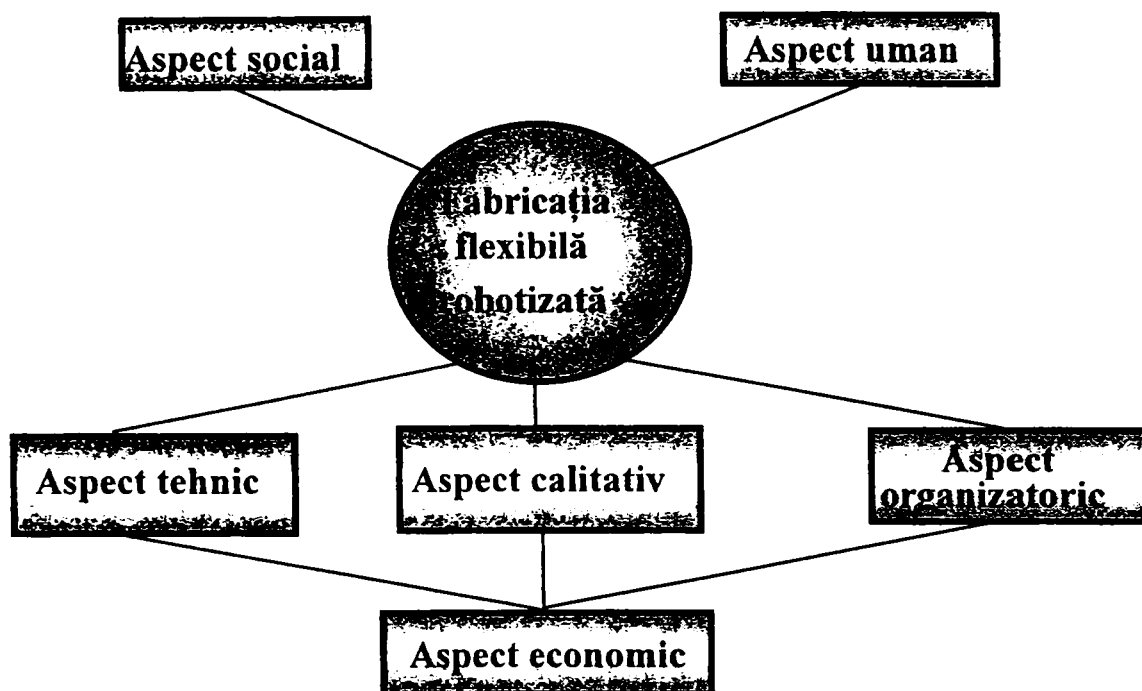


Fig.1.3.Aspectele fabricației flexibile robotizate.

Efectele economice și sociale favorabile rezultă din faptul că roboții industriali sunt flexibili, adaptarea lor la noi sarcini realizându-se prin reprogramarea sistemului de comandă și schimbarea –la nevoie - a efectorului final. Construcția roboților industriali asigură libertate mare a mișcărilor, similar cu cele ale membrilor (brațe și mâini) ființelor umane.

Utilizarea roboților industriali a făcut posibilă automatizarea producției de serie mică - loturi mici, astfel încât introducerea roboților industriali a transformat sistemele de producție de la sisteme *om-mașină* la sisteme *om-robot-mașină* . Această transformare a sistemelor de producție conduce la eliberarea oamenilor de la prestarea unor munci periculoase sau lipsite de confort.

Automatizarea sistemelor de producție de masă a fost elementul principal al perfecționării industriei până în 1970. Tendința predominantă după 1980, este automatizarea producției de serie mică, prin utilizarea sistemelor de fabricație. Dezvoltarea tehnologică și utilizarea roboților industriali formează nucleul noilor sisteme de fabricație.

Roboții industriali aduc o contribuție remarcabilă la creșterea productivității, la scăderea costurilor, la umanizarea muncii și la dezvoltarea noilor industrii.

Realizarea unor sisteme flexibile reprezintă aspectul cel mai actual care marchează principala străpungere tehnologică a zilelor noastre, în toate ramurile industriale cu procese discontinue de fabricație, trecerea la tehnologii flexibile cu înalt nivel de automatizare.

Ridicarea gradului de automatizare, chiar în condițiile fabricației în loturi relativ mici, cu ajutorul unor mijloace de producție, mai ales cu ajutorul roboților industriali, este menită să exercite o influență deosebit de importantă asupra calității producției și economiei în final.

În momentul de față în practica fabricației din construcția de mașini se observă în lumea întreagă o tendință puternică de trecere spre producția automatizată flexibilă, care asigură prelucrarea pentru un nomenclator larg de piese și o restructurare ușoară a fabricației pentru execuția de noi tipuri sau variante de obiecte. Se observă, de asemenea, tendința creării și implementării de producții integrate, prin care se realizează unificarea într-un sistem automatizat complex a tuturor activităților care concură la execuția faptică a producției, începând de la proiectarea constructivă și pregătirea tehnologică, până la livrarea produselor finite.

Dezvoltarea viitoare a automatizării flexibile va permite trecerea în bune condiții la execuția de comenzi individuale conform cu cerințele speciale ale beneficiarilor și pe principiul executării “ în timp necesar” a comenzii (“just in time”).

Importanța fabricației flexibile robotizate industriale se poate sublinia, scoate în evidență prin compararea cu sisteme de fabricație clasice sintetizate după [MAS. 65.]:

- gradul de automatizare al mașinilor sistemelor de manipulare/transport al materialului este mult mai mare în sistem de fabricație flexibilă decât în tehnologia clasică;
- sistemele de fabricație flexibilă au în componența lor un număr mai mic de mașini decât într-un sistem echivalent clasic, respectiv sistemele de fabricație flexibilă au în componența lor mijloace de fabricație universale față de mașinile unelte specializate utilizate la sistemele de fabricație clasice;
- amplasamentul mijloacelor de fabricație în sisteme de fabricație flexibilă este determinat de tipul instalațiilor pentru operații humanoide;
- numărul posibil de prelucrare într-un sistem de fabricație flexibilă este semnificativ mai mică decât în tehnologia clasică, în aceste condiții scade numărul de operații într-un proces tehnologic de prelucrare dar crește numărul fazelor unei operații, totodată crește complexitatea dispozitivelor de lucru și implicit costul lor;
- timpul de bază la o mașină de lucru va crește, ceea ce impune în multe cazuri prelucrarea simultană a mai multor repere;
- transmiterea informațiilor este realizată pe cale informatică față de cale verbală, scrisă sau desenată;
- tipul caracteristic de producție este cea individuală sau de serie mică, rentabilitatea economică în acest caz fiind dată de gradul de flexibilitate a sistemului.

1.2. PRINCIPIILE ECONOMICE ALE MECANIZĂRII ȘI AUTOMATIZĂRII PROCESELOR DE SUDARE

Mecanizarea și automatizarea proceselor de producție au un rol important în mărirea productivității muncii, ușurează munca omului, iar automatizarea schimbă caracterul muncii, contribuind la ștergerea treptată a deosebirilor existente între munca fizică și cea intelectuală [POP. 65.]

Mecanizarea constă din înlocuirea parțială sau completă a muncii manuale cu mijloace tehnice, cu participarea directă a omului la servirea, reglarea și controlul acestor mijloace. În procesele de fabricație este de mare însemnătate mecanizarea muncilor grele și a activităților necesitând volum mare de muncă manuală.

Automatizarea constă din realizarea, reglarea și controlul proceselor de producție cu mijloace tehnice astfel încât participarea directă a omului la aceste procese să fie eliminată.

Eficiența măsurilor tehnice de mecanizare și automatizare este exprimată în primul rând de productivitatea muncii “ P_r ” care se poate determina, calitativ ca inversul timpului necesar pentru prelucrarea unei piese “ t_0 ”

$$P_r = \frac{1}{t_0} \quad (1.1)$$

Notând cu “ v ” volumul de muncă manuală și cu “ V ” volumul muncii echipamentului tehnologic la prelucrarea unei piese, dacă

$$v=V \quad (1.2)$$

înseamnă că muncitorul lucrează la echipamentul tehnologic tot timpul cât se prelucrează piesa. De exemplu, la sudarea manuală a unei piese este valabilă relația (1.2), pentru că tot timpul sudorul sudează, sursa de sudare respectivă este conectată la rețea. Prin automatizare, “ V ” crește față de “ v ” și diferența dintre ele, adică:

$$g_a = V - v \quad (1.3)$$

poate fi o măsură a gradului de automatizare a mașinii.

Dacă se notează cu “ t_1 ” timpul de lucru manual la fabricarea unei piese și cu “ t_2 ” timpul de lucru total la echipamentul tehnologic pentru aceeași piesă cu acestea se poate defini gradul de automatizare la mașini sub forma:

$$g_a = \frac{t_2 - t_1}{t_2} \quad (1.4)$$

Conform acestei definiții:

$g_a=1$ pentru un echipament tehnologic, total automatizat (pentru că atunci $t_1=0$);

$g_a=0$ dacă echipamentul tehnologic este neautomatizat (deoarece în acest caz $t_1=t_2$).

Pentru analiza unui proces de fabricație este important să se determine durata t_0 de realizare a unui anumit produs. Acest timp numit timp pe bucată se compune din:

$$t_0 = t_m + t_a + t_t + t_{or} + t_p \quad (1.5)$$

unde:

- t_m - este timpul de mașină, adică timpul în care piesa se prelucrează efectiv pe mașină (echipament tehnologic);

- t_a - este timpul de montare-instalare, adică timpul necesar ca piesa să fie instalată pe echipamentul tehnologic;

- t_t - este timpul de servire tehnică, adică timpul necesar reglării și întreținerii echipamentului tehnologic;

- t_{or} - este timpul de servire organizatorică, adică durata în care la locul de muncă se primesc materialele, sculele, desenele și indicațiile tehnice;

- t_p - este timpul de pauză și necesitățile naturale.

Pentru un loc de lucru determinat și la un anumit sistem de organizare ,

$$t_{or} + t_p = \text{const} \quad (1.6)$$

În cazul producției de masă nu intervine reglarea echipamentului tehnologic, ci numai întreținerea lui, iar la producția de serie, după fiecare lot de “n” piese este necesară reglarea echipamentului tehnologic. Ca urmare, în cazul producției de serie timpul de bază $(t_b)_{serie}$ este mai mare decât în cazul producției de masă, cu timpul de reglare “ t_r ” raportat la numărul de piese “n”

$$(t_b)_{serie} = (t_b)_{masa} + \frac{t_r}{n} \quad (1.7)$$

În funcție de timpii menționați, se poate exprima gradul de organizare a procesului de fabricație:

$$g_e = \frac{t_m}{t_m + t_a} \quad (1.8)$$

În cazul ideal g_e trebuie să tindă către unitate. Se vede din această expresie că cea mai eficientă creștere a lui g_e se realizează prin scăderea timpului de instalare “ t_a ”. Dacă la un proces de producție se reduce timpul de mașină “ t_m ” prin utilizarea

unor echipamente tehnologice productive atunci se vor lua măsuri și pentru reducerea corespunzătoare a timpului de instalare “ t_a ” pentru că altfel continuitatea funcționării echipamentului tehnologic se înrăutățește.

Și în cazul introducerii unui echipament tehnologic automat se urmărește să fie satisfăcută inegalitatea (1.9):

$$(t_{r2} - t_{r1})n \leq (t_{m2} - t_{m1})N \quad (1.9)$$

unde:

- indicii 1 se referă la echipament tehnologic automat;
- indicii 2 se referă la echipament tehnologic neautomat;
- n este numărul de reglări în unitatea de timp;
- N este numărul pieselor prelucrate în unitatea de timp;

Cel mai important factor în ceea ce privește oportunitatea introducerii mecanizării și automatizării este factorul economic. În cazul unei producții de serie, prețul de cost al piesei este dată de relația (1.10.):

$$C = (1,15 + \frac{R}{100}) \cdot \frac{t_b}{m} \cdot S_m + a \cdot t_b + \frac{t_r}{n} \cdot S_r \quad (1.10)$$

în care:

- R sunt cheltuielile de regie în procente;
- S_m este salariul în unitate de timp al muncitorului;
- S_r este salariul în unitate de timp al reglorului;
- m este numărul mașinilor deservite simultan de un muncitor;
- n este numărul pieselor dintr-un lot;
- a este costul în unitatea de timp a exploatării mașinii ținând seama de întreținere și reparații.

În cazul unei producții de masă , termenul:

$$\frac{t_r}{n} \cdot S_r = 0 \quad (1.11.)$$

Pentru a stabili oportunitatea introducerii unor echipamente tehnologice automate se calculează prețul de cost al piesei în cazul echipamentului tehnologic automat C_1 și în cazul echipamentului tehnologic neautomat C_2 și se face diferența lor:

$$C_e = C_2 - C_1 \quad (1.12)$$

Cunoscând costul investițiilor necesare automatizării procesului “I” se poate calcula perioada de recuperare a investiției astfel:

$$T = \frac{I}{C_e} \quad (1.13)$$

Dacă perioada de recuperare "T" este mai mică decât termenele de amortizare a utilajelor, atunci mecanizarea și automatizarea este oportună pentru că investiția efectuată se recuperează repede.

Formele practice ale mecanizării și automatizării depind de tipul producției respective. Astfel în cazul producției de masă automatizarea este în general rentabilă. Sunt însă unele cazuri când în sectorul respectiv există 2-3 echipamente tehnologice servite de un operator uman. Prin automatizare operatorul uman devine supraveghetor și deci economia este mică, perioada de amortizare este mare și deci automatizarea devine nerentabilă.

La producția de serie, mecanizarea și automatizarea producției se realizează paralel cu măsurile tehnico-organizatorice pentru concentrarea producției, raționalizarea mărimii numărului de piese dintr-un lot și tipizarea produselor.

În cazul producției individuale mecanizarea și automatizarea se aplică mai ales la munci grele, manipulări, transporturi, instalarea pe mașini, evacuarea deșeurilor, curățirea locului de muncă. De asemenea se vor mecaniza și automatiza operațiile cu volum mare de muncă: poziționarea și strângerea pieselor, pregătirea și finisarea lor. Acțiunea de automatizare cuprinde realizarea (procurarea) și punerea în funcțiune a totalității mijloacelor tehnice de stabilire a unor legături între echipamentul tehnologic existent și dispozitive noi create, numite dispozitive de automatizare care au drept scop să realizeze conducerea procesului tehnologic, fără intervenția operatorului uman.

1.3. NOȚIUNI INTRODUCTIVE PRIVIND AUTOMATIZAREA PROCESELOR DE SUDARE

1.3.1. Considerații generale

În cazul sudării metalelor legătura metalică se formează atunci când atomi marginali ai componentelor ce se sudează ajung la o distanță egală cu parametrii rețelei cristaline (câțiva Angström). În acest sens trebuie învinsă o barieră de potențial de regulă cu un aport energetic din exterior, chiar și pentru sudarea unor componente ideale (fără particole de praf ionizate, molecule de grăsimi, molecule de apă, etc., pe suprafețele componentelor de sudat). Această energie se numește energie de activare (E_a). Ea poate fi introdusă în componente prin modificări ale formei acestora (activare mecanică) sau prin încălzire (activare termică).

În cazul activării mecanice se folosesc forțe de apăsare însemnate, ele fiind necesare învingerii forțelor de respingere.

În cazul activării termice componentele sunt încălzite de obicei până în apropierea punctului de topire sau mai mult, crescând astfel energia potențială și cinetică a atomilor. Prin aceasta scade stabilitatea configurației electronice aleatoare și crește probabilitatea interferenței dintre straturile electronice la distanțe mai mari.

Îmbinarea sudată se poate obține, pentru anumite valori ale parametrilor, temperatură și presiune, în zona îmbinării, caracteristice pentru fiecare tip de

material. Posibilitatea fiecărui tip de material de a fi sudat, poate fi analizată trasând o curbă caracteristică temperatură funcție de presiune (fig.1.4.)

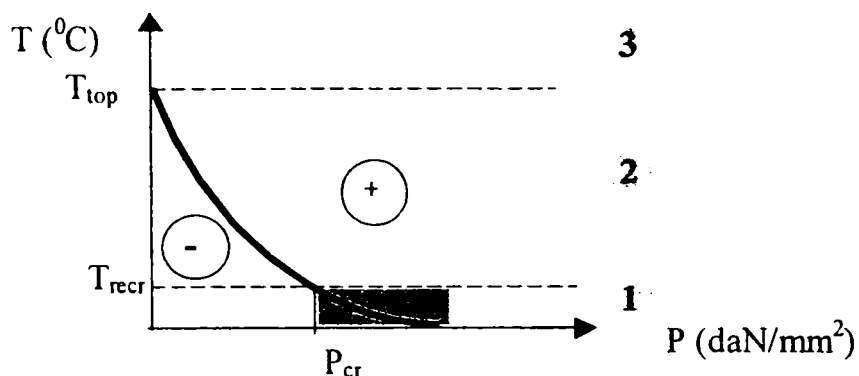


Fig.1.4. Caracteristică temperatură funcție de presiune pentru un anumit metal.

Toate punctele așezate în câmpul “+” dau regimuri la care se obține sudarea componentelor, iar cele din câmpul “-” nu produc sudarea. Așadar, pentru un metal sau aliaj metalic există teoretic o infinitate de regimuri de sudare ilustrate de punctele din câmpul “+”.

Domeniul din dreapta curbei (câmpul “+”) este împărțit în trei zone determinate de formele de activare energetică ce intervin.

Zona 1 este zona activării mecanice, în care sudarea se realizează exclusiv sub acțiunea presiunii. Temperatura atinsă a componentelor de asamblat este inferioară temperaturii de recristalizare T_{recr} a materialului respectiv, dar presiunea cu care ele se presează una pe celălalt trebuie să fie peste o valoare critică P_{cr} . Această zonă corespunde **sudării prin presiune la rece**.

Zona 2 este zona acțiunii simultane a activării termice și mecanice. În acest domeniu, cuprins între temperatura de recristalizare T_{recr} și temperatura de topire T_{top} , îmbinarea componentelor aflate în stare solidă este realizată la valori ale presiunii care scad pe măsura creșterii temperaturii. Această zonă corespunde **sudării prin presiune în stare solidă**.

Zona 3 este zona activării termice, în care se depășește temperatura de topire T_{top} , îmbinarea sudată putându-se obține fără deformarea plastică. Această zonă corespunde **sudării prin topire**, precum și sudării prin presiune cu topire.

Sudarea la rece, care se face de obicei la temperatura mediului ambiant poate fi aplicată doar la puține metale și aliaje metalice. Din punct de vedere industrial contează doar aluminiul, cuprul și unele aliaje ale lor, celelalte metale având o plasticitate foarte redusă nu suportă presiuni egale sau mai mari decât presiunea critică P_{cr} , la aceste valori apar în ele fisuri.

Celelalte două zone corespund sudării prin presiune respectiv, sudării prin topire, ambele procedee fiind larg utilizate la realizarea structurilor sudate în toate ramurile industriei.

Cele mai semnificative procese de sudare se realizează prin două procedee de bază:

- sudarea prin rezistență (sudare prin presiune);
- sudarea prin topire cu arc electric (sudare prin topire).

În cazul sudării prin presiune cele două componente sunt apropiate cu ajutorul a doi electrozi sau role (în cazul sudării prin suprapunere prin puncte sau în linie) respectiv cu ajutorul bacurilor (în cazul sudării cap la cap) presiunea între componente fiind asigurată de acestea, iar temperatura necesară este degajată de rezistența de contact între componente prin efect Joule.

În cazul sudării prin topire cu arcul electric cu electrozi fuzibili sau nefuzibili, operatorul uman execută două mișcări principale:

- ◆ o mișcare de înaintare a vârfului electrodului spre piesa de sudat în funcție de viteza de topire (v_t) a electrodului cu o viteză notată cu v_{ae} (viteza de avans al sârmei electrod) dat în general în m/min.;

- ◆ o a doua mișcare de conducere a arcului electric în lungul rostului cu o viteză v_s (viteza de sudare) dată în general în cm/min. [DEH. 97].

În cazul procedurii de sudare cu arc electric cu electrod nefuzibil operatorul uman execută o mișcare suplimentară de introducere a materialului de adaos (MA) sub formă de sârmă sau baghetă în zona arcului electric deasupra băii de metal topit. Acest material de adaos va completa baia de metal realizat prin topirea materialului de bază (MB). Viteza de avans a MA nu este determinată, fiindcă ea este introdusă în arcul electric după necesități.

În timpul operației de sudare operatorul uman mai execută o serie de mișcări auxiliare care urmăresc arderea stabilă a arcului electric.

Din punct de vedere al mecanizării, automatizării nu există diferențe esențiale între cele două procedee, între ele există doar diferențe privind natura parametrilor respectiv valoarea acestora.

De exemplu, la sudarea prin rezistență apare un parametru suplimentar față de sudarea prin topire cu arcul electric, *presiunea de refulare* a componentelor. Acest parametru nu este de natură electrică. Pentru a putea fi cuprinsă în procesul de automatizare valoarea lui trebuie convertită într-o mărime electrică.

Un alt parametru de sudare care de fapt există la ambele procedee este *timpul ciclului de sudare*. Acest parametru diferă foarte mult la cele două procedee. Dacă la sudarea prin rezistență durata unui ciclu este doar de ordinul secundelor, la sudarea prin topire cu arc electric această durată poate varia de la câteva minute la zeci de minute. Această situație reclamă utilizarea unor elemente de automatizare mult diferite.

1.3.2. Clasificarea procedurilor de sudare în mediu de gaz protector

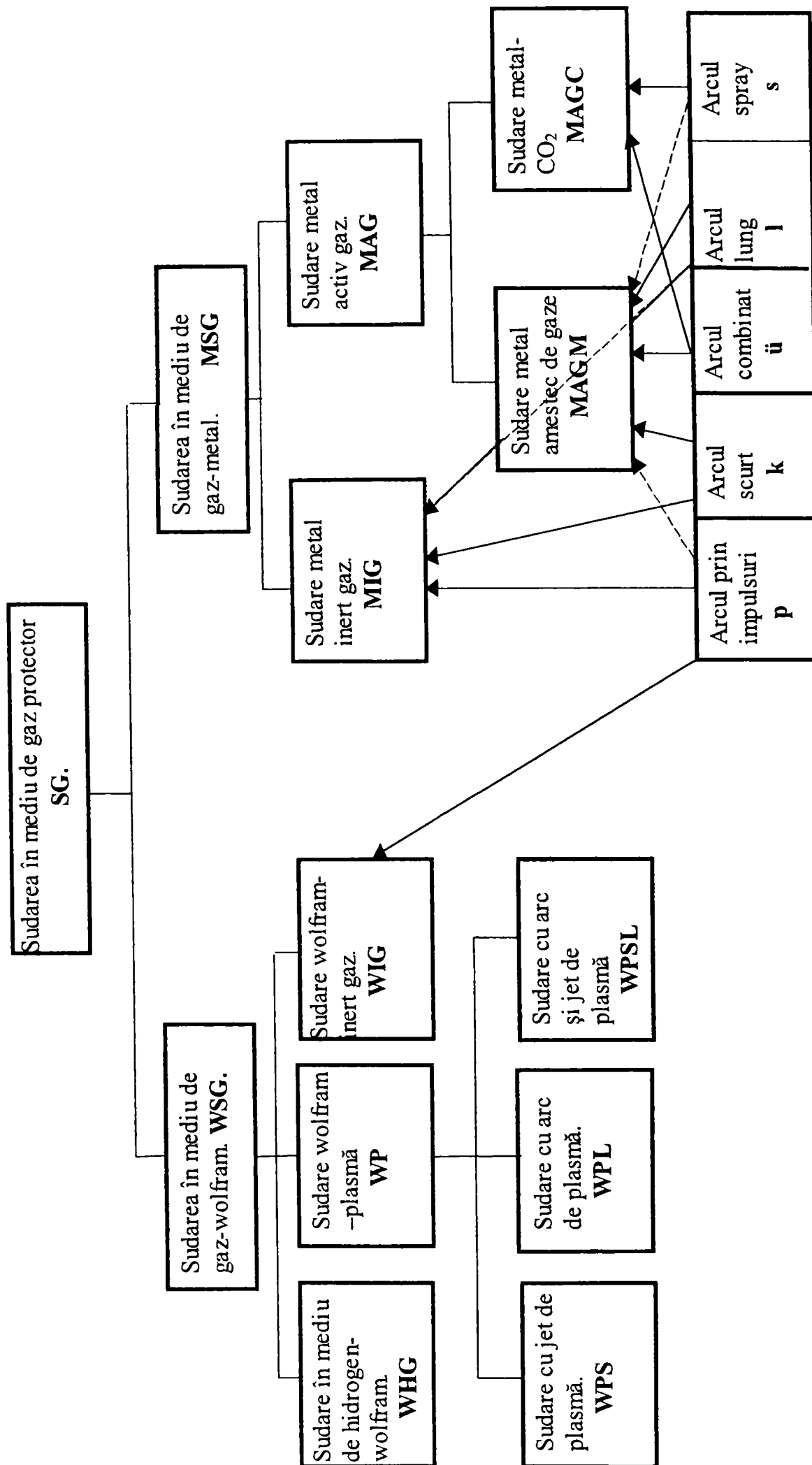
Procedurile de sudare în mediu de gaz protector pot fi clasificate după felul electrodului conform DIN 1910-4, după gazul de protecție și după felul arcului electric.

Tabelul 1.2. prezintă o imagine a clasificării procedurilor de sudare în mediu de gaz protector [KIL99].

Din tabelul 1.2. rezultă o primă clasificare după felul electrodului astfel:

- procedeu de sudare cu electrozi nefuzibili;

Tabelul 1.2. Clasificarea procedeeilor de sudare în mediu de gaz protector.



- procedeu de sudare cu electrozi fuzibili.

Electrozii nefuzibili de durată sunt din wolfram, de aceea se vorbește în acest caz de sudarea în mediu de gaz-wolfram (WSG).

Electrodul fuzibil este în același timp transportor de arc electric precum și material de adaos. El este asemănător cu materialul de bază. În acest caz se vorbește de sudare în mediu de gaz-metal (MSG).

O altă diferențiere a celor două grupe este posibilă după gazul de protecție utilizat.

La sudarea cu gaz protector-wolfram va fi utilizat în unele cazuri amestec de argon și hidrogen, dar cel mai des se vor utiliza gaze inerte. Cuvântul inert provine din limba greacă și înseamnă “nereactiv“. La aceste gaze aparțin gazele nobile, la care nu se realizează nici o reacție la temperaturi înalte, care se comportă la sudare complet neutru.

La procedeele de sudare wolfram-plasmă (WP) și wolfram-gaz inert (WIG) se vor folosi numai argon și heliu precum și amestecul acestora.

La procedeul wolfram-hidrogen (WHG) va fi utilizat hidrogenul ca gaz de protecție pentru protejarea băii de aer.

După caracterul arcului sudarea wolfram –plasmă se mai poate subdiviza în sudarea cu jet de plasmă WPS, sudarea cu arc de plasmă WPL și combinația celor două adică jet și arc de plasmă WPSL.

La sudarea cu metal-gaz protector (MSG) se vor utiliza gaze active și inerte. Astfel se pot clasifica în metal-gaz inert (MIG) și sudarea metal-gaz activ (MAG).

La sudarea în mediu de gaz activ (MAG) pătrunderea, aspectul cusăturii, stropirea precum și viteza de topire depind de gazul de protecție utilizat. De aceea se va subdiviza după felul gazului de protecție utilizat în:

-MAGM în cazul când se vor utiliza amestecuri de argon cu componente active (CO_2 , O_2);

-MAGC în cazul în care se va utiliza bioxid de carbon CO_2 .

O altă clasificare este posibilă după felul arcului electric, mai precis forma de producere a arcului electric, tendința la scurtcircuit și modul de trecere a materialului de adaos în baia de sudură. Se cunosc:

◆ **arcul spray**; transferul făcându-se practic fără scurtcircuit, cu picături fine, uniform; simbolul utilizat “s“;

◆ **arcul lung**; transferul se realizează cu scurtcircuit, cu picături mari, uniform ; simbolul utilizat “l“;

◆ **arc scurt**; transferul se realizează tot prin scurtcircuit cu picături mici, uniform; simbolul utilizat “k“;

◆ **arc prin impulsuri**; transferul se realizează practic fără scurtcircuit, uniform în tactul frecvenței impulsurilor; simbolul utilizat “p“;

◆ **arc combinat**; transferul se realizează permanent fără scurtcircuit, ocazional în scurtcircuit, picături de mărime diferită, neregulat; simbolul utilizat “ü“.

Arcul prin impulsuri se poate utiliza și la procedeul de sudare wolfram-gaz de protecție (WSG).

Amplitudinea și frecvența impulsului la procedeul de sudare cu arc electric prin impulsuri se poate regla de la sursa de sudare, totuși efectele dorite se obțin numai prin utilizarea unui anumit gaz de protecție.

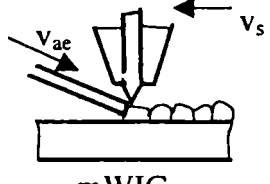
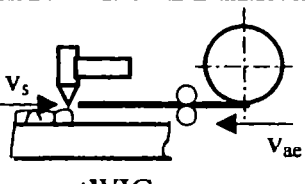
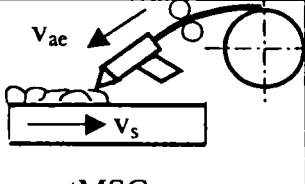
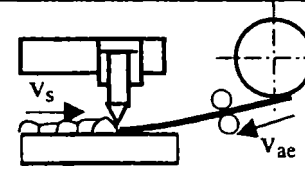
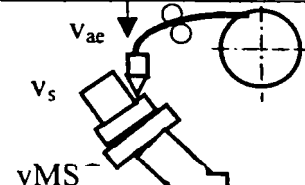
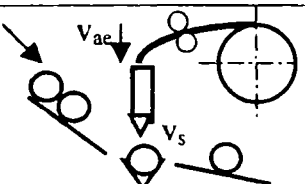
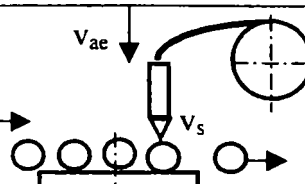
1.3.3. Mecanizarea și automatizarea sudării cu arc electric

Multe procedee de sudare se pot parțial sau total mecaniza, sau chiar automatiza, în timp ce la câteva procedee de sudare, sudarea manuală nu se mai utilizează. De exemplu sudarea sub strat de flux care este complet mecanizată.

Sudarea cu arc electric oferă posibilitatea utilizării unor grade diferite de mecanizare și automatizare. După [KIL.99] și DIN 1910-1 în tabelul 1.3. se prezintă gradul de mecanizare și automatizare a procedeelelor de sudare.

În principiu se poate vorbi despre mecanizare când mișcările relative ale unor componente ale sistemului de fabricație: obiect, cap de sudare, electrod etc. sunt acționate "mecanic", iar despre automatizare, când mișcările relative amintite sunt acționate mecanic și varierea parametrilor specifici sunt comandate de dispozitive funcționând fără intervenția operatorului uman.

Tabelul 1.3. Gradul de mecanizare și automatizare a procedeelelor de sudare.

Denumire procedeu. Simbol	Exemple de sudare în mediu de gaz protector		Caracterul mișcării		
	WIG	MSG.	de conducere a capului de sudare	avans MA.	Modul conducerii, activități auxiliare
Sudarea manuală m		—	Manual	Manual	Manual
Sudarea semimecanizată t			Manual	Mecanizat	Manual
Sudare mecanizată v			Mecanizat	Mecanizat	Manual
Sudare automatizată a			Mecanizat	Mecanizat	Mecanizat

“Sudarea semimecanizată” este procedeul tehnologic în cadrul căreia avansul sârmei electrod este realizat mecanizat iar deplasarea arcului electric (cu ajutorul capului de sudare) este executat de operatorul uman.

“Sudarea mecanizată” este procedeul în cadrul căruia ambele mișcări, adică avansul sârmei de electrod cât și deplasarea electrodului față de subansamblu sunt realizate pe cale mecanizată cu ajutorul unor dispozitive speciale. În ambele cazuri operatorul uman aduce/evacuează componentele de sudat/subansamblul sudat și amplasează/extrage componentele de sudat în/din dispozitivul de lucru, potrivește capul de sudare la începutul operației de sudare și urmărește traiectoria lui în timpul acesteia.

Se înțelege prin **“sudare mecanizată avansat cu robot industrial”** procesul tehnologic în cadrul căreia avansul sârmei de electrod se realizează automat, de către un dispozitiv special robotul deplasează capul de sudare, operatorul uman aduce/evacuează componentele de sudat/subansamblul sudat, și amplasează/extrage componentele de sudat în/din dispozitivul de lucru.

Se înțelege prin **“sudare automată cu roboți industriali”** un proces tehnologic în cadrul căruia operațiile realizate de către operatorul uman la sudare mecanizată avansat cu robot industrial, sunt executate de instalații aducătoare/evacuare sau de roboți industriali de manipulare.

Sudarea mecanizată avansat în dispozitive speciale se caracterizează prin faptul că operația de sudare se realizează automat în dispozitiv special (de exemplu un dispozitiv rotește subansamblul de sudat, iar capul de sudare este suspendat pe un suport fix) operatorul uman aduce/evacuează componentele/subansamblul și fixează/defixează componentele în/din dispozitiv.

Sudarea automată în dispozitive speciale se realizează fără operator uman, rolul lui fiind preluat de instalație aducătoare/evacuare.

Funcțiile operatorului uman, ale instalației aducătoare/evacuare, ale roboților industriali și ale dispozitivului special în cazul diferitelor trepte de mecanizare/automatizare sunt prezentate în tabelul 1.4

Tabelul 1.4. Funcțiile componentelor sistemului de fabricație prin sudare.

Componenta sistemului. Felul operației	Operatorul uman	IA/E și RI de manipulare	RI de sudare	Dispozitivul special
Sudura semimecanizată	sudează, aduce/ evacuează	-	-	-
Sudarea mecanizată avansat cu RI	aduce/ evacuează	-	sudează	-
Sudarea automată cu RI	-	aduce/ evacuează	sudează	-
Sudarea mecanizată avansat cu dispozitiv special	aduce/ evacuează	-	-	sudează
Sudarea automată cu dispozitiv special	-	aduce/ evacuează	-	sudează

În cazul automatizării, dimensiunea, forma și abaterile de situare ale părților rostului prezintă probleme care limitează dezvoltarea automatizării. Toleranțele componentelor și modificări ale pieselor datorate tensionării, dilatării și contracției termice survenite în timpul operației de sudare modifică poziția reală a rostului față de cea programată pentru depunere.

Aceste inconveniente sunt eliminate prin utilizarea la automatizarea proceselor de sudare a roboților industriali prevăzuți cu senzori.

Avantajele mecanizării/automatizării procedeelor de sudare sunt:

- creșterea capacității de topire prin realizarea unor densități de curent mai ridicate;
- îmbunătățirea calității cusăturii depuse prin cursul continuu al sudării, fără întreruperi ale procesului de depunere a cusăturii;
- creșterea productivității muncii prin diminuarea timpilor auxiliari ca urmare a introducerii electrozilor aproape fără sfârșit;
- ușurarea muncii operatorului uman.

Cap.2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ȘI REALIZĂRILOR PRIVIND FLEXIBILIZAREA PROCESELOR DE ASAMBLARE PRIN SUDARE A COMPONENTELOR VAGOANELOR DE CALE FERATĂ

2.1. INTRODUCERE

Istoria dezvoltării producției industriale este caracterizată prin efortul de optimizare a ei, odată cu dezvoltarea de invenții-inovații și transpunerea lor în practică, care influențează în mod deosebit raportul venituri/cheltuieli. Aceste invenții-inovații se referă nu numai la produse ci și în deosebi la procedeele de producție, la procesele tehnologice.

În efortul optimizării raportului venituri-cheltuieli, până în prezent fiecare întreprindere s-a străduit înainte de toate să minimalizeze cheltuielile printr-o înaltă productivitate și exploatarea la întreaga capacitate a sa. Situația actuală nu mai admite însă o limitare la aceste strategii.

Cicluri de viață/anduranțe mai scurte ale produselor, mai multă individualitate în compartimentul cumpărătorilor, piețe de desfacere care stagnează și o influență internațională tot mai mare cer de la fiecare întreprindere producătoare aplicarea unor noi strategii de fabricație adaptate la aceste produse. Azi și în viitorul apropiat succesul unei întreprinderi va depinde tot mai mult de rapiditatea cu care această întreprindere va putea reacționa la schimbările survenite în cerințele pieței, adică de durata de timp în care poate lua naștere dintr-o idee despre un produs, un produs care poate fi oferit pe piață.

Principala soluție strategică, favorabilă economic, care răspunde la cerințele de mai sus o constituie “**AUTOMATIZAREA FLEXIBILĂ**”, constând din procese și instalații de producție, care se pot adapta, în funcție de necesitate, ușor și rapid la o gamă variabilă de produse și la care operațiile de lucru se desfășoară -fără intervenția directă a operatorului uman- independent, adică în mod sigur și de la sine.

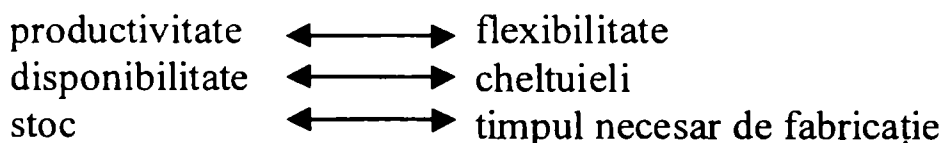
Automatizarea flexibilă contribuie la creșterea capacității întreprinderii de a face față concurenței, prin mărirea competitivității sale printr-o reducere generală a timpului necesar de producere a unui produs în toate compartimentele, începând cu proiectarea, pregătirea fabricației, la secțiile “productive” de fabricație și montaj până la serviciile comerciale și de desfacere.

Succesul unui sistem de producție cu inteligență superioară și o complexitate mai mare depinde în mod hotărâtor de gradul în care se reușește să se creeze condițiile de cadru necesare funcționării lui optimal, adică condițiile generale întreprinzătoare, tehnice, organizatorice și personale.

Deosebit de importantă este studierea șanselor de piață ale produsului în strânsă corelație cu nivelul de calitate al tehnologiei și al personalului.

Înainte de a se începe o acțiune de automatizare este indicat să se efectueze examinarea pieței, în caz contrar există pericolul realizării unei instalații automate nerentabile. Chiar dacă de ce are nevoie piața astăzi este nesemnificativ, important este de ce va avea nevoie mâine, ținând seama de faptul că de la proiectare până la funcționare ireproșabilă-perfectă a unui sistem de fabricație automatizată este așteptată o perioadă de 2 până la 4 ani în funcție de complexitate [SAD 84.]. Trebuie cunoscute cerințele pieței în momentul funcționării perfecte a instalației automatizate utilizate.

Deoarece nici cele mai bune cercetări ale pieței nu pot fi efectuate cu o precizie de 100%, conceperea instalațiilor de automatizare de fabricație flexibilă prezintă și ea factori de incertitudine. Acest lucru duce deja în faza de planificare la o tratare specifică în funcție de întreprinzător, a posibilelor conflicte finale:



Optimizarea concepției de automatizare, prin rezolvarea acestor conflicte nu se poate realiza în mod general, ci de cele mai multe ori doar particular în funcție de specificul întreprinderii. În principiu producția trebuie concepută automatizată și flexibilă doar în măsura în care acest lucru este necesar, dar o posibilitate de extindere trebuie să existe în permanență. Deviza pentru viitor este: “Să reacționezi rapid la schimbările de situație ale pieței” [SAD 84.].

Pentru a atinge anumite trepte ale automatizării, până acum au stat în prim plan problemele tehnice. Odată cu creșterea complexității sistemelor de producție nu este voie să fie neglijate condițiile organizatorice, intercalarea în active a tuturor compartimentelor și colaboratorilor participanți. Aceste acțiuni sunt determinante pentru succes și trebuie luate în considerație deja atât în faza de planificare cât și în cea de luare a deciziilor.

Ca urmare, automatizarea flexibilă este posibilă doar în condițiile flexibilității managementului, a colaboratorilor și a instalațiilor de fabricație.

FMS înseamnă nu numai “Flexible Manufacturing Systems” (sisteme de fabricație flexibile) ci și “Fabriken-Menschen-Systeme” (Sisteme -fabrici-oameni) [FUC 88.].

Robotul industrial-utilizabil atât în operații de manipulare, cât și de prelucrare (în sens general, acest termen cuprinde și asamblarea)-este prin esența lui o instalație flexibilă, această calitate fiindu-i conferită de reprogramarea facilă a calculatorului+ sistem de comandă și de ușurința cu care se poate schimba efectatorul final în funcție de aplicația în care este utilizat.

2.2. PRINCIPIILE FABRICAȚIEI FLEXIBILE PREZENTATE ÎN LITERATURA DE SPECIALITATE

2.2.1. Definiții

Cuvântul “sistem” provine de la grecescul “to systema” care înseamnă ansamblu de componente.

Sistemul constă dintr-o mulțime de elemente și mulțimea relațiilor dintre acestea. El este un tot organizat. De aici rezultă că un sistem înseamnă mai mult decât simpla sumă a componentelor sale.

Prin sistem de fabricație se înțelege un sistem având drept scop fabricarea unor obiecte. Dacă fabricația se realizează în condițiile flexibilității, se vorbește despre un sistem de fabricație flexibilă.

În cazul în care sistemul de fabricație flexibil lucrează fără operator uman, se numește sistem de fabricație flexibilă automată. Dacă automatizarea se realizează utilizându-se roboți, se vorbește despre sistem de fabricație flexibilă robotizată.

Există pe plan mondial multe definiții în ceea ce privește sistemele de fabricație flexibilă. Se prezintă câteva :

În **S.U.A.**: “Sistem de mașini legate funcțional cu ajutorul unui sistem de transport”.

În **Comunitatea Europeană**: “O unitate de producție automatizată, care execută orice piesă dintr-un nomenclator dat sau dintr-o familie de piese, cu consum minim de muncă manuală”.

După firma **Giddings and Lewis**: “Două sau mai multe agregate automatizate, cu comandă numerică, legate printr-un sistem de utilaje automatizate pentru manipularea materialelor și a sculelor și funcționând sub supravegherea unui calculator principal care asigură alegerea graficului de producție”.

Noțiunea de sistem de fabricație flexibilă este legată de noua concepție în fabricație care include integrarea componentelor sistemului prin calculator.

După părerea autorului, o definiție mai complexă este: “ Mulțimea instalațiilor, tehnica și mulțimea relațiilor dintre ele constituite în vederea rezolvării unei sarcini de fabricație. Sistemul este un mijloc, un procedeu, o schemă pentru prelucrarea în timp a unor intrări constituite din materiale, energie, informații, forța de muncă și ca rezultat al funcției de transfer transformarea intrărilor (“Input“-urilor) în ieșiri (“Output“-uri) de aceeași natură”.

Intrările și ieșirile din sistem sunt variabile în timp, viteza definită ca variație într-un interval de timp a cantității de material, de energie sau de informații numindu-se flux.

Sistemul de fabricație leagă între ele fluxurile de material, energie, informații într-un mod determinat de scopul lui.

În afara intrării în sistemul menționat, se ia în considerare și aportul forței de muncă sub formă energetică, dar mai ales sub formă informațională.

Tipurile de flux din sistemul de fabricație sunt reprezentate în fig.2.1.

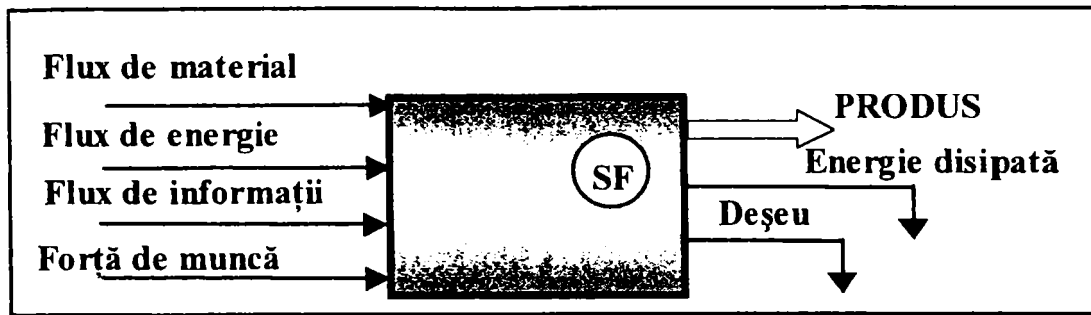


Fig.2.1. Fluxul de intrări/ieșiri într-un sistem de fabricație.

Din figură rezultă că produsul final înmagazinează materia, energia și informația necesare transformării semifabricatului în produs finit.

2.2.2. Fluxuri de materiale, energie și informații în sistemele de fabricație flexibilă

Tehnologia de fabricație se preocupă să dea substanței o limită, o formă [DOL69.] și fiindcă despre formă se poate vorbi în sens deplin numai la corpuri solide, substanța intră în general în procesul de fabricație în stare de agregare solidă și este desemnată ca material.

Fluxul de materiale intră într-un sistem de fabricație ca "Input" și-l părăsește într-o formă modificată ca "Output". Un sistem de fabricație poate avea unul sau mai multe "Input"-uri și "Output"-uri de materiale. În fig.2.2. sunt prezentate tipurile de bază ale fluxului de material caracterizate de numărul de intrări ("Input"-uri) și ieșiri ("Output"-uri). În funcție de numărul "Input"-urilor și "Output"-urilor de materiale, procesul tehnologic este de prelucrare, asamblare, descompunere sau modificare (fig.2.2.).

Input \ Output	Simplu	Multiplu
Simplu	<p>prelucrare, fâșii, deșeu</p>	<p>descompunere</p>
Multiplu	<p>asamblare</p>	<p>modificare</p>

Fig.2.2. Tipuri de bază ale fluxului de materiale în sistem de fabricație (SF).

Pe baza condiției de continuitate, cantitatea de material ieșită din sistem, considerată într-un interval de timp suficient de mare, este egală cu cantitatea de material intrată din sistem, în același interval de timp. Dacă se notează volumul materialului intrat cu V_i și volumul materialului ieșit/rezultat cu V_o este valabilă relația:

$$\frac{\Delta V_i}{\Delta t} = \frac{\Delta V_o}{\Delta t} \quad (2.1)$$

Este cazul când în sistem se realizează prelucrarea materialului fără deșeu.

Dacă pentru un "Input" sau "Output" dorit funcția $V=V(t)$ este continuă, adică dacă pentru orice interval de timp există valoarea limită:

$$\lim_{\Delta t} \frac{\Delta V}{\Delta t} \neq 0 \quad (2.1.1.)$$

atunci respectivul "Input"/"Output" de material are un caracter continuu. Dacă această condiție nu se îndeplinește se vorbește de "Input"/"Output" de materiale fragmentat. [DOL 69.]

Descompunerea materialului este caracteristică spre ex. debitării, respectiv prelucrării materialului prin așchiere, când apar deșeuri în urma operațiilor de prelucrare. În acest caz (2.1.) se modifică după cum urmează:

$$\frac{\Delta V_i}{\Delta t} = \frac{\Delta V_{01}}{\Delta t} + \frac{\Delta V_{02}}{\Delta t} + \frac{\Delta V_{03}}{\Delta t} + \dots + \frac{\Delta V_{0n}}{\Delta t} \quad (2.2.)$$

sau

$$\frac{\Delta V_i}{\Delta t} = \frac{\Delta V_o}{\Delta t} + \frac{\Delta V_{od}}{\Delta t} \quad (2.2.1.)$$

unde $V_{01}, V_{02}, V_{03}, \dots, V_{0n}$ sunt volumele de materiale rezultate prin descompunere respectiv V_{od} volumul deșeurilor de materiale toate considerate ca și "Output"

În cadrul procesului tehnologic de asamblare, subsamblele și reperatele constituie fiecare câte un "Input" pentru realizarea unui ansamblu care, fiind produsul finit constituie un singur "Output". În acest caz relația (2.1) devine:

$$\frac{\Delta V_{i1}}{\Delta t} + \frac{\Delta V_{i2}}{\Delta t} + \frac{\Delta V_{i3}}{\Delta t} = \frac{\Delta V_o}{\Delta t} \quad (2.3)$$

unde V_{i1}, V_{i2}, V_{i3} , sunt volumele de materiale "Input".

Procesul de modificare a fluxului de materiale în tehnologia fabricației mecanice, practic nu se petrece.

Energia este capacitatea conferită unui sistem de fabricație de a executa lucru mecanic.

$$\frac{\Delta E_i}{\Delta t} = \frac{\Delta E_{ip}}{\Delta t} + \frac{\Delta E_{im}}{\Delta t} = \frac{\Delta E_{op}}{\Delta t} + \frac{\Delta E_{od}}{\Delta t} \quad (2.4.)$$

În cadrul unui sistem de fabricație, se consumă energie pentru prelucrarea materialului (E_{ip} modificarea formei, construcției structurii, proprietăților fizice/chimice, calității suprafeței), manipularea lui (E_{im} modificarea situației, măsurare/control). Ca urmare o parte din energie se înglobează în produs (E_{op}) iar alta se disipează (E_{od} , spre ex. sub formă de căldură produsă datorită frecărilor.)

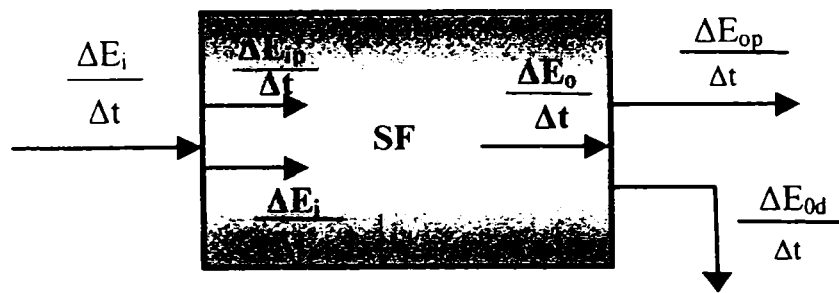


Fig.2.3. Fluxul de energie în SF:

În ultimul timp s-a introdus noțiunea de flux informațional în legătură cu mijloacele de fabricație și se privește o mașină de lucru ca un sistem de prelucrare a informațiilor. Fluxul de informație se prezintă sub forma unor informații de stare (materiale, scule, etc.) a unor comenzi transmise diverselor subsisteme respectiv a unor programe de conducere.

Fluxul de informații “Input” se înglobează în cadrul sistemului de fabricație în fluxul de materiale “Input” prin lucru mecanic efectuat în sistem ca efect al energiei “Input”.

În consecință, “Output”-ul unui sistem de fabricație constă:

- dintr-un flux de materiale în care s-a “imprimat” fluxul de informații consumându-se în acest scop fluxul de energie “Input”;
- dintr-un flux de materiale-deșeu;
- dintr-un flux de energie-deșeu.

În consecință funcția unui sistem de fabricație constă din transformarea unui flux de material și a unui flux de informații cu ajutorul unui flux de energie prin “imprimarea” fluxului de informație în fluxul de material.

Funcția se poate exprima sub forma relației (2.5.):

$$\frac{\Delta(V_0, I_0)}{\Delta t} + \frac{\Delta V_{0d}}{\Delta t} + \frac{\Delta E_{0d}}{\Delta t} = T\left(\frac{\Delta V_i}{\Delta t}, \frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \frac{\Delta I_i}{\Delta t}\right) \quad (2.5.)$$

În cazul sistemelor de asamblare prin sudare a componentelor vehiculelor feroviare, fluxul de materiale “Input” este multiplu și constă din materiale de bază (lamine, turnate, matrițate, etc.) debitate și “pregătite”, precum și din materialul de adaos (electrod, flux, gaze protectoare etc.). Fluxul de materiale “Output” este simplu și constă din subansamblul sudat, în care s-au transformat materialele de bază “pregătite” prin “imprimarea” în ele a fluxului de informații constând din iscusința sudorilor de a executa lucrări conform desenelor și fișelor tehnologice, respectiv a programelor de conducere a roboților industriali și dispozitivelor de lucru/de manipulare. “Imprimarea” fluxului informațional în fluxul de material se realizează prin consumarea energiei pentru executarea cusăturilor sudate și pentru modificarea situației obiectelor de lucru.

2.2.3. Condițiile automatizării sistemelor de fabricație

Automatizarea înseamnă realizarea unui proces tehnologic cu ajutorul mijloacelor tehnice astfel încât operatorul uman să nu fie nevoit să participe la desfășurarea lui nici în mod continuu și nici într-un ritm impus [KES.55.].

Procesele tehnologice automate se exercită în cadrul unor sisteme de fabricație automate. Un sistem de fabricație automat constă din mai multe mijloace tehnice interconectate prin alte mijloace tehnice, astfel, încât operatorul uman este înlocuit atât în verigă de realizare a legăturii cât și cu verigă de comandă.

Prima condiție a automatizării în sistemele de fabricație este mecanizarea mijloacelor de fabricație componente.

Funcționarea oricărui mijloc de fabricație presupune realizarea mișcării unor organe active (axe, scule, dispozitive de lucru, aducătoare/de evacuare, etc.). Mecanizarea mijlocului de fabricație presupune ca aceste mișcări să se realizeze ca urmare a acționării lor de către surse de energie mecanică (motoare) prin intermediul unor transmisii (mecanice, hidraulice, pneumatice, electromagnetice, etc.).

Cea de a doua condiție a automatizării este ca realizarea pornirii/opririi funcționării mijlocului de fabricație, a stărilor inițiale ale procesului realizat, a valorilor parametrilor de funcționare (curse, viteze generalizate, intensitatea/tensiunea curentului electric, presiunea/temperatura unor fluide etc.) și variația acestora în timp să se facă fără intervenția operatorului uman, prin intermediul unor mijloace tehnice denumit sistem de comandă.

A treia condiție a automatizării este strâns legată de a doua: mijloacele de fabricație trebuie să fie capabile să obțină și să "insereze" informații obținute de la sistemul de comandă, grupate în programe.

A patra condiție a automatizării constă în existența unui mijloc tehnic de corelarea funcționării componentelor sistemului de fabricație (subsistemul de comandă al sistemului de fabricație).

În cazul automatizării sistemelor de fabricație pentru asamblarea prin sudare a componentelor de vehicule de cale ferată se cere înainte de toate realizarea pe cale mecanizată a mișcării relative a sculei (capului de sudare) în raport cu obiectul de lucru (prin deplasarea sculei prin acționarea unui "tractor de sudură" sau a unui robot, sau mijloace relative de către un dispozitiv acționat a obiectului de lucru în raport cu scula fixă) și aducerea materialului de adaos, aducerea/evacuarea și situarea obiectului de lucru în sistemul de fabricație. Pornirea/oprirea mișcărilor menționate mai sus, avansul electrodului, scurgerea gazului de protecție, intensitatea curentului de sudare sunt comandate de către sistemul de comandă, care realizează și corelarea funcționării echipamentelor componente ale sistemului.

2.2.4. Condițiile flexibilității sistemelor de fabricație automate

Noțiunea de "flexibilitate" în limbajul **Producticii** (știința producției) a apărut abia după ce în prealabil automatizarea fabricației a condus la sisteme de fabricație

“**rigide**”. Deci, atât istoric, cât și logic conceptul de sistem este condiție necesară a flexibilității.

S-a arătat, că flexibilitatea este capacitatea sistemului de fabricație de adaptare la cerințele clienților, cu productivitate maximă și cheltuieli minime, în condițiile unei fabricații cu un grad parțial sau integral automat.

Conferirea caracteristicii de flexibilitate a unui sistem de fabricație revine la alcătuirea unei structuri variabile, adaptabilă variației sarcinilor de fabricație, bazate pe subansamble modulare și integrabile funcțional, precum și pe aptitudinea de a fi programat.

Sistemul flexibil de fabricație va consta din sisteme parțiale relativ universale / relativ specializate, ce vor fi integrate funcțional prin acțiunea dispozitivelor de comandă (fluxului informațional de comandă) și a fluxului de materiale.

Sistemul de programare va programa din totalul stărilor posibile ale sistemului de fabricație, starea corespunzătoare (adecvată) sarcinii momentane de fabricație. Vor fi conectate diferitele sisteme cu ajutorul memoriilor externe și interne, programarea reprezentând integrarea repetată a sistemului.

Structura va fi compusă din subansamble modulare posedând calitatea de integrabilitate tocmai pentru a permite programabilitatea stărilor.

Această configurație a sistemului flexibil de fabricație se bazează pe două concepte de bază:

- conceptul de sistem și**
- conceptul de structură variabilă.**

Conceptul de sistem presupune o astfel de definiție a sistemelor parțiale încât acestea să fie determinate funcțional, temporal și spațial, putând să formeze un tot integrat.

Integrarea spațial-temporală la nivelul cosistemelor are în vedere principiul fabricației în flux, ca fiind singurul care asigură înlănțuirea directă prin fluxul de materiale și ca atare automatizarea acestuia, cât și pentru faptul că acest principiu va permite o exploatare temporală maximă în același timp cu o durată de transport și acumulare minimă.

Conceptul de sistem conduce la structura alcătuită din subansamble modulare, principiul constructiv al subansamblelor fiind totodată un principiu de sinteză a sistemelor.

Conceptul de structură variabilă permite concilierea în raportul universalitate / specializare, oferind baza adecvării sistemelor de fabricație pentru automatizarea fabricației de serie.

Structurarea variabilă “ în jurul sarcinii de fabricație ” conduce la o “ universalitate relativă adaptată și economică ” la ceea ce se numește “ universalitatea după dimensiunea sarcinii ”, făcând posibilă realizarea în flux a sarcinilor diferite de fabricație.

În același timp, variabilitatea structurii se sprijină pe conceperea structurii în sistemul subansamblelor modulare. O astfel de compunere structurală permite obținerea variabilității, reprezentând o condiție necesară a variabilității.

Pe de altă parte, variabilitatea structurii permite dezvoltarea programabilității structurii.

De la o programabilitate restrânsă, caracterizată prin posibilitatea de a programa un număr limitat de sarcini de fabricație, se ajunge la o programare largă a sarcinilor și o programare extinsă a modificărilor structurale ale sistemului.

Termenul de flexibilitate este folosit pentru a exprima elasticitatea propriuzisă a structurilor tehnice respectiv a elasticității tehnice de fabricație. Prin flexibilitate se înțelege capacitatea de modificare a sistemelor tehnice și a condițiilor organizatorice ale unui proces de fabricație în vederea adaptării sale la noi sarcini de fabricație în mod automat.

Flexibilitatea caracterizează așadar proprietatea mijloacelor de fabricație automate de a fi adaptabile față de noile probleme (sarcini de fabricație) ale fabricației.

Condiția fundamentală a flexibilității unui sistem de fabricație este aceea, ca mijloacele de fabricație conținute să îndeplinească fiecare în parte niște condiții care să faciliteze flexibilitatea procesului de fabricație. Sistemul de fabricație poate fi flexibil dacă mijloacele de fabricație dispun de calitatea de integrabilitate, posedă adaptabilitate față de un domeniu de operații, sunt adecvate tehnic și economic fiecărei operații în parte și sunt constituite în baza concepției dinamice.

Principiul calității de integrabilitate derivă din faptul că, într-un sistem de fabricație automat, un număr important de sisteme parțiale cu funcțiuni diferite trebuie integrate fizic, temporal și funcțional.

Este necesară integrarea fizică a subsistemelor de lucru, de transport, de manipulare, de depozitare, de comandă și control, procesul de alimentare și distribuție a unităților, de supraveghere și alarmare de avarie și altele.

Integrarea componentelor sistemului de fabricație se realizează prin intermediul fluxurilor de materiale, energie și informații care îl străbat.

Ordonarea unor parametri comuni de integrabilitate se face plecând de la caracteristicile domeniului sarcinilor de fabricație ce vor defini natura fabricației de serie automatizate date. Spațiile de lucru ale tuturor sistemelor parțiale de lucru, caracteristicile sistemelor de transport, manipulare, depozitare, vor fi coordonate integrativ plecându-se de la clasele de formă, mărimea și greutatea pieselor ce vor fi fabricate. Vor fi integrate pe bază de caracteristici comune fluxurile de energie și informații, dispozitive de măsurare și control, precum și comportamentul de transmitere a diferitelor semnale.

Parametrii care generează capacitatea cantitativă a sistemului vor constitui de asemenea parametrii de integrabilitate ale sistemelor parțiale.

Principiul adaptabilității derivă din caracteristicile specifice ale producției de serie. Cu aceleași mijloace de fabricație urmează a fi rezolvate sarcini diferite de fabricație, necesitând operații diferite. Mijloacele de fabricație trebuie să se poată adapta la cerințele diferitelor serii de produse care se schimbă în timpul fabricației.

Gradul de adaptabilitate este corelat proporțional cu gradul de diversificare tehnologică a sarcinilor de fabricație, precum și cu viteza cu care aceste modificări se produc.

Capacitatea calitativă a sistemelor parțiale componente se dimensionează astfel încât să se poată trece de la o stare de funcționare definită la alta, fără cheltuieli mari. Adaptabilitatea este deci, caracteristica prin care sistemele flexibile de fabricație automatizate pot genera succesiv diferite posibilități de lucru, dintr-un spectru de posibilități potențiale, prin modificarea structurii, cu sau fără ajutorul unor dispozitive auxiliare.

Cu cât un mijloc de fabricație posedă mai multe posibilități de lucru, cu atât este mai adaptabil fabricației flexibile, limitarea posibilităților urmând a se face pe criterii economice.

Principiul adecvării derivă din necesitatea, ca mijlocul de fabricație să fie corespunzător operației pe care o realizează la un moment dat. Aceasta înseamnă că după ce, pe baza adaptabilității, a fost selecționată o posibilitate de lucru pentru o operație dată, mijlocul de fabricație trebuie să fie adecvat maximal tehnic și economic pentru realizarea acestei operații.

Cu cât un mijloc de fabricație va fi mai specializat, cu atât va fi mai bine adecvat unei anumite operații.

Principiul concepției dinamice se referă la faptul că mijloacele de fabricație trebuie să aibă capacitatea de a se modifica structural în timp, în raport cu caracteristicile diferite ale sarcinilor de producție.

Principiul adaptibilității și cel al adecvării conduc la efecte contradictorii asupra conceperii mijloacelor de fabricație. Un echilibru optim, între universalitate și specializare va putea fi obținut la conceperea sistemului numai luând în considerare o anumită sarcină de producție definită exact și analizată corespunzător, pentru surprinderea asemănării și stabilității în timp a operațiilor.

Aceasta înseamnă că mijloacele de fabricație pentru fabricație de serie automată se cer concepute modularizat în vederea adaptării optime.

Flexibilitatea sistemelor de fabricație automate pentru asamblare prin sudare cu arc electric a componentelor vehiculelor feroviare se asigură prin:

- integrabilitatea roboților industriali, capetelor de sudare, dispozitivelor de avans al electrozilor și de aducere a gazului protector, a meselor de poziționare-orientare, dispozitivelor de lucru într-un ansamblu unitar, prin rețeaua informațională, (sistem de comandă, senzori, panouri de comandă etc.) conectarea la rețeaua energetică comună și fluxul de materiale,

- adaptibilitatea componentelor la efectuarea operațiilor de asamblare a diverselor componente, prin reprogramarea roboților, reglarea meselor de poziționare-orientare și a dispozitivelor de lucru;

- adecvarea componentelor sistemului la executarea operațiilor de sudare de natură preconizată pentru întreaga gamă de produse preconizate;

- concepție dinamică, permițând modificări structurale ulterioare în funcție de modificarea sarcinilor neprevăzute inițial (adăugiri de noi componente, schimbarea celor existente, etc.).

2.2.5. Cuantificarea flexibilității sistemelor de fabricație

Pentru generarea raționamentelor care să conducă la un mod de cuantificare a flexibilității, se pleacă de la accepțiunea că un sistem de fabricație este un sistem prelucrător de informații și că, în analogie cu teoria automatelor pentru realizarea diferitelor sarcini, sunt necesare diferite stări ale sistemului.

Pentru un sistem de fabricație cu o singură stație, capacitatea acestuia de a realiza diferite sarcini de fabricație va depinde de următorii parametrii:

-numărul de stări de funcționare automată ce se pot obține la rândul lor în mod automat;

-timpul necesar pentru trecerea dintr-o stare în alta, respectiv ce cheltuieli sunt necesare pentru comutarea unei stări.

Este posibil ca un sistem să funcționeze în regim de comutare automată a stărilor pentru un anumit domeniu de sarcini de fabricație și să suporte modificări sub intervenția omului pentru trecerea la un nou domeniu de sarcini în care comutarea stărilor se va face din nou automat.

Trebuie subliniat faptul că flexibilitatea ia în considerare numai “diferite stări de lucru” ale sistemului pe durata de serviciu fără căderi sau deranjamente, respectiv în cadrul “timpului mediu de bună funcționare” (TMBF) ce caracterizează fiabilitatea sistemului.

În timpul exploatarei, sistemul poate lua și alte stări, ca cele de nefuncționare accidentală, care nu fac obiectul analizelor de flexibilitate.

Se definește **prin utilizarea mașinii**, numărul diferitelor stări de lucru pe care un sistem de fabricație sau un sistem de lucru component al acestuia le poate lua în mod automat.

Flexibilitatea de adaptare se indică prin consumul, de materiale și energie cheltuita de timp și alte resurse exprimate direct sau sub formă valorică bănească, necesar trecerii sistemului dintr-o stare de lucru definită în altă stare de lucru definită.

Flexibilitatea de utilizare se măsoară plecându-se de la procesul stocastic ce se obține prin luarea în considerare a sistemului de fabricație și a unui nomenclator de sarcini diferite de fabricație, ce urmează a fi realizate într-o succesiune temporală.

Flexibilitatea de utilizare se cuantifică deci prin valoarea probabilității ca o sarcină oarecare dintr-o clasă de sarcini a unui spectru parțial să poată fi executată.

Flexibilitatea de utilizare are sens ca indicator de caracterizare și comparare a sistemelor de fabricație numai în raport cu un spectru de sarcini de fabricație parțial și definit.

În raport cu diferitele spectre parțiale, flexibilitatea de utilizare poate fi folosită pentru a cerceta cea mai bună corespondență dintre un număr de sisteme existente și un număr de spectre parțiale de sarcini ce urmează a fi realizate.

Flexibilitatea de adaptare necesită cercetarea procesului de adaptare și punerea în evidență a acelor mărimi care caracterizează conceptul și pot fi evaluate.

Fiecare sarcină nouă de fabricație implică o schimbare a stării date a sistemului de fabricație. În raport cu diferențierea noii sarcini față de cea corespunzătoare stării date a sistemului, modificarea stării sistemului poate fi limitată sau poate cuprinde majoritatea subsistemelor. Astfel, schimbări ale stării se vor obține prin: înlocuirea sculei, modificarea poziției piesei, înlocuirea programului, modificarea parametrilor tehnologici, schimbarea unui modul constructiv cu altul.

Schimbarea stării se realizează prin trei categorii de intervenții în cadrul sistemului de fabricație, și anume:

-**transformare**- atunci când elementele funcționale sunt înlocuite;

-**modificare**- atunci când dintr-un număr de funcții parțiale ce pot fi utilizate alternativ și sunt permanent existente în sistem, se selectează una anumită:

-**reglare**-atunci când dintr-un număr de parametri ce influențează funcționarea și care sunt permanent disponibili se alege o anumită valoare.

Când aceste investiții, având ca scop schimbarea stării sistemului, se fac manual poartă denumirea generică de **reechipări**.

În dezvoltarea flexibilității de adaptare, un rol important îl are abordarea sistemului de fabricație ca un sistem prelucrător de informații.

Posibilitatea de a genera o nouă stare a sistemului revine la capacitatea sistemului de a înmagazina noi informații. Cheltuieli cu modificarea stării sistemului pot fi puse în legătură cu modul de memorare și redare a informațiilor. În cazul folosirii dispozitivelor de memorie analogă, cheltuielile pentru schimbarea stării sunt relativ mari, deoarece pentru informații geometrice memoria analogă trebuie creată fizic, concret.

Dezvoltarea prelucrării a informațiilor a permis trecerea la alte tipuri de înmagazinare a informațiilor, de tip digital, care permit o flexibilitate superioară de adaptare.

Evaluarea cantitativă a flexibilității de adaptare se face în mod relativ, comparând un sistem de fabricație cu altul, pentru o modificare definită a stării.

Definirea modificării stării implică cunoașterea posibilității de dinainte de modificare și a celei de după modificare.

Problema cuantificării flexibilității de adaptare prezintă dificultăți pentru faptul că în mod diferit se pot evidenția cheltuielile pentru modificarea stării în cazul reechipării manuale și în cazul modificării automate a stării sistemului.

În timp ce la reechiparea manuală o parte importantă a cheltuielilor sunt "vizibile" și pot fi localizate în raport cu stațiile de lucru și cu momentul realizării, la modificarea automată a stărilor doar durata timpului de modificare se poate măsura direct, cheltuielile pentru modificarea stării fiind cuprinse în investiția inițială.

Pentru a măsura **flexibilitatea de adaptare** F_{AC} la o modificare manuală a stării sistemului se va determina raportul dintre cheltuielile de reechipare măsurate în timp de reechipare (T_R) sau în cheltuieli bănești de reechipare (C_R) și mărimile corespunzătoare (T_{R0}) și (C_{R0}) ale unui sistem de comparație. Pentru sistemul cu comutare automată a stărilor doar raportul T_R/T_{R0} va fi semnificativ.

Pentru a obține valori între 0 și 1 se definește gradul flexibilității de adaptare, cu ajutorul funcției exponențiale:

$$F_{AC} = e^{\frac{C_R}{C_{RO}}} \quad (2.6)$$

și

$$F_{AT} = e^{\frac{T_R}{T_{RO}}} \quad (2.6.1.)$$

unde : F_{AC} este gradul flexibilității de adaptare exprimat prin costuri,

F_{AT} este gradul flexibilității de adaptare exprimat prin timp.

Pe baza unui raționament similar, se definesc:

-flexibilitatea de utilizare G_u

$$G_u = e^{\frac{S_R}{S_{RO}}} \quad (2.6.2.)$$

unde: S_R, S_{RO} sunt numerele sarcinilor realizate în sistemul analizat respectiv de referință;

-flexibilitatea de acces F_{ac} este capacitatea unui sistem flexibil de fabricație de a admite să fie străbătută de diferite trasee tehnologice

$$F_{ac} = e^{\frac{F_S}{F_{SO}}} \quad (2.7.)$$

unde: F_S, F_{SO} sunt numerele de trasee tehnologice posibile în sistemul analizat respectiv de referință;

-flexibilitatea de redundanță F_r arată disponibilitatea mai multor mijloace de producție pentru aceeași sarcină tehnologică

$$F_r = e^{\frac{\sum N_{ri}}{\sum N_{rio}}} \quad (2.8.)$$

unde: N_{ri} este numărul mijloacelor care pot efectua sarcini de fabricație aferentă unui post de lucru i în sistemul analizat și N_{rio} același număr pentru sistemul de referință;

-flexibilitatea de integrare structurală F_{is} este proprietatea unui sistem de a-și modifica structura prin extindere, restrângere, modificarea amplasamentelor mijloacelor de producție

$$F_{is} = e^{\frac{N_{st}}{N_{sto}}} \quad (2.9.)$$

unde: N_{st}, N_{sto} sunt numerele variantelor de structură ale sistemului analizat, respectiv de referință;

-flexibilitatea de stocaj F_s este proprietatea unui sistem de a echilibra ciclurile de fabricație de durată diferită, dacă tactul de fabricație este diferit de la un loc de lucru față de altul

$$F_s = e^{\frac{C_{p\max} - C_{p\min}}{(C_{p\max} - C_{p\min})_o}} \quad (2.10)$$

unde: $C_{p\max}$ este capacitatea de producție maximă, $C_{p\min}$ este capacitatea de producție minimă a sistemului analizat, $C_{p\max o}$, $C_{p\min o}$, aceleași mărimi pentru sistemul de referință;

-**flexibilitatea de programare F_p** este capacitatea unui sistem de fabricație de a schimba în mod automat sarcina de fabricație

$$F_p = e^{\frac{N_p}{N_{po}}} \quad (2.11.)$$

unde: N_p , N_{po} , sunt numerele care se pot schimba în mod automat la sistemul analizat, respectiv la sistemul de referință.

2.2.6. Sinteza structurii sistemelor

Un sistem este o mulțime de elemente legate între ele într-un anumit mod determinat. Un sistem este caracterizat prin funcția și prin structura sa.

Funcția unui sistem este acela de a transforma "Input"-urile în "Output"-uri.

Structura unui sistem este expresia modului cum el se compune din elemente (componente, subsisteme, sisteme parțiale) și legăturile dintre acestea. Legăturile dintre două componente sunt realizate prin "Output"-uri ale unuia care devin "Input"-uri pentru celălalt.

Structura unui sistem se exprimă prin bloc-scheme, matrici de cuplare și matrici de structură.

Fie un sistem S care are intrările x_1, x_2, \dots, x_p și ieșirile y_1, y_2, \dots, y_q . Intrările sistemului pot fi sintetizate într-un vector "Input":

$$\underline{X} = [x_1, x_2, \dots, x_p]^T \quad (2.12.)$$

și ieșirile într-un vector "Output":

$$\underline{Y} = [y_1, y_2, \dots, y_q]^T \quad (2.13.) \text{ vezi fig.2.4.}$$

Funcția unui sistem constă deci "în transferul anumitor mărimi de intrare în anumite mărimi de ieșire" [HÖH 67.], deci funcția unui sistem S este definită prin transformarea/transpunerea vectorului X în vectorul Y.

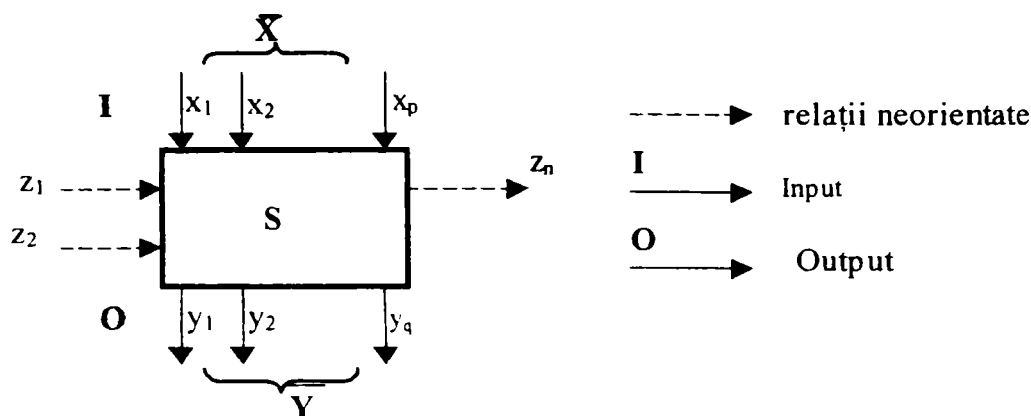


Fig.2.4. Bloc-schemă cu funcțiile unui sistem.

$$\underline{Y} = \underline{T}(\underline{X}) \quad (2.14)$$

“T” se numește operatorul de transformare, el dă regula după care vectorul \underline{X} va fi transpus în vectorul \underline{Y} [LAN 65.].

În afara relațiilor orientate (Input, Output) ale diferitelor mărimi mai există o serie de factori care nu se pot comanda; ele sunt relații neorientate, totalitatea lor formând vectorul perturbațiilor \underline{Z} .

$$\underline{Z} = [z_1, z_2, \dots, z_r]^T \quad (2.15).$$

De ex. contracțiile, deformațiile în timpul operației de sudare, pendularea sârmei în duza de contact datorită uzurii acesteia sunt perturbații, care influențează rezultatul sudării, adică “Output”-ul unui sistem de sudare.

În acest caz schema unui sistem se cere completată cu o buclă de reacție R (vezi fig.2.5.) menită să adapteze vectorul “Input” la modificările impuse vectorului

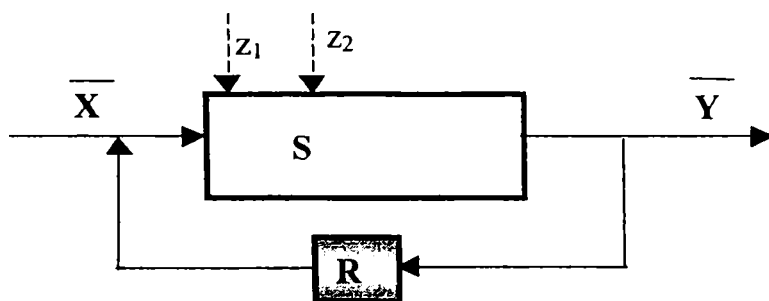


Fig.2.5. Bloc-schemă unui sistem cu buclă de reacție.

“Output” de către vectorul perturbațiilor.

Legătura dintre două sisteme parțiale componente ale unui sistem real poate fi de tip funcțional sau de tip spațiu-timp.

Fie două sisteme parțiale de rang R-1 desemnate ca $S_{(1)}$ și $S_{(2)}$. Aceste sisteme au funcțiile parțiale (conform 2.14.)

$$\begin{aligned} \underline{Y}_{(1)} &= \underline{T}_{(1)} \cdot \underline{X}_{(1)} \\ \underline{Y}_{(2)} &= \underline{T}_{(2)} \cdot \underline{X}_{(2)} \end{aligned} \quad (2.16.)$$

unde:

$$\underline{Y}_{(1)} = [Y_{(1)1} Y_{(1)2} \dots Y_{(1)q}]^T \quad (2.17.)$$

și

$$\underline{X}_{(2)} = [X_{(2)1} X_{(2)2} \dots X_{(2)p}]^T \quad (2.18.)$$

Se stabilește o legătură funcțională între $S_{(1)}$ și $S_{(2)}$ dacă cel puțin o mărime de ieșire $Y_{(1)q}$ a sistemului parțial $S_{(1)}$ este identică cu cel puțin o mărime de intrare $X_{(2)p}$ a sistemului parțial $S_{(2)}$. Sistemele parțiale $S_{(1)}$ și $S_{(2)}$ se definesc cu sisteme cuplate. Cuplarea lor se realizează în acest caz printr-o singură legătură.

$$X_{(2)p} = Y_{(1)q} \quad (2.19.)$$

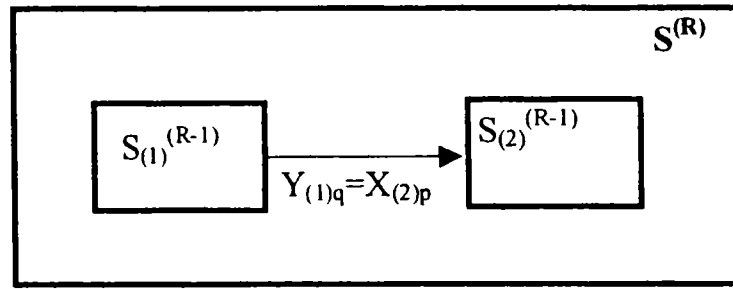


Fig.2.6. Cuplarea a două sisteme parțiale $S_{(1)}$ și $S_{(2)}$ printr-o singură legătură.

Matricea de cuplare \underline{K}_{12} a celor două sisteme este dată de (2.20). Liniile sunt corespunzătoare "Output"-ului $Y_{(1)q}$ iar coloanele "Input"-ului $X_{(2)p}$. Elementele e_{pq} ale matricii au valorile **0** sau **1**, după cum egalitatea (2.19.) este sau nu satisfăcută.

$$\underline{K}_{12} = \begin{array}{c|cccc} \begin{array}{c} i \\ \hline Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_q \end{array} & X_1 & X_2 & \dots & X_p \\ \hline & e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1p} \\ & e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2p} \\ & \dots & \dots & \dots & \dots \\ & e_{q1} & e_{q2} & \dots & e_{qp} \end{array} \quad (2.20.)$$

În fig.2.7. se prezintă bloc-schemele sistemelor $S_{(1)}$ și $S_{(2)}$ cuplate prin mai multe legături. Matricea de cuplare a celor două sisteme este dată de (2.21.):

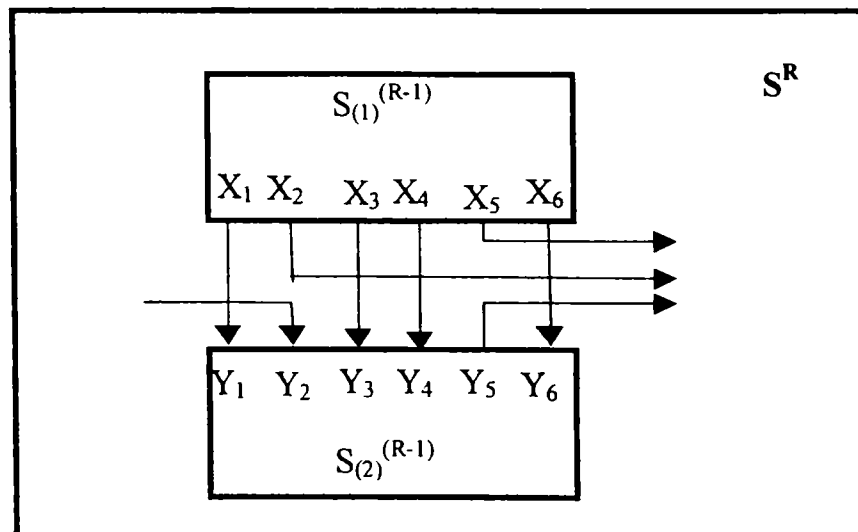


Fig.2.7. Bloc-schemele $S_{(1)}$ și $S_{(2)}$ cuplate prin mai multe legături.

$$\underline{K}_{12} = \begin{array}{c|cccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \hline 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \quad (2.21.)$$

Cuplarea celor două sisteme se poate exprima prin forma:

$$\underline{X}_{(2)} = \underline{K}_{12} \cdot \underline{Y}_{(1)} \quad (2.22)$$

Dacă un sistem de rang R dispune de N sisteme de rang $R-1$ ca element, atunci există maximum $N(N-1)$ legături între sistemele de rang $R-1$, în măsura în care se exclude că un sistem parțial este cuplat cu el însuși.

În realitate, de obicei numărul de legături este mai mic. Fiecărei legături îi corespunde o egalitate de forma (2.19.). Ca urmare există maximum $N(N-1)$ matrici de cuplare de forma (2.20.).

Structura unui sistem cu N subsisteme se deduce prin schema bloc a sistemului și matricea sa de structură.

Matricea de structură a sistemelor este o matrice $N \times N$, în care liniile sunt aferente sistemelor parțiale cu "Output", iar coloanele, sistemelor parțiale cu "Input" (2.23.). Elementul e_{sn} a matricei de structură este matricea de cuplare \underline{K}_{sn} a sistemelor parțiale s și n . Dacă sistemele parțiale nu sunt cuplate, elementul are valoarea 0.

$$\underline{K}_{str.} = \begin{array}{c|cccccc} & (1) & (2) & \cdots & (s) & \cdots & (N) \\ \hline (1) & 0 & e_{12} & \cdots & e_{1s} & \cdots & e_{1N} \\ (2) & e_{21} & 0 & \cdots & e_{2s} & \cdots & e_{2N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdots & \cdot \\ (n) & e_{n1} & e_{n2} & \cdots & e_{ns} & \cdots & e_{nN} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdots & \cdot \\ (N) & e_{N1} & e_{N2} & \cdots & e_{Ns} & \cdots & 0 \end{array} \quad (2.23.)$$

În fig.2.8. se prezintă un sistem S^R de rang R cu 7 sisteme parțiale S^{R-1} de rang $R-1$.

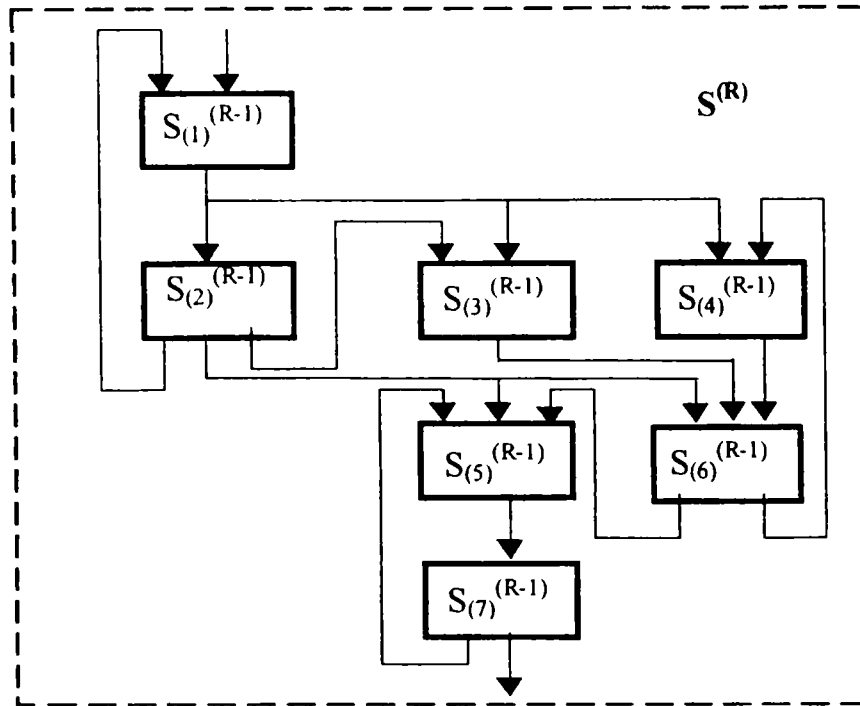


Fig.2.8. Schema bloc a unui sistem S^R

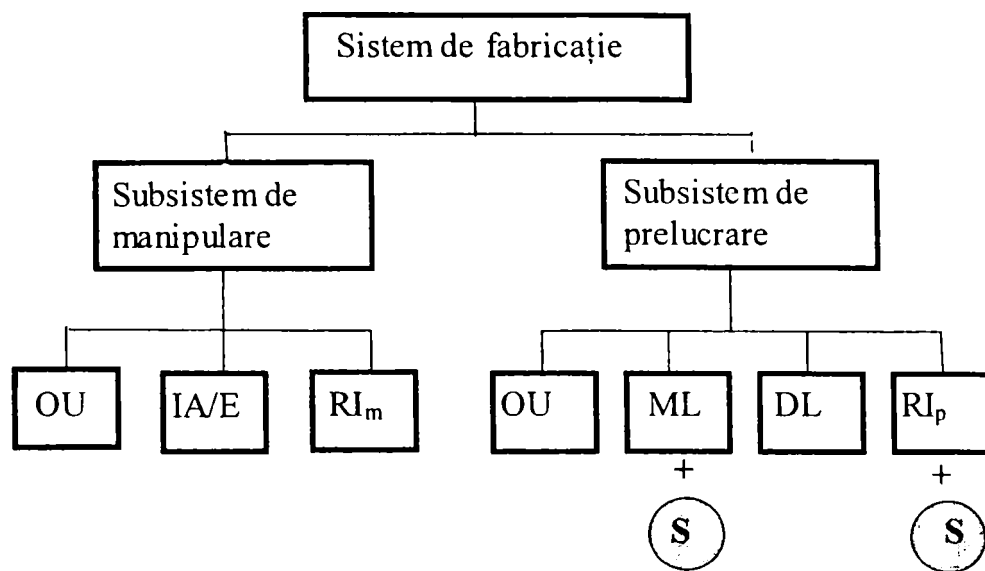
Pentru schema bloc prezentată în fig.2.8. matricea de structură are forma:

$$\underline{K}_{STR} = \begin{pmatrix} 0 & \underline{K}_{12} & \underline{K}_{13} & \underline{K}_{14} & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K}_{21} & 0 & \underline{K}_{23} & 0 & \underline{K}_{25} & \underline{K}_{26} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{K}_{36} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{K}_{46} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{K}_{57} \\ 0 & 0 & 0 & \underline{K}_{64} & \underline{K}_{65} & 0 & \underline{K}_{67} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{K}_{75} & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (2.24.)$$

În cazul sistemelor de fabricație, subsistemele sunt constituite din mijloacele de fabricație din componența sistemului. Legăturile dintre subsisteme se realizează prin fluxurile de materiale, de energie și de informații care integrează sistemul.

2.2.7. Componența sistemelor de fabricație pentru asamblarea prin sudare a subansamblelor vagoanelor de cale ferată

Orice sistem de fabricație constă din două subsisteme: cel de manipulare și cel de prelucrare, funcțiile fiecăruia fiind definite prin denumirile menționate mai sus.



OU-operator uman
 ML-mașina de lucru
 DL-dispozitiv de lucru
 RI_p-robot industrial de prelucrare
 IA/E-instalație aducătoare/de evacuare
 S-sculă
 RI_m-robot industrial de manipulare

Fig.2.9. Schema de componență a unei sistem de fabricație.

Subsistemul de manipulare conține în cazul general operator uman, robot industrial de manipulare (prevăzut cu dispozitiv de prehensiune cu efector final) și instalație aducătoare/de evacuare (compusă din depozite, dispozitive de transfer, de ordonare, de livrare/extragere, de sortare etc.).

Subsistemul de prelucrare conține, în cazul general, operatorul uman, mașina de lucru și robotul industrial de prelucrare (având un efector final o sculă).

Dacă operatorul uman lipsește din componența sistemului de fabricație, el este automat.

În cazul sistemelor de fabricație automate pentru asamblare prin sudare, subsistemul de prelucrare nu conține mașină de lucru cu sculă iar robotul industrial de prelucrare are ca și sculă cap de sudare în mediu de gaz protector sau clește de sudare (în cazul procesului de sudare sub strat de flux).

Subsistemul de manipulare ca și componente ale instalației aducătoare/de evacuare conține în special depozite și mese de poziționare-orientare. Roboți industriali de manipulare, dispozitive de transfer, etc. se utilizează numai în cazul fabricației unor subansamburi de dimensiuni mici, cu timpi de asamblare de durată redusă.

În cazul sistemelor de fabricație automate pentru asamblarea prin sudare a subansamblelor vehiculelor feroviare, de regulă, se manipulează obiecte grele. Ca urmare, în cadrul instalației aducătoare/de evacuare se integrează aparate de ridicat (poduri rulante, macarale portante), comandate de operatorul uman în regim de teleoperare. Din acest punct de vedere operatorul uman nu lipsește din sistemul de fabricație automat al acestor subansambluri.

2.3. UNELE ASPECTE ALE STADIULUI ACTUAL AL REALIZĂRILOR PRIVIND FABRICAȚIA VAGOANELOR DE CALE FERATĂ

2.3.1. Realizări în România

Datorită faptului că toate întreprinderile de constructoare de vehicule de cale ferată au lucrat până în anul 1990 după un plan centralizat elaborat de ministerele de resort, majoritatea contractelor de achiziționare a vehiculelor au fost derulate prin Mecano-Export-Import respectiv Căile Ferate Române, nu erau diferențe semnificative în ceea ce privește mecanizarea și automatizarea proceselor de fabricație.

Poate cu un pas mic Uzina de Vagoane din Arad era înaintea celorlalte întreprinderi din țară.

Situația s-a schimbat în mod radical după 1990 ianuarie, când toate întreprinderile producătoare de vehicule feroviare din România au trebuit să facă, treptat, față cerințelor economiei de piață.

Eficiența activității de producție, mai ales în condițiile unei economii de piață, este factorul decisiv în ceea ce privește viabilitatea unei firme.

Așa cum este cunoscut, această eficiență poate fi atinsă în fabricația de serie mare, prin achiziționarea sau construirea prin mijloace tehnice proprii, a unui număr mare de mașini specializate, nu foarte scumpe și cu productivitate ridicată.

În fabricația de serie mică și medie, se folosesc un număr mai mic de mașini care au un grad de universalitate mai ridicat și care sunt, de aceea, foarte scumpe, au o productivitate ceva mai scăzută. Și într-un caz și în celălalt schimbarea profilului de fabricație, chiar dacă este vorba de același produs dar în altă variantă, înseamnă cheltuieli mari și cere o perioadă de timp care, în cel mai bun caz, este cuprinsă între câteva luni și un an.

În această situație, investițiile necesare pentru a ține pas cu fabricația produselor care se cer la un moment dat pe piață, cresc foarte mult și în cele mai multe cazuri descurajează firmele în a se angrena în asemenea competiții economico-productive. La acestea se mai adaugă și o inevitabilă "inertie" organizatorică la punerea în fabricație a unui produs nou, fapt ce poate conduce la un rezultat necorespunzător, adică produsul o dată realizat să nu mai poată fi vândut cu profitul planificat, datorită apariției unor produse mai ieftine.

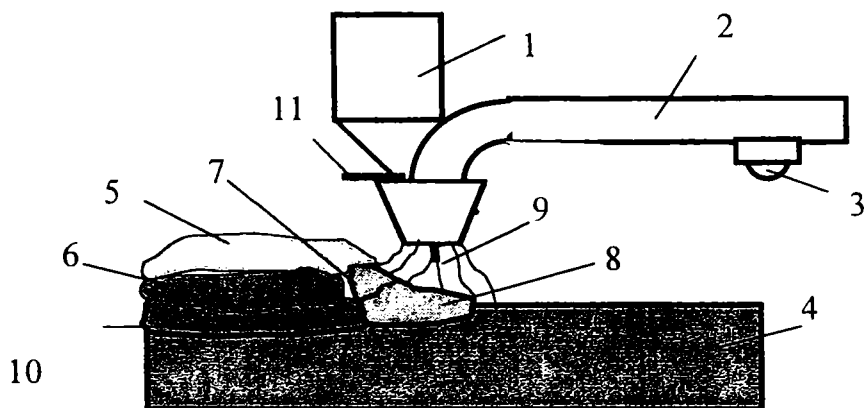
Din deceniul cinci al secolului XX în cadrul tehnologiilor de fabricație a vagoanelor de cale ferată procedeele de sudare au o pondere însemnată. Drept urmare, preocupările specialiștilor firmelor s-au îndreptat în mod firesc spre modernizarea acestor procedee, adică mecanizarea și automatizarea lor.

Primele încercări au fost aplicate la mecanizarea uneia sau ambelor mișcări principale executate de operatorul sudor în vederea realizării unei îmbinări sudate. Aceste două mișcări principale sunt:

-mişcarea de avans a electrodului pe măsura topirii ei în baie; această mişcare se mai numeşte “viteza de avans a electrodului”;

-mişcarea de avans a electrodului în dreptul liniei de sudare (rost de sudură); această mişcare se mai numeşte “viteza de sudare”.

La începutul anilor 60 au apărut primele aplicații de mecanizare prin implementarea în procesul de fabricație a procedurii de sudare semimecanizat sub strat de flux, la care mişcarea de avans a sârmei electrod a fost mecanizată prin acționarea cu ajutorul unui moto- reductor. La acest procedeu de sudare arcul electric este acoperit cu un flux pentru protejarea arcului de acțiunea dăunătoare a aerului (cu efect oxidant). În flux sunt conținute și elemente ionizante, zgurifiante, de aliere, etc. care conduc la arderea liniștită a arcului electric și la realizarea unei îmbinări de sudură de bună calitate.



- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. buncăr de flux | 7. flux topit |
| 2. pistol de sudare | 8. baie metalică |
| 3. microîntrerupător | 9. sârmă electrod |
| 4. material de bază | 10. cusătură |
| 5. flux | 11. robinet pentru flux |
| 6. zgură | |

Fig.2.10. Schema pistolului de sudare semimecanizat sub strat de flux.

Fluxul nu poate fi așezat pe rost în prealabil fiindcă în acest caz sudorul nu vede linia de sudare. Din acest motiv a fost necesară conceperea unui pistol de sudare special (fig.2.10.), dotat cu un buncăr de flux solidar cu el care are o capacitate de înmagazinare dozare a fluxului pentru a realiza un cordon de o lungime cuprinsă între 0,5-2m. (o cantitate de flux între 1-4 kg).

La acest procedeu se utilizează densități de curent în jurul valorii de $100\text{A}/\text{mm}^2$ și se lucrează cu sârmă electrod de diametru cuprins între 2,5-3,25 mm, cablul de conducere a curentului de sudare având o secțiune dublă față de cea utilizată la sudarea manuală cu electrozi înveliți.

Din cele de mai sus rezultă că acest pistol de sudare este foarte greu, iar pachetul de cabluri este foarte rigid și greu, din cauză că, pe lângă cablul de curent gros mai conține și un tub (“bowden”) care conduce sârma electrod de la dispozitivul de avans al sârmei la pistol.

Dezavantajele enumerate mai sus au condus în scurt timp la abandonarea acestei semimecanizări fiindcă operatorii sudori nu rezistau la efortul fizic.

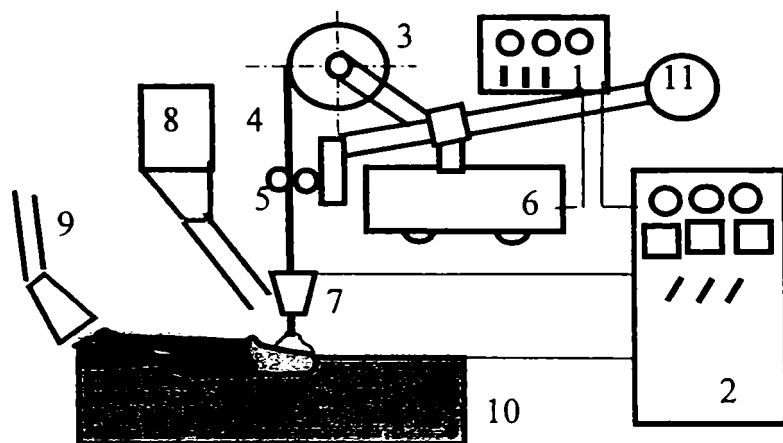
În continuare, s-a trecut la procedeul mecanizat a sudării sub strat de flux. La acest procedeu, pe lângă mecanizarea avansului sârmei s-a mecanizat și mișcarea de deplasare a arcului electric în rost, în două variante:

- pentru cordoane liniare, frânte, sau curbe cu raze de curbură mari în plan orizontal, capul de sudare este montat pe un cărucior care efectuează deplasarea cu viteza de sudare;

- pentru cordoane circulare, capul de sudare este suspendat efectuând numai avansul sârmei electrod, un dispozitiv de rotire a subansamblului efectuând mișcare cu viteza de sudare.

Pentru prima variantă, instalația are la bază un cărucior care este antrenat de un moto-reductor fig.2.2. ("tractor de sudare").

Căruciorul se deplasează fie sprijinindu-se pe piesă, fie pe o șină de ghidare, care este paralelă cu rostul de sudură. Căruciorul mai este prevăzut și cu o bară verticală care se poate roti în jurul axei sale cu 360° . Pe această bară este montat un braț în consolă, iar la un capăt al brațului este montată o sanie de deplasare pe verticală a mecanismului de avans al sârmei electrod, compus dintr-un moto-reductor și un laminor de sârmă. Deplasarea pe verticală a saniei se realizează cu ajutorul unui mecanism șurub și piuliță.



- | | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 1. pupitrul de comandă | 7. duză de contact electric |
| 2. sursă de sudare | 8. buncăr de flux |
| 3. bobină cu sârmă electrod | 9. aspirator de flux |
| 4. sârmă electrod | 10. obiect de sudat |
| 5. mecanism de antrenare a sârmei. | 11. contragreutate |
| 6. tractor de sudare | |

Fig.2.11. Schema de principiu a procedeului de sudare sub strat de flux mecanizat.

Pe partea opusă a brațului este montată o contragreutate, respectiv panoul de comandă al căruciorului. Poziția capului de sudare se poate corecta în timpul operației de sudare atât în plan vertical cât și în plan orizontal cu ajutorul câte unui mecanism șurub piuliță de către operatorul sudor.

Cea de a doua variantă se aplică pentru sudarea îmbinărilor circulare. În acest caz capul de sudare împreună cu mecanismul de avans sârmă electrod solidar cu el este suspendat deasupra componentelor, fixate în dispozitive de lucru rotative care

efectuează mișcare de rotație. Mișcarea relativă dintre capul de sudare și componente se realizează cu viteza egală cu viteza de sudare.

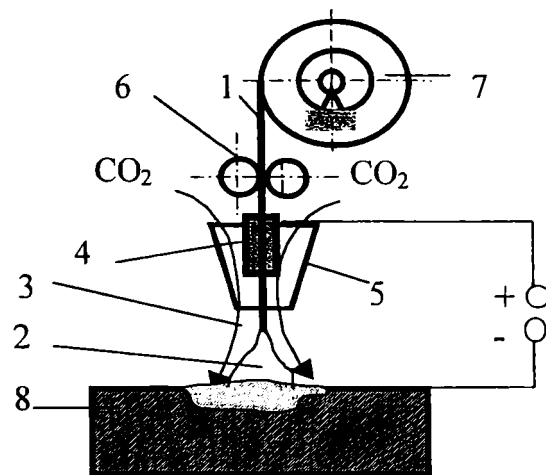
În cazul sudării mecanizate sub strat de flux timpul de pregătire este destul de lung. El cuprinde fixarea componentelor în dispozitiv în vederea rotirii în pozițiile orizontale a rosturilor, verificarea cu ajutorul vârfului electrodului de pe cărucior dacă acesta se va deplasa în rost în timpul operației de sudare (arcul electric fiind acoperit de flux în timpul operației de sudare o asemenea verificare este destul de dificilă), verificarea și completarea buncărul cu flux, verificarea dacă pe tambur este sârmă de electrod în desfășurare suficientă pentru a realiza cordonul de sudură și pregătirile pentru amorsarea arcului electric.

Din cele de mai sus rezultă că extinderea utilizării procedurii este limitată, el devenind rentabil doar de la o anumită grosime a componentelor și de la o anumită lungime de cordon.

Cu toate că a existat o bună colaborare între tehnologi și proiectanți, acest procedeu a putut fi aplicat decât doar la executarea a maxim 25% din totalul îmbinărilor sudate la un vagon.

La începutul anilor '80 s-a implementat procedeul de sudare semimecanizat în mediu de gaze protectoare (MAG). În cazul acestui procedeu arcul electric nu este acoperit de flux ci este protejat de un gaz activ (CO_2), ca urmare se elimină buncărul de flux de pe pistol.

Principiul procedurii este prezentat în fig.2.12.



- | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1.sârmă electrod | 4.diuză de contact electric | 7.tambur cu sârmă electrod |
| 2.arc electric | 5.cap de sudare | 8.obiect de lucru (de sudat) |
| 3.gazul protector (CO_2) | 6.mecanism de avans sârmă | 9.sursă de sudură |

Fig.2.12. Principiul procedurii de sudare MIG-MAG.

Arcul electric (2) se formează între piesa (8) și sârma electrod (1). Sârma avansează mecanizat și în mod continuu antrenat fiind de un mecanism cu roți (6) desfășurându-se de pe tamburul (7). Gazul protector (3) se scurge printr-un ajutor al arzătorului special (5) și are misiunea de a proteja sârma electrod, arcul electric și baia topită de acțiunea dăunătoare a aerului înconjurător. Sursa de alimentare cu energie electrică (redresor sau generator de curent continuu) cu caracteristică rigidă,

se racordează în majoritatea cazurilor cu polul minus la piesă și polul plus la duza de contact a capului de sudare (4).

Sudarea se realizează cu densități mari de curent, datorită faptului că lungimea liberă a electrodului parcurs de curent este relativ mică (15-20 mm). La intensități mari de curent pistolul este răcit cu apă.

Făcând o comparație între pistolul de sudare semimecanizată sub strat de flux (5-6 kg) și de sudare semimecanizată în mediu de gaze protectoare MIG-MAG (0,5-0,7 kg) rezultă că, aceasta din urmă este mult mai ușor, fapt care a facilitat extinderea continuă a utilizării acesteia din urmă.

Mecanizarea procedurii a fost posibilă utilizând aceleași instalații (ex. tractoare) ca și în cazul sudării mecanizate sub strat de flux.

Nici în acest caz varianta mecanizată nu poate fi extinsă din cauza timpului prea mare de pregătire, rentabilă fiind sudarea cordoanelor lungi.

Un avantaj incontestabil față de sudarea sub strat de flux este faptul că, arcul nu este acoperit cu flux, deci operatorul sudor poate corecta prin mecanismele descrise anterior deplasarea arcului electric dacă aceasta părăsește rostul din motive de montare incorectă a componentelor de asamblat, prelucrare incorectă a rostului, respectiv din cauza deformațiilor rezultate de procesul de sudare.

Implementarea și extinderea procedurilor descrise mai sus au vizat în ansamblu reducerea timpilor de execuție a îmbinărilor sudate în construcția de vagoane. Au fost însă și alte încercări de mecanizare/automatizare care au avut drept scop rezolvarea doar a unor probleme specifice de sudare.

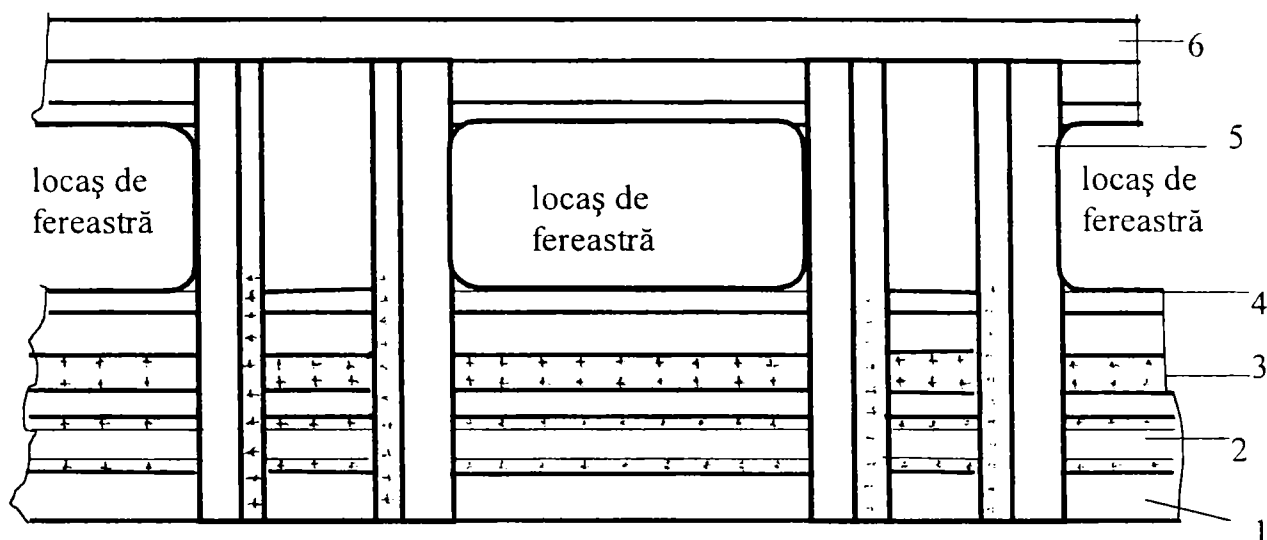
Prima automatizare a procedurilor de sudare la întreprinderea "ASTRA" VAGOANE Arad a fost aplicată la sudarea pereților laterali ai vagoanelor de călători, pentru care îmbinările sudate au fost special proiectate în acest scop.

Peretele lateral a vagonului de călători este confecționat dintr-un schelet din profile îndoite din tablă de 3mm. și tabla învelitoare (de grosime 2mm).

Scheletul peretelui lateral este compus din profile "Z" care formează stâlpii peretelui, și un cadru superior confecționat dintr-un profil special îndoit. Stâlpii sunt legați dedesub și deasupra geamului cu câte un profil cornier îndoit formând locașul geamului. Sub geamuri sunt prevăzute două profile de tip Ω ca întăritură.

Acest schelet a fost montat într-un dispozitiv și sudat cu procedeul clasic, adică cu arc electric cu electrozi înveliți. După sudare și redresare pe partea exterioară a scheletului au fost polizate supraînălțările cordoanelor de sudură, făcând posibilă astfel așezarea și prinderea cu sudură a tablei învelitoare. Pentru această ultimă operație a fost proiectat și executat de către firma "LANGUEPIN" (Franța) o instalație de sudare automată prin presiune în puncte a tablei învelitoare pe scheletul peretelui lateral a unui singur tip de vagon călător tip suburban.

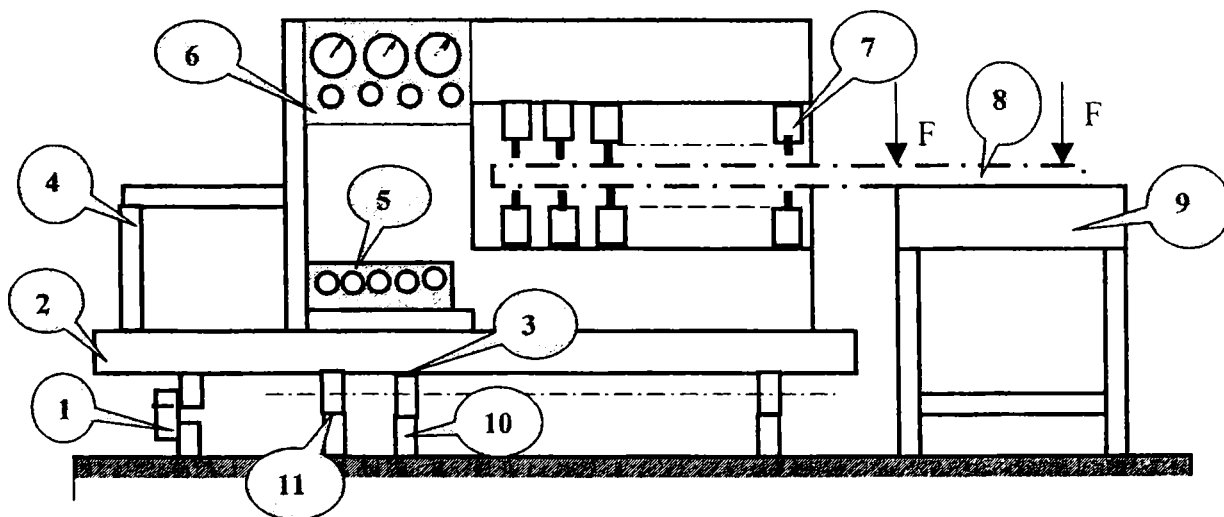
În fig. 2.13. se prezintă un fragment din peretele lateral cu specificarea locurilor de realizare a îmbinărilor sudate prin presiune în puncte cu ajutorul instalației de sudare automată Languépin.



- | | | |
|----------------------|---------------------|--------------------|
| 1. tabla învelitoare | 2. profil "Ω" mare | 3. profil "Ω" mic |
| 4. profil cornier | 5. stâlp profil "Z" | 6. cadru superior. |

Fig.2.13. Segment de perete lateral al unui vagon de călători suburban

În fig.2.14. este reprezentată schematic construcția instalației de sudare automată prin presiune în puncte.



- | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|--|
| -1. șină cu came | -2. cărucior | -3. sistem de antrenare a căruciorului |
| -4. balustradă | -5. rotametre în circuitul de răcire | |
| -6. panou de comandă | -7. transformatoare de sudare | |
| -8. perete lateral | -9. dispozitiv de lucru | -10. șină de rulare |
| -11. angrenaj pinion-cremalieră | | -F -forță de strângere. |

Fig.2.14. Schema de principiu a instalației de sudare automată a peretelui lateral.

Instalația conține un cărucior (2) care se deplasează în lungul peretelui lateral (8) care este montat și fixat în dispozitivul de lucru (9). După cum se vede din figură peretele este montat în consolă, partea sa inferioară dispunându-se cu o săgeată din cauza greutății proprii. Punctele de sudură sunt reprezentate prin cruciulițe. Deplasarea căruciorului în lungul peretelui se realizează acționat fiind de un sistem compus dintr-un motor de curent continuu, și angrenaj pinion-cremalieră.

Fiecare stâlp se sudează pe tabla învelitoare prin 12 puncte, iar cele două profile Ω prin două rânduri de puncte. În acest scop instalația este prevăzută cu un set de 12+4 transformatoare de sudare respectiv perechi hidromotoare liniare prevăzute fiecare cu câte un electrod. În partea dreaptă a instalației pe un rând sunt montate 4 transformatoare de sudare: două pentru profilul Ω mic, și două pentru profilul Ω mare. La o distanță de 300mm s-au montat pe un rând 12 transformatoare de sudare pentru stâlpi.

Dispozitivul de lucru al peretelui este prevăzut cu elemente de strângere pneumatice.

Fiecare electrod este răcit cu apă. Instalația are 5 circuite închise de apă de răcire, trei pentru electrozii de sudare a stâlpului și câte una pentru fiecare profil.

Parametrii regimului de sudare se programează separat pentru sudarea stâlpului respectiv pentru sudarea celor două profile Ω pe tabla învelitoare cu ajutorul unui programator electronic.

Programarea opririi căruciorului instalației în dreptul punctelor de sudat așezate atât pe stâlpi cât și pe profilele Ω se realizează cu ajutorul unei șine (1) care este montată pe solul halei sub cărucior și care este prevăzută pe ambele părți cu came confecționate sub formă de piaptăn.

Pe partea stânga a șinei sunt așezate camele pentru profilele Ω . Pe profilele Ω sunt amplasate 13 puncte de sudură sub geam respectiv 7 puncte de sudură între stâlpi. Pentru stâlpi se montează câte o camă. Acestea au o suprafață de așezare pe șină și sunt fixate cu șuruburi având locaș oval pentru reglaje, (fig.2.15.)

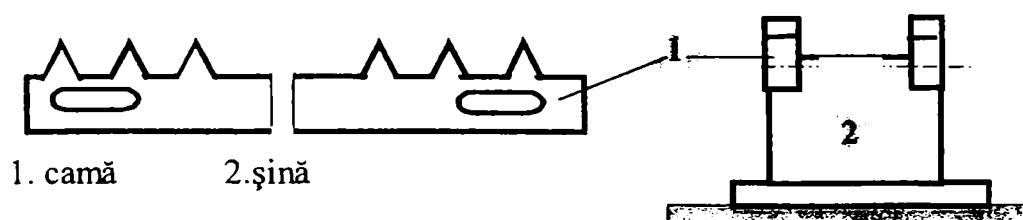


Fig.2.15. Construcția camei și modul de amplasare al ei pe șină.

Pe partea inferioară a căruciorului, în dreptul camelor sunt montate două microîntrerupătoare care au la capătul elementului de execuție câte o rolă. Oprirea căruciorului în vederea poziționării electrozilor în dreptul punctelor de sudat se realizează ca urmare a acționării butonului microîntrerupătorului de către o camă.

Implementarea sudării automate prin puncte a peretelui vagonului călător nu a dat rezultatele scontate în special din cauza indisciplinelor tehnologice.

Dintre dificultățile intervenite se amintesc:

-nesablarea prealabilă a tablelor învelitoare și a profilelor care intră în construcția cadrului, au condus la distrugerea prematură a electrozilor, ele lăsând amprente nepermis de adânci pe partea exterioară a peretelui; din cauza oxizilor, urmelor de ulei și altor impurități rezistența de contact dintre electrozi și componente de sudat este mai mare decât cea permisă și de aceea se crează o supraîncălzire în aceste zone, care conduce la o plasticitate mai mare și la deformări, nepermis de mari sub formă de amprente;

-deși la sudarea prin puncte deformațiile remanente sunt cele mai mici, din cauza faptului că peretele este fixat în dispozitiv în consolă a rezultat o deformație a peretelui, săgeata ajungând până la 6-8 mm;

-neîndreptarea stâlpilor a condus în unele cazuri la situații ca punctele sudate să fie aplicate la marginea profilului Z; în cazuri extreme doar jumătate de punct era pe profil;

-montarea scheletului cu abateri mai mari decât era prevăzut în caietul de sarcini al instalației; acest lucru a reclamat în unele cazuri modificarea poziției camelor pentru stâlpi, în acest timp oprindu-se fabricația.

Cele prezentate mai sus subliniază că în cazul utilizării unui sistem de fabricație automat pregătirea semifabricatelor (componentele de asamblat prin puncte) trebuie să fie pretențioasă, indisciplina tehnologică reducând efectele economice prevăzute în stadiul de proiectare.

Instalația descrisă a fost utilizată un interval de timp relativ scurt, deoarece după fabricarea a două sute de vagoane, s-a modificat constructiv peretele lateral al vagonului de călători, după care instalația automată de sudare-nefiind flexibilă- nu a mai putut fi utilizată și nici modificată pentru noua construcție.

A doua automatizare a operațiilor de sudare la Întreprinderea ASTRA VAGOANE Arad s-a realizat cu ajutorul agregatului flexibil de sudare în puncte a acoperișurilor de vagon (în special de călători) produs de firma "MESSER GRIESHEIM" cu posibilitate de extindere și asupra sudării pereților laterali, tot la vagoane de călători. Agregatul este de fapt un robot industrial jumelat (geamăn).

Dispozitivele de ghidare jumelate au mișcările celor 5+5 axe conduse simetric printr-un sistem de comandă, astfel încât punctele caracteristice ale efectorilor finali (extremitățile electrozilor de sudare prin puncte) pot fi aduse în coincidență cu o precizie de poziționare de ± 1 mm.

Efectorii finali sunt constituiți din câte un cap jumelat (dublu) de sudare (cu câte doi electrozi de sudare) ceea ce permite efectuarea simultană a două puncte de sudură identice situate la o distanță de 240 mm.

Această distanță a fost determinată din două considerente:

-ca să fie suficient de mică în vederea eliminării vibrației între tabla învelitoare și scheletul metalic;

-ca să fie suficient de mare în vederea eliminării șuntării curentului de sudare.

În alcătuirea fiecărui dispozitiv de ghidare intră câte un mecanism generator de traiectorie și un mecanism de orientare.

Mecanismul generator de traiectorie are trei axe de translație ortogonale ($X_{1,2}, Y_{1,2}, Z_{1,2}$), fiind de tip arhitectural “portal” pentru robotul superior și de tip arhitectural “grindă rulantă” pentru robotul inferior.

Axele omonime ale celor doi roboți sunt paralele, iar în momentul execuției operației de sudare prin puncte, direcțiile axelor Z coincid (fig.2.16).

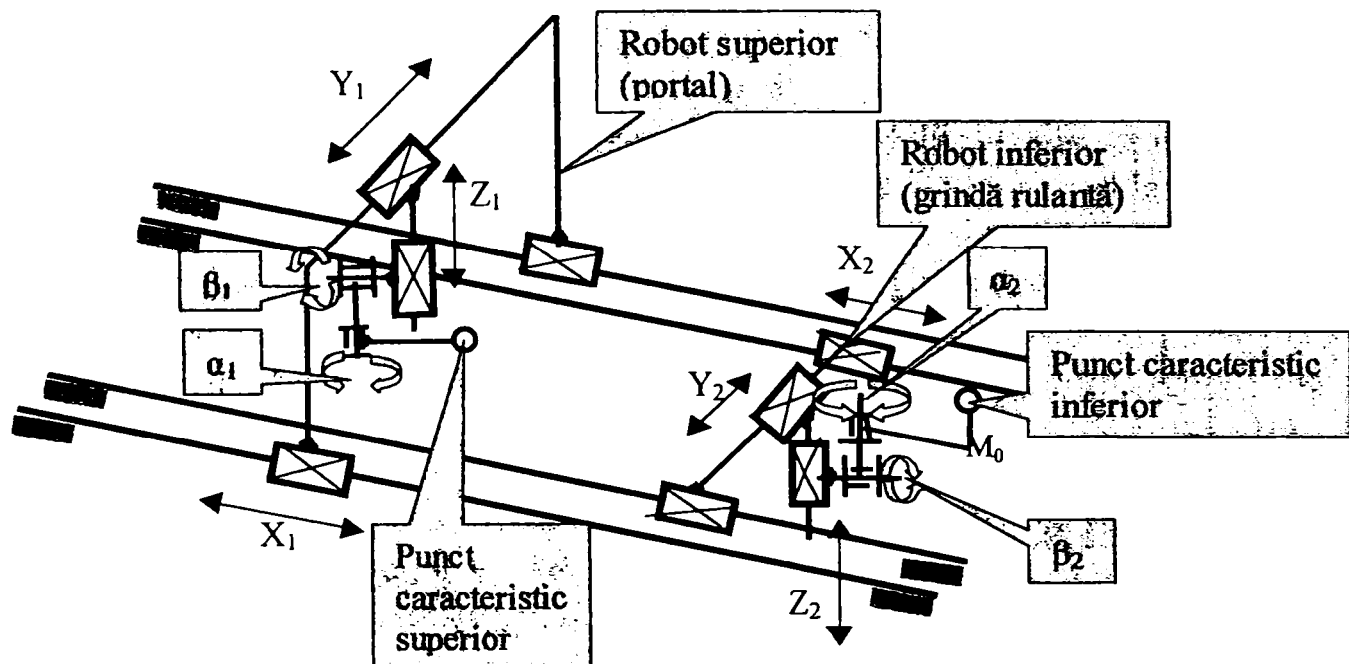


Fig.2.16. Schema cinematică a sistemului mecanic al robotului jumelat “Messer-Griesheim”.

Mișcările pe cele trei axe, limitate bilateral, sunt controlate continuu prin intermediul unor traductoare de poziție rotative absolute.

Mecanismele de orientare cu câte două axe de rotație ortogonale ($\alpha_{1,2}$ “pronație-supinație“, $\beta_{1,2}$ “flexie-extensie“) sunt identice pentru ambii roboți și dispuse simetric.

Axele de rotație $\beta_{1,2}$ (“flexie-extensie“), paralele cu direcțiile axelor $Y_{1,2}$ ale mecanismelor generatoare de traiectorie sunt limitate bilateral și controlate continuu prin intermediul unor traductoare de poziție rotative absolute.

Axele de rotație $\alpha_{1,2}$ (“pronație-supinație“) sunt paralele cu direcțiile axelor $Z_{1,2}$ ale mecanismelor generatoare de traiectorie și au câte patru poziții discrete de oprire (decalate cu 90^0) și pozițiile inițiale ale mișcărilor comune.

Construcția robotului “Messer Griesheim“ este caracterizată printr-un înalt nivel de modularizare.

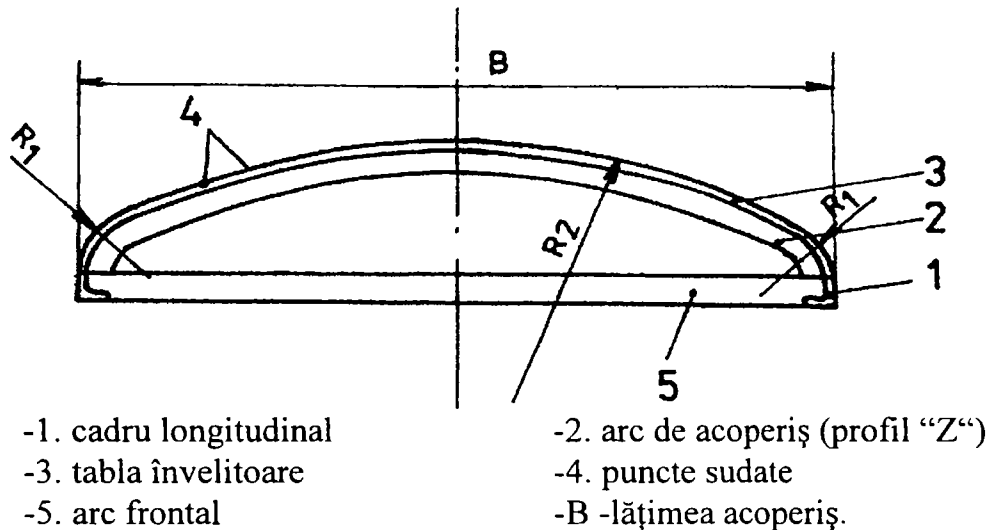
Agregatul flexibil de sudare permite sudarea tablei învelitoare pe schelet la orice tip de acoperiș pentru vagoane de marfă sau călător.

În general, un acoperiș de vagon este compus dintr-un schelet format din două cadre longitudinale, două arce frontale, arce de acoperiș și întărituri longitudinale, (mai rar longeron central) și tablă învelitoare care poate fi tablă lisă sau renurată. Cea mai complexă variantă de acoperiș are arcele de acoperiș îndoite după arce de cerc cu două raze diferite (fig.2.17.).

Mecanismele generatoare de traiectorie cu ajutorul axelor $Y_{1,2}$ și $Z_{1,2}$, precum și mecanismele de orientare cu axele $\alpha_{1,2}$ (“pronație –supinație“) respectiv $\beta_{1,2}$

(“flexie-extensie“) pot așeza punctele caracteristice ale celor doi roboți pe orice linie de sudare aflat în planul perpendicular direcției de deplasare a robotului.

Axele $X_{1,2}$ ale mecanismelor generatoare de traiectorie deplasează efectorii finali de la o linie de sudare la alta.



- 1. cadru longitudinal
- 2. arc de acoperiș (profil “Z“)
- 3. tabla învelitoare
- 4. puncte sudate
- 5. arc frontal
- B -lățimea acoperiș.

Fig.2.17. Secțiune transversală în acoperiș.

$$R_2 \gg R_1 \quad (2.25.)$$

Scheletul acoperișului se montează într-un dispozitiv special în care el este și sudat. După operația de sudare îmbinările pe partea superioară a scheletului se polizează până la nivelul scheletului, permițându-se astfel așezarea perfectă fără interstițiu a tablei învelitoare.

În vederea eliminării deformațiilor cauzate de sudare, tabla învelitoare se sudează din bucăți prin presiune în linie în regim mecanizat. Pe măsura ce se sudează, tabla se înfășoară pe o bobină. Orice altă metodă ar reclama operație de polizare a cordoanelor respectiv îndreptarea tablei care la aceste dimensiuni este aproape imposibilă.

Punerea în funcțiune a robotului cuprinde următoarele etape:

- se așează scheletul acoperișului în dispozitivul de lucru și se fixează mecanizat, cu elemente de fixare rapidă;
- se pornește robotul superior (portal) prevăzut cu un traductor de poziție cu laser; care verifică poziția reală a arcelor de acoperiș corectând programul inițial de sudare; prin această operație se corectează inexactitățile de montare;
- se retrage robotul superior în “garaj“;
- se întinde de pe rulou tabla învelitoare peste schelet, sudându-se tabla de la capătul dinspre “garaj“ pe arcul frontal cu procedeul MAG;
- se fixează tabla pe scheletul transversal cu ajutorul unor centuri flexibile; longitudinal tabla este întinsă în vederea reducerii deformațiilor în timpul operației de sudare cu ajutorul a 6 hidromotori liniari;
- se trece la comanda automată și se dă startul operației de sudare; operatorul urmărește de la consolă funcționarea corectă intervenind în cazul opririlor de avarie;
- la terminarea operațiilor de sudare, se trece pe comandă manuală, se retrag capetele de sudare și se readuce robotul industrial în “garaj“;

- se eliberează centurile flexibile și dispozitivele de strângere pneumatice;
- acoperișul sudat se scoate din dispozitiv cu longrine speciale și se pregătește locul pentru acoperișul următor.

În timpul utilizării instalației au fost semnalate unele dificultăți, având cauze similare cu cele prezentate cu privire la instalația automată de sudare a peretelui vagonului călători. Astfel:

- arcele de acoperiș au prezentat un strat gros de oxid, și nu au fost sablate înainte de montare, cauze care au condus la mărirea rezistenței de contact între electrozi și componente de sudat, rezultând o disipare prea mare a energiei calorice; astfel în loc să se încălzească un volum mic de metal formând un nucleu topit între cele două componente s-au încălzit zonele exterioare a componentelor, iar după refularea metalului acestea au prezentat amprente nepermis de adânci, rezistența îmbinării a fost mult diminuată punctele de sudare desprinzându-se în timpul îndreptării carcasei vagonului;

- eficiența traductorului cu laser pentru sesizarea abaterilor de montare a arcelor de acoperiș a fost mult diminuată din cauza îndreptării necorespunzătoare a acestora; în locul verificat, punctul de sudură s-a realizat conform cotelor din desenele de execuție dar în restul locurilor abaterile au fost mari, punctele sudate căzând pe marginea arcelor de acoperiș; aceleași defecte au apărut și din cauza nealinierii corespunzătoare a întăriturilor longitudinale;

- aliniera necorespunzătoare a celor două căi de rulare, atât în plan orizontal cât și în plan vertical a condus la oprirea roboților în procesul de sudare după sudarea doar a 7-8 arce de acoperiș.

Pe lângă Întreprinderea de VAGOANE ASTRA din Arad și la Întreprinderea de Vagoane MEVA din Turnu Severin au fost preocupări în vederea mecanizării și automatizării procedeelor de sudare a subansamblelor de vagon de dimensiuni mici.

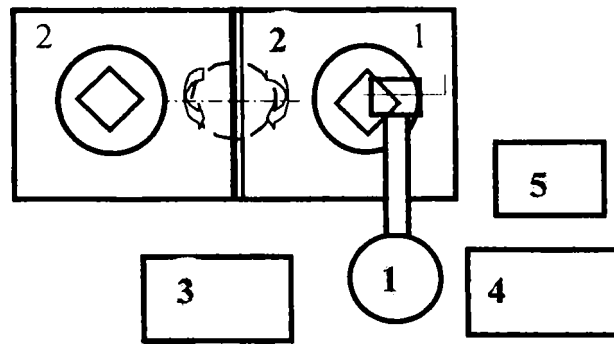
Celula concepută de Catedra de Organe de Mașini și Roboți Industriali a Universității Politehnica din Timișoara (1986) conține un robot industrial REMT 2S. cu 6 axe (RTTRRR) care nu este adaptiv și o masă de poziționare-orientare rotativă cu două posturi de lucru. În fiecare post de lucru este amplasat câte un dispozitiv de lucru.

În timp ce RI sudează obiectul de lucru aflat în dispozitivul de lucru nr.1. operatorul sudor extrage obiectul de lucru sudat în secvența anterioară din dispozitivul de lucru nr.2. și introduce în acest dispozitiv un nou obiect de lucru prins provizoriu cu sudură. Între cele două posturi este prevăzut un paravan de protecție.

Celula mai este dotată cu o sursă de sudare MIG-MAG, dispozitiv de comandă și un dispozitiv mecanic de curățat capul de sudare.

Robotul industrial nefiind adaptiv, nu este prevăzut nici cu senzori de căutarea începutului cordonului respectiv urmărirea rostului în timpul operației de sudare. Comanda robotului industrial este mixtă, (de supervizare), impreciziile montării respectiv deformațiile în timpul sudării sunt corectate manual de către operatorul sudor.

Planul de amplasament de principiu a celulei este prezentată în fig.2.17.



- 1.-RI.-robot industrial REMT-2S
- 2.-MP-masă de poziționare-orientare cu două posturi de lucru (1,2)
- 3.-SS-sursa de sudare MIG-MAG
- 4.-DC-dispozitiv de comandă
- 5.-DCC-dispozitiv de curățat mecanic cap de sudare

Fig 2.17. Planul de amplasament de principiu a celulei robotizate de sudare de la I. MEVA Drobeta Turnu Severin.

2.3.2. Exemple de sisteme de fabricație flexibilă pentru asamblarea prin sudare a subansamblelor vagoanelor de cale ferată realizate în țări europene

Asamblarea robotizată a componentelor prin sudare cu arc în mediu de gaz protector a devenit posibilă numai după realizarea unor roboți industriali adaptivi, prevăzuți cu senzori de căutare și urmărire a rostului. La începutul anilor 80 s-au realizat primele sisteme de asamblare prin sudare în mediu de gaz protector în construcția vehiculelor de cale ferată, mai ales la companii puternice, care și-au putut permite modernizări costisitoare, urmărind creșterea productivității muncii și îmbunătățirea calității vehiculelor produse.

Se prezintă în continuare câteva sisteme de fabricație pentru asamblarea prin sudură a unor componente de vehicule feroviare, realizate în alte țări europene decât România, utilizând roboți industriali, surse de sudare, dispozitive de lucru, etc. fabricate în special de firmele CLOOS Schweissttechnik din Germania și IGM din Austria, pioneri în robotizarea fabricației de vehicule feroviare.

Firma CLOOS este cea de a opta firmă producătoare de roboți industriali în Europa mai ales destinați sudurii de celule și linii flexibile robotizate pentru sudură, dispozitive de lucru, surse de sudare MIG-MAG clasice și cu curenți pulsați, instalații specializate de sudat automat pentru diferite industrii.

Firma IGM se găsește printre primele 20 de firme producătoare de roboți industriali și celule flexibile robotizate pentru sudură respectiv pentru alte operații tehnologice.

Tabelul 2.1. conține o listă de companii producătoare de vehicule feroviare care s-au dotat în perioada 1981-1991 cu sisteme de fabricație prin sudarea subansamblelor de vehicule feroviare.

Tabelul 2.1. Lista de companii producătoare de vehicule feroviare care au implementat roboți industriali pentru sudură în întreprinderi din Europa.

Nr. crt.	Țara	Compania	Tipul robotului industrial/nr.buc	Firma producătoare de roboți industriali	Anul implementării
1.	Belgia	BN, Brec	RT280-6/2 buc	IGM	1981-85
2.	Germania	Wagon-Union Siegen	Romat-56/1 buc.	CLOOS	1982
3.	Ungaria	GANZ-MAVAG Budapesta	Messer/1buc	MESSER-GRIESHEIM	1982
4.	Germania	Wagon-Union Siegen	Romat-76/1 buc	CLOOS	1982
5.	Germania	Wagon-Union Siegen	Romat-76/1 buc	CLOOS	1983
6.	Germania	Wagon-Union Siegen	Romat-76/2 buc	CLOOS	1983
7.	Germania	Wagon-Union Siegen	Romat-56/1 buc	CLOOS	1983
8.	Germania	Kässbohrer-Ulm	RT280-6/2 buc	IGM	1983
9.	Austria	SGP	RT280/1 buc	IGM	1984
10.	Germania	Graaf	RT280-6/1 buc	IGM	1985
11.	Spania	CAF Beasain	RT280-6/1 buc	IGM	1986
12.	Spania	CAF. Zaragoza	RT280-6/1 buc	IGM	1986
13.	Austria	Simmering	Romat-76/1 buc	CLOOS	1987
14.	Germania	Wagon-Union Siegen	Romat-76/1 buc	CLOOS	1987
15.	Spania	CAF Beasain	RT280-6/1 buc	IGM	1987
16.	Norvegia	Strommen	RT280-6/1 buc	IGM	1987
17.	Slovacia	Fabrica de Vagoane și Boghiu Poprad	ZTS+tip OJ-10EP/1 buc	ZTS Cehoslovacia	1988
18.	Franța	De Dietrich	RT280-6/1 buc	IGM	1988
19.	Germania	Meiler München	RT280-6/2 buc	IGM	1989
20.	Austria	OBB Florisdorf	RT280-6/1 buc	IGM	1989
21.	Elveția	Meyer	RT280-6/1 buc	IGM	1990
22.	Austria	Bombardier-Rotax	RT280-6/2 buc	IGM	1991
23.	Germania	Graaf	RT280-6/2 buc	IGM	1991
24.	Germania	Link-Hoffmann	RT280-6/1 buc	IGM	1991

Din analiza conținutului tabelului 2.1. rezultă că rolul de pioner al implementării procedeelelor de sudare cu arc electric în construcția de vagoane în Europa a avut firma Wagon-Union Siegen (Germania). Tot în această întreprindere sunt în funcțiune cele mai multe celule robotizate de sudare, în celelalte întreprinderi existând doar 1-2 aplicații izolate.

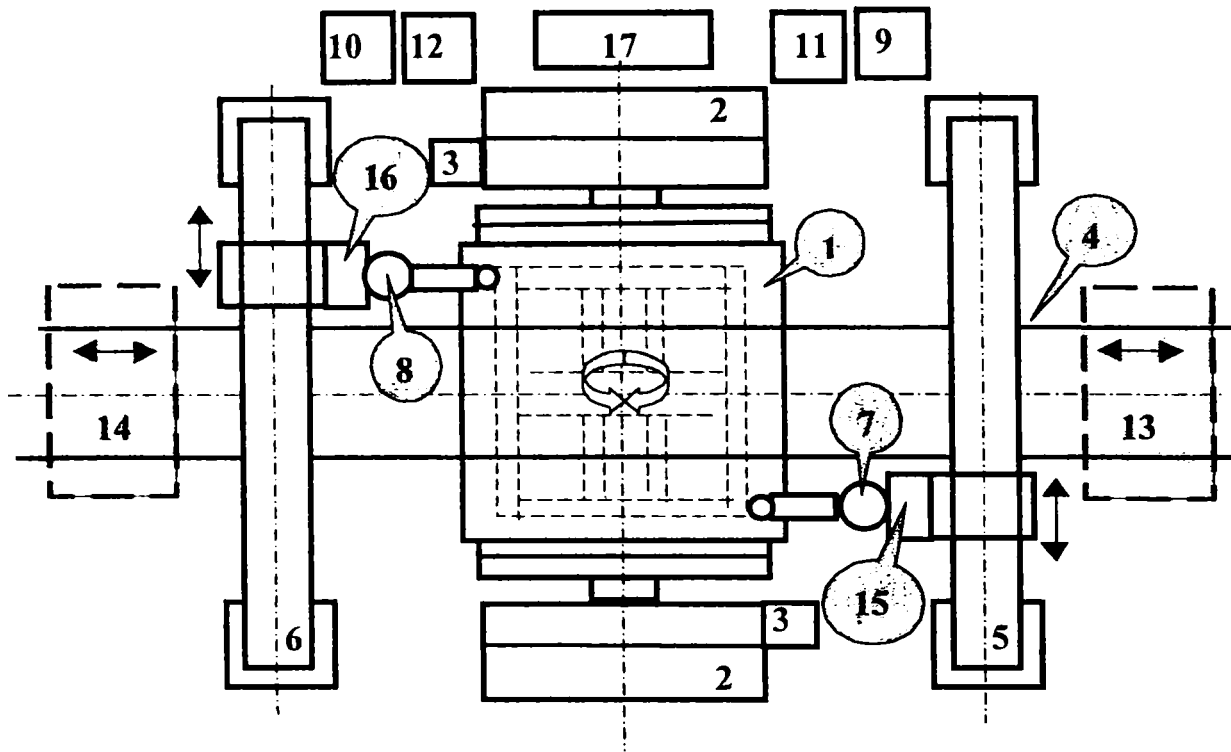
În continuare se prezintă câteva celule robotizate de sudare în construcția de vehicule feroviare din cele enumerate în tabelul 2.1.

Celula de asamblare prin sudare robotizată a cadrului boghiului vagonului marfă de tip H (Compania Wagon-Union Siegen; Germania), se compune din două surse de sudare cu impuls, doi roboți ROMAT 76 montați fiecare pe câte o structură portală, prevăzute cu module de translație pe orizontală și verticală, un dispozitiv de lucru pentru situarea relativă și strângerea componentelor care urmează a fi asamblate prin sudare, o masă de poziționare-orientare pentru dispozitivul de lucru și a subansamblului cadru boghiu, un dispozitiv de transfer cu două cărucioare care se deplasează pe șine, două dispozitive de curățat capetele de sudare și un sistem de comandă.

Componentele care se assemblează în celulă: longeroanele marginale și intermediare, traversele crapodinei și frontale sunt montate și sudate în prealabil apoi introduse în dispozitivul de lucru și fixate cu elemente de strângere acționate hidraulic. Dispozitivul de lucru conținând componentele montate în prealabil este adus în zona de acțiune a roboților cu ajutorul căruciorului aducător al dispozitivului de transfer și introdus în masa de poziționare-orientare cu ajutorul unui aparat de ridicat cu acționare hidraulică. Elemente de strângere cu acționare pneumatică solidarizează dispozitivul de lucru împreună cu subansamblul de sudat de masa de poziționare-orientare. Masa de poziționare-orientare situează subansamblul astfel încât cei doi roboți să poată executa cordoanele de sudură în condiții optime. După încheierea operației de sudare, dispozitivul de lucru împreună cu subansamblul sudat este defixat, transferat de aparatul de ridicat pe căruciorul de evacuare și evacuat de acesta din zona celulei. În timpul execuției operației de sudură, căruciorul aducător a părăsit spațiul de lucru a celulei, pe el s-a încărcat un dispozitiv de lucru împreună cu un alt exemplar de subansamblu care urmează să fie sudat și ciclul descris se repetă.

Roboții ROMAT 76 sunt înzestrați fiecare cu câte un senzor de căutare a începutului rostului, cu contact electric pe extremitatea duzei capului de sudare și un senzor de urmărire a rostului prin arc.

Planul de amplasament al celulei robotizate de sudat cadrul boghiului de tip H este prezentat în fig.2.18.

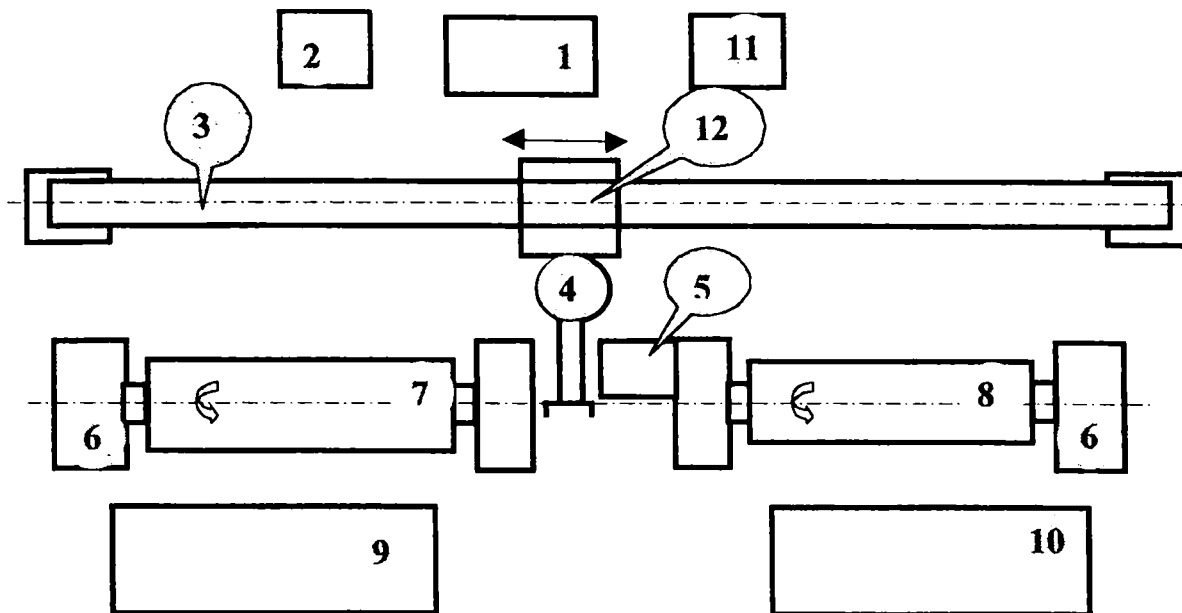


1. ansamblul dispozitiv de lucru împreună cu cadrul boghiului
2. masă de poziționare-orientare.
3. dispozitiv de curățat capul de sudare
4. calea de rulare a cărucioarelor aducătoare și de evacuare
- 5;6. module de translație longitudinală
- 7;8. robot industrial ROMAT-76
- 9;10. surse de sudare cu impuls
- 11;12. dulapuri de comandă
13. cărucior aducător
14. cărucior de evacuare
- 15; 16. module de translație verticală
- !7. dulapul sistemului de comandă central

Fig. 2.18. Planul de amplasament al celulei robotizate de sudat cadrul boghiului tip H

Celula de asamblare prin sudare robotizată a longeroanelor și traverselor de boghiu face parte din seria de șapte celule flexibile robotizate de sudare și tăiere utilizate în construcția de vagoane de la firma **Wagon-Union Siegen, Germania**. Celula este dotată cu două posturi de lucru, primul pentru sudarea longeronului, iar cel de al doilea pentru sudarea traversei. Robotul industrial ROMAT 76 este montat suspendat pe un modul de translație și servește ambele posturi de lucru. Fiecare post de lucru este dotat cu câte o pereche de mese de poziționare-orientare tip WPR 8/45 (5000N, 3500mm).

Planul de amplasament al celulei robotizate pentru sudarea longeronului și traversei de boghiu tip H este prezentat în fig.2.19.



1. dulap al sistemului de comandă central
2. sursă de sudare cu impuls
3. modul de translație longitudinal
4. robot industrial ROMAT-76 cu cap de sudare ca efector final
5. dispozitiv de curățat capul de sudare
6. masă de poziționare-orientare
7. ansamblul dispozitiv de lucru împreună cu longeron
8. ansamblul dispozitiv de lucru împreună cu traversă
9. paletă cu obiecte de lucru (traverse, longeroane) sudate
10. paletă cu obiecte de lucru (traverse, longeroane) montate și prinse provizoriu cu sudură
11. dulap de comandă
12. căruciorul modulului de translație longitudinal

Fig.2.19. Planul de amplasament al celulei robotizate pentru sudarea longeronului și traversei de boghiu tip H.

Longeronul, respectiv traversa de sudat se montează din componente care se prind cu sudură în alte posturi. Subansamblele astfel pregătite se aduc în celulă cu ajutorul unor palete, se introduc și se fixează în dispozitivele de lucru, montate pe câte o masă de poziționare-orientare. Cusăturile de executat ale subansamblelor se aduc în pozițiile cele mai favorabile desfășurării procesului de sudare de către mesele de poziționare-orientare.

Robotul industrial ROMAT 76, prevăzut cu senzorii descriși la aplicația anterioară sudează alternativ longeron sau traversă.

În timpul sudării unui subansamblu, celălalt, sudat anterior, este defixat, evacuat cu ajutorul unei palete de obiect de lucru finit și înlocuit în masa de poziționare-orientare devenit liberă cu un alt exemplar de același subansamblu.

Celulă flexibilă robotizată de sudat suportul arcului și ansamblul cârligul de manevră (Wagon-Union Siegen, Germania) este dotată cu un robot industrial de sudare ROMAT-106-1 așezat în poziție pe sol cu axa de pivotare verticală el servește două posturi de lucru.

În primul post de lucru se sudează suportul arcului interior și exterior, iar în cel de al doilea ansamblul cârlig de ancorare.

Fiecare post de lucru este dotat cu câte o masă de poziționare-orientare MPO.

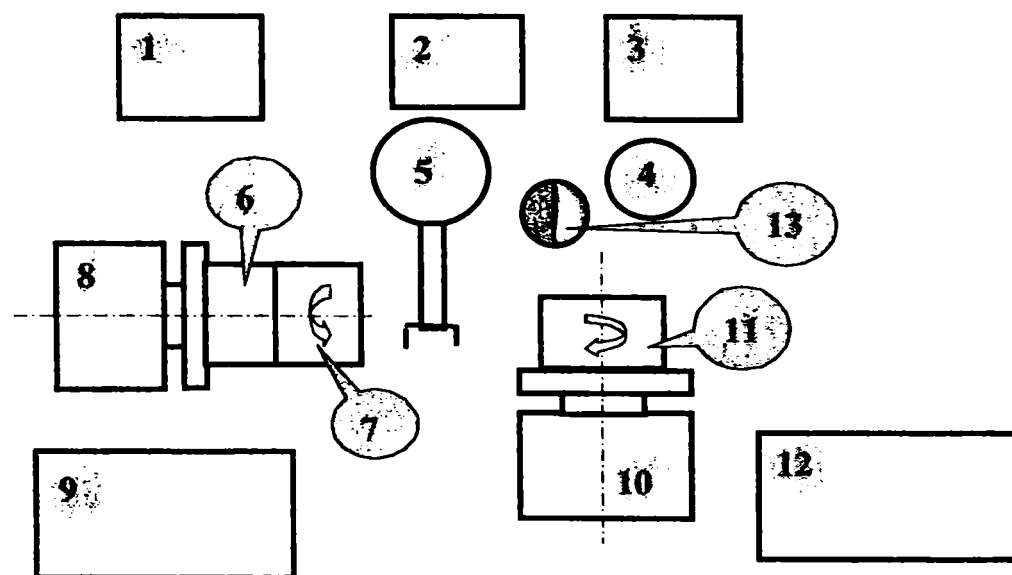
MPO al postului 1 este prevăzut cu un dispozitiv de fixare a suportul arcului cu două dispozitive de lucru; în primul dispozitiv se montează semisuportii arcului, iar după sudarea cap la cap din exterior a celor doi semisuportii, acestea se transpun în cel de al doilea dispozitiv de lucru acționat hidraulic unde sunt fixați pentru completarea sudării “rădăcinii” din interior. Mutarea pieselor dintr-un dispozitiv în altul este realizat de către operatorul uman.

Datorită formei geometrice a pieselor, la realizarea îmbinării prin sudură, pe lângă mișcările efectuate de robot mai este necesară și mișcarea complementară axei MPO care va fi comandată ca o axă suplimentară a robotului industrial.

MPO al celui de al doilea post este dotată cu un dispozitiv de lucru cu elemente de fixare acționate hidraulic. În acest post se sudează ansamblul cârligului de manevră. Axa MPO realizează mișcări de rotație, respectiv de basculare doar pentru a aduce în situare orizontală fiecare cordon în parte. Pentru realizarea acestor situații MPO este prevăzut cu came și limitatoare de cursă.

Celula este dotată cu o sursă de sudare de tip CLOOS GLC 403-PA-TS cu dispozitiv de curățire automată a capului de sudare și cu senzori similari cu cei descriși la aplicația “celula de asamblare prin sudare robotizată a cadrului boghiului vagonului marfă de tip H”

Planul de amplasament al celulei este prezentat în fig.2.20.



- 1.-sursă de sudare
- 2.-dulap cu sistem de comandă al robotului industrial și celulei
- 3.-panou de comandă
- 4.-dispozitivul de curățat capul de sudare
- 5.-robotul industrial
- 6.-dispozitivul de lucru pentru sudat interior suportul arcului
- 7.-dispozitivul de lucru pentru sudat exterior suportul arcului
- 8.-masa de poziționare orientare pentru suportul arcului
- 9.-paletă pentru semifabricate
- 10.-masa de poziționare orientare pentru cârligul de manevră
- 11.-dispozitivul de lucru pentru cârligul de manevră
- 12.-paletă pentru ansamble sudate
- 13.-operator uman

Fig.2.20. Planul de amplasament al celulei de sudat suportul arcului și ansamblul cârligului de manevră

Celula flexibilă robotizată de sudat longeroane laterale și/sau centrale (Wagon-Union Siegen, Germania) este destinată sudării longeroanelor centrale și/sau laterale a vagoanelor de marfă sau călător. Longeronul este un profil "I" realizat dintr-o talpă inferioară una superioară și o inimă. Longeroanele pot fi de secțiune constantă sau cu secțiune de egală rezistență tip "burtă de pește" (Fig.2.21.)

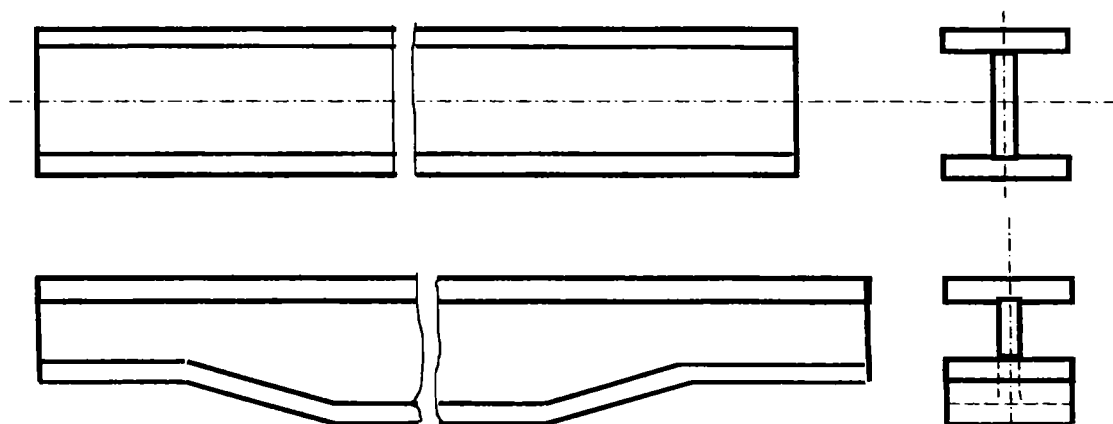
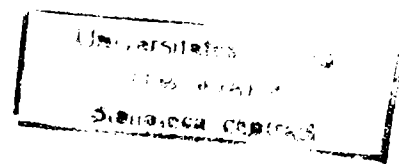


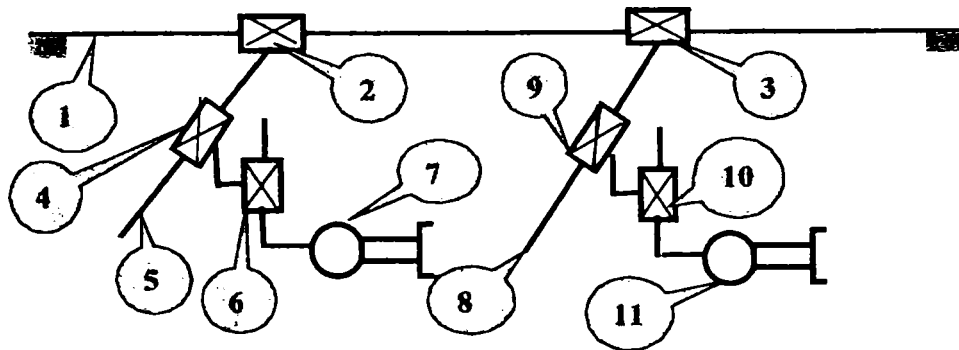
Fig.2.21. Schițe ale longeroanelor sudate în celulă.

Celula conține două dispozitive fixe de lucru pentru situarea și fixarea longeroanelor, fiecare având câte două posturi de lucru.

În primul post se face și asamblarea componentelor longeronului în vederea sudării.

Robotul industrial utilizat este dublu, având o structură monoportală cu două console. În lungul ghidajului grinzii superioare a structurii portale se deplasează două module de translație longitudinală, fiecare prevăzut cu câte o structură consolă. Pe ghidajele structurilor consolă se deplasează câte un modul de translație transversală având direcțiile de translație perpendiculare pe direcția de translație comună a modulelor port consolă, în plan orizontal. La rândul lor, modulele de translație de pe cele două console poartă câte o grindă prevăzută fiecare cu câte un ghidaj față de care se translatează câte un modul pe direcția verticală. Pe plăcile fixate de modulele de translație verticală se montează în poziție suspendată câte un robot ROMAT-76. Ca urmare robotul industrial cu care este dotată celula are numărul gradelor de libertate $M=1+2.2+2.6=17$. Mișcările celor 17 axe sunt comandate de sistemul de comandă al celor 2 roboți ROMAT 76 .(Fig.2.22.)





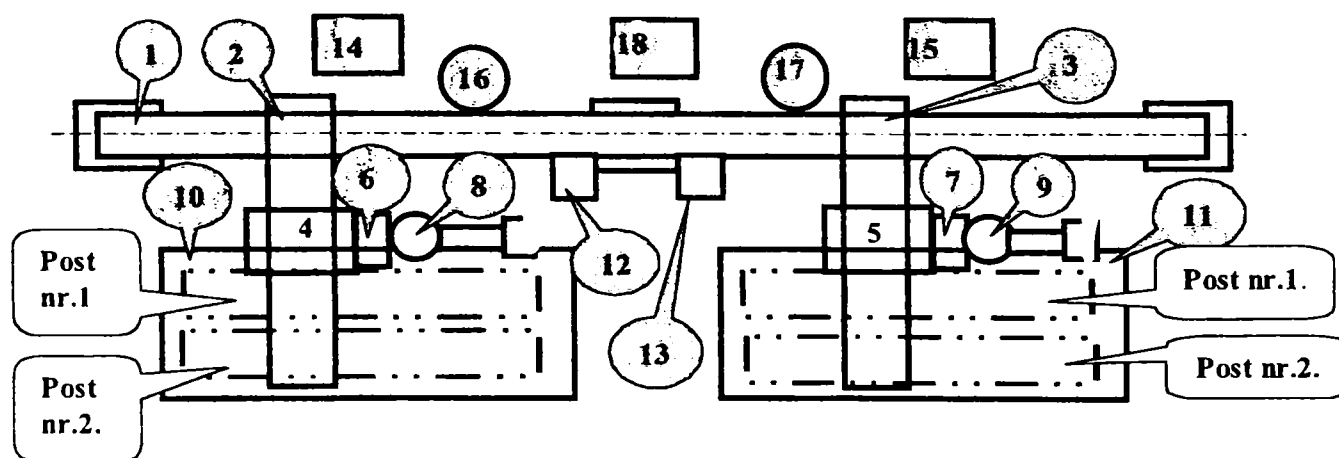
- 1.structură monoportală
- 2,3.module de translație longitudinală
- 4,9. module de translație transversală
- 5,8.structură console
- 6,10.module de translație verticală
- 7,11. roboți industriali ROMAT 76

Fig.2.22. Robot industrial cu arhitectură monoportal cu 2 console.

Celula mai este dotată cu și două dispozitive de curățire a capetelor de sudare și două surse de sudare cu arc cu impulsuri tranzistorizate CLOOS tip GLC 403. Fiecare cap de sudare este prevăzut cu câte un senzor tactil, respectiv un senzor de urmărirea rostului.

În cadrul celulei consumul de sârmă de electrod este foarte mare. Utilizarea bobinelor normale de 13-15 kg. de sârmă electrod conduce la întreruperea de mai multe ori a ciclului de sudare, în vederea realimentării cu bobine a dispozitivului de livrare a electrodului. Ca să se elimine acest neajuns celula a fost dotată cu două dispozitive de livrare (avans) a sârmei fiecare cu acționarea acesteia cu câte 4 role tip TR. În aceste dispozitive se introduc tamburi speciale de sârmă de electrod (de greutate 300 kg fiecare).

Planul de amplasament a celulei este reprezentat în fig.2.23.



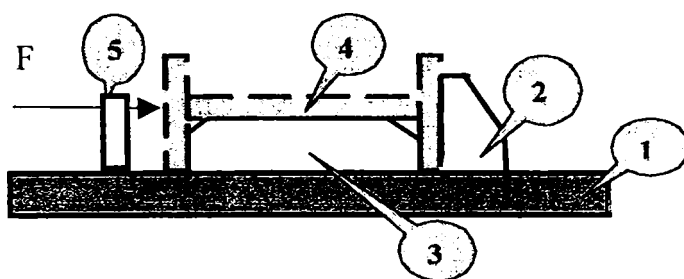
- 1.structură monoportală
- 2,3.structuri console
- 4,5. module de translație transversală
- 6,7. module de translație verticală
- 8,9.robot ROMAT 76
- 10,11.dispozitive de lucru
- 12,13.dispozitive de curățat cap de sudare
- 14,15. sursă de sudură
- 16,17.dispozitiv de livrat sârmă de electrod
- 18.dulap conținând sistemul de comandă

Fig.2.23. Planul de amplasament a celulei pentru sudat longeroane centrale și/sau laterale.

Componentele din care se assemblează într-un longeron sunt introduse într-unul din posturile de lucru ale unui dispozitiv de lucru (10) (Fig.2.24.) de către operator uman, cu ajutorul unui pod rulant, montate în situațiile relative necesare pentru asamblare și fixate. În continuare, cei doi roboți execută cordoanele de sudură pe o parte a longeronului.

Longeronul sudat este întors și montat de către operatorul uman, cu ajutorul podului rulant în cel de-al doilea post al aceluiaș dispozitiv apoi roboții sudează cordoanele de pe cealaltă parte a longeronului. Între timp, operatorul uman introduce și montează în primul post de lucru al dispozitivului de lucru (11) componentele unui nou longeron.

Longeronul sudat este evacuat din cel de-al doilea post de lucru de către operatorul uman, ajutat de podul rulant.



- 1. masa dispozitivului
- 3.element de așezare
- 5.element de strângere

- 2.element de ciocnire
- 4.longeron

Fig.2.24. Schema unui post de lucru al dispozitivului de lucru.

Sudarea cordoanelor se execută de către cei doi roboți industriali, pornindu-se de la mijloc spre cele două capete, după o ordine de sudare bine stabilită. Prin această ordine de sudare se reduc tensiunile și deformațiile remanente respectiv săgeata finală a longeronului este pozitivă după sudarea completă.

În cel de-al doilea dispozitiv de lucru, aducerea, montarea, sudarea și evacuarea longeronului se realizează într-un mod identic cu cel descris la primul dispozitiv de lucru. Sudarea longeroanelor alternativ în două dispozitive de lucru se realizează suprapunerea totală a timpilor auxiliari cu timpul de lucru.

Sistemul flexibil de tăiere cu plasmă și sudarea prin puncte a pereților laterali ai vagoanelor de călători cu tracțiune proprie a fost pus în funcțiune la Uzina de vagoane **GANZ-MAVAG din Budapesta (Ungaria)**. Sistemul este compus dintr-un robot jumelat, cu $M=5+5$ construit de firma MESSER GRIESHEIM, similar cu cel utilizat la Întreprinderea ASTRA VAGOANE Arad pentru sudarea acoperișurilor de vagon și un robot portal cu $M=3$, care rulează pe aceeași cale ca și partea superioară a robotului jumelat (Fig.2.25.)

Robotul jumelat efectuează operația de sudare în puncte a tablei învelitoare pe scheletul peretelui, iar robotul portal servește pentru decuparea prin tăiere cu plasmă a locașurilor ferestrelor din tabla învelitoare.

Structura roboților, sistemul de acționare, sistemul de comandă și de control pozițional al robotului jumelat sunt identice din punct de vedere constructiv cu cel utilizat la Întreprinderea ASTRA VAGOANE Arad descris în legătură cu fig.2.16. cu deosebirea că robotul jumelat de la Arad lucrează în spațiu 3D iar cel de la Budapesta doar în plan (spațiul 2D).

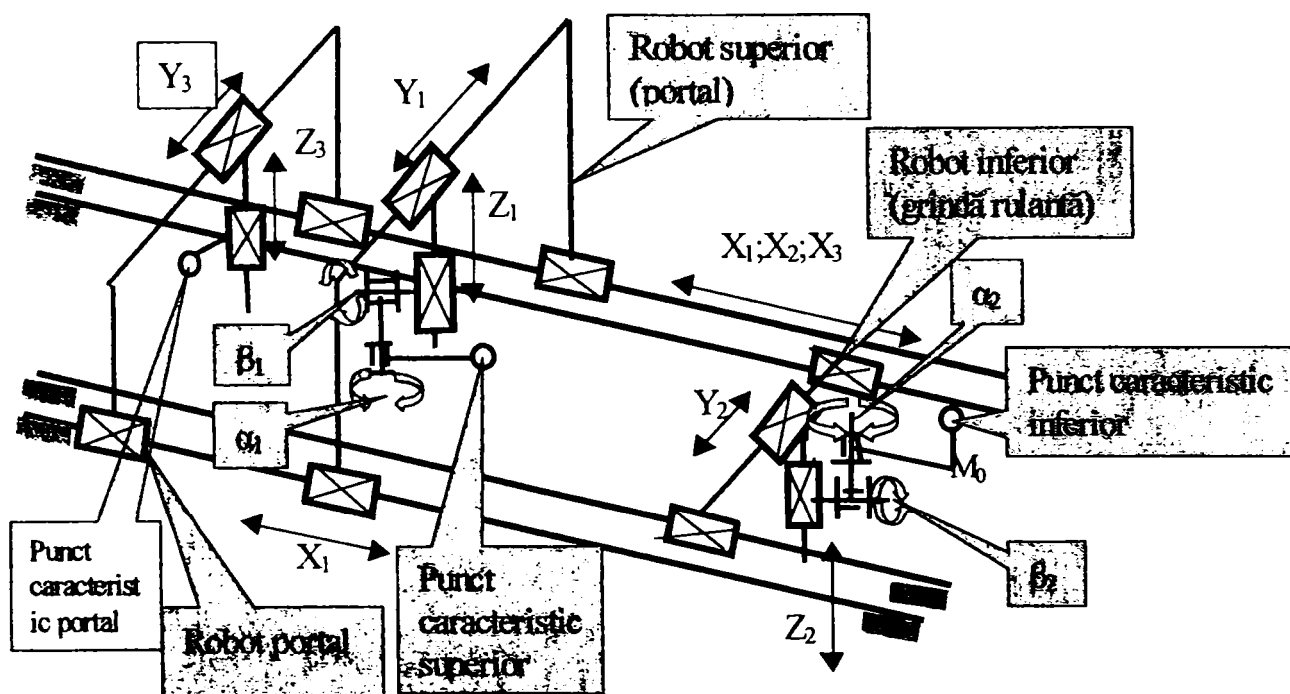


Fig.2.25. Schema de principiu a sistemului flexibil de tăiere prin plasmă și sudare a pereților laterali de vagon.

Scheletul peretelui lateral format din profile îndoite din tablă este montat și sudat într-un dispozitiv special confecționat în acest scop. După sudarea pe partea exterioară supraînălțările îmbinărilor sudate sunt polizate la nivel, în vederea așezării tablei învelitoare fără spațiu între ele.

Tabla învelitoare se execută din tablă sudată cap la cap la dimensiune finală prin rezistență cu material de adaos sub formă de platbandă tip Pecco fără să fie realizat pentru început vreun locaș de fereastră.

Scheletul astfel realizat se introduce în dispozitivul de lucru al sistemului de tăiere-sudare după care se așterne peste el tabla învelitoare. La un capăt, tabla învelitoare se fixează prin sudură MAG de un stâlp iar la celălalt capăt se întinde cu ajutorul unor prese hidraulice tabla învelitoare. Urmează operația de sudare în puncte cu robotul jumelat.

După sudare, peretele rămânând montat în același dispozitiv de lucru cu ajutorul robotului portal se decupează prin tăiere cu jet de plasmă din tabla învelitoare toate locașele ferestrelor.

Prin această tehnologie se reduc la minim deformațiile și tensiunile remanente în structura sudată.

Cu toate că soluțiile constructive ale sistemului au fost îmbunătățite față de cel utilizat de la Arad el a prezentat deficiențe similare cu cele întâlnite la cel din urmă.

La sfârșitul anilor 80 la **Fabrica de Vagoane și Boghiuri din Poprad (Cehoslovacia, actualmente Slovacia)** s-a realizat o **celulă robotizată de sudare a axei triunghiulare pentru boghiurile vagoanelor de marfă**.

Celula realizează sudarea a opt cordoane scurte ale axei triunghiulare la boghiul Y25.

Axa triunghiulară montată și prinsă cu sudură este așezată și fixată în dispozitivul de lucru montat pe o masă de poziționare-orientare, se asigură astfel poziționarea axei triunghiulare în două poziții de lucru fixe, în fiecare realizându-se sudarea a câte 4 cordoane. Oprirea mișcării mesei în aceste poziții și indexarea lui se realizează prin comanda declanșată ca urmare a semnalului emis de senzori inductivi de proximitate.

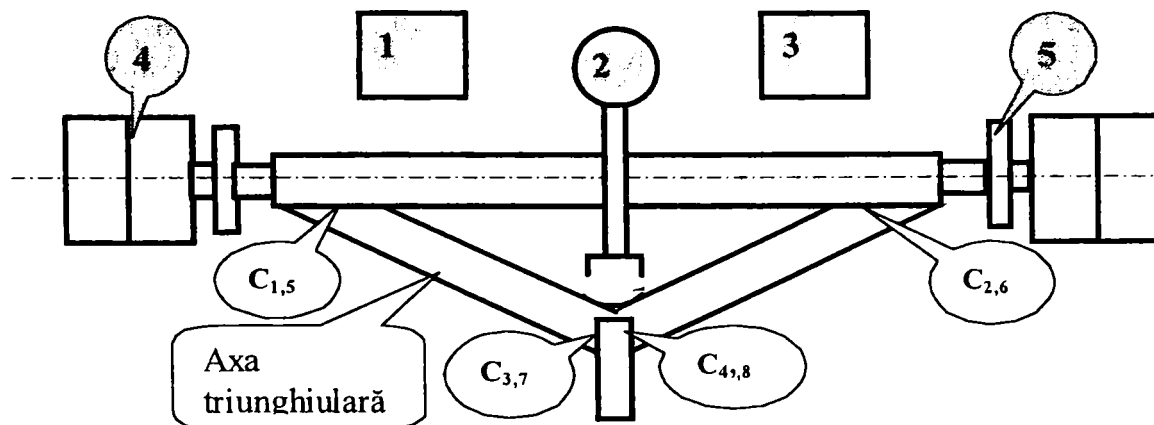
Celula este dotată cu un robot industrial de sudare Z.T.S tip OJ-10 EP (fabricat în Cehoslovacia) și cu o sursă de sudare în mediu de gaze protectoare MAG.

Robotul industrial este montat în poziție suspendată deasupra dispozitivului de lucru într-o poziție fixă astfel, încât spațiul de lucru al robotului să conțină toate cordoanele care urmează a fi sudate.

Planul de amplasament al celulei este prezentat în fig.2.26.

- 1.sursă de sudare MAG
- 2.robot industrial
- 3.dulap de comandă a RI
- 4.masa de poziționare-orientare
- 5.dispozitiv de lucru
- C₁...C₈ cordoane de sudură.

Fig.2.26. Planul de amplasament al celulei de sudat axa triunghiulară.



2.4. Concluzii

Capitolul are la bază studiul vast unor bibliografii [LUD 94] [TAT 92][STE 94][TUS 95] respectiv vizite de documentare în fabricile de vagoane din Germania (Siegen) Austria (Simmering) Slovacia (Poprad) Ungaria (GANZ -MAVAG) România (Balș, Turnu Severin, Caracal, Arad)

În ceea ce privește introducerea noului în domeniul sudurii se observă o diferență de 10-15 ani între țările vestice și cele foste socialiste. Atunci când în Germania sau Austria foarte rar se găsește pe fluxul de fabricație un electrod învelit,

aproape 90% din suduri executându-se cu procedeul semimecanizat în mediu de gaze protectoare, acest procent în România este sub 40%, nici în Ungaria sau Slovacia nu depășește 55-60%.

La baza automatizării și robotizării proceselor de sudare cu arc electric stă procedeul de sudare în mediu de gaze protectoare și într-un procent nesemnificativ cel de sudare sub strat de flux. Acest lucru explică de ce există atât de mare diferență în domeniul automatizării/robotizării între vestice și cele foste socialiste.

Cercetările privind mecanizarea sau automatizarea proceselor de sudare cu arc electric cu electrozi înveliți fuzibili au fost abandonate de peste 30 de ani, constatându-se dezavantajele procedurii față de cel cu arc electric în mediu de gaze protectoare.

Fiecare aplicație studiată a fost descrisă detaliat și prezentată sub formă științifică.

Pe baza acestor informații se pot trage concluzii referitoare la nivelul științific al soluțiilor tehnologice, constructive și de comandă.

Pentru fiecare aplicație s-au subliniat cauzele eventualelor eșecuri sau a fiabilității necorespunzătoare.

La nici o întreprindere dintre cele asupra cărora s-a extins studiul nu există fluxuri de fabricație robotizate care să cuprindă operațiile de montare, sudare, redresare și de vopsire finală a vagoanelor.

Acest lucru arată că pentru creșterea eficienței activității întreprinderilor constructoare de vagoane se necesită a fi depuse eforturi pentru automatizarea flexibilă în general, automatizarea flexibilă a proceselor de asamblare prin sudare în particular

Când trebuie să fie automatizate consecvent întregi procese de fabricație, atunci mijloacele de fabricație instalate pentru aceasta trebuie să îndeplinească postulatul calității integrale, adică, ele trebuie să dispună de proprietăți edificatoare de sistem, pe care le declară apte pentru integrarea într-un sistem de fabricație [RIE 63]. Dar mijloacele individuale de fabricație se pot dota cu calitate integrală numai atunci când se pornește de la un concept general de sistem și când sistemul este construit după **“metoda pașilor uriași”** [RIE 63]. Deci nu se poate începe cu detaliile și apoi să se speră că s-ar mai putea face din ele un întreg unitar. Concepția încheiată a întregului sistem trebuie să precedă cu mult dezvoltarea părților sale constitutive. Din cele de mai sus rezultă că, atât noțiunea cât și fenomenul mașinul mașinii de lucru sau dispozitiv de lucru tradiționale, izolate trebuie abandonate integral.

3. STABILIREA OBIECTIVELOR TEZEI DE DOCTORAT

Concluziile cercetării bibliografice efectuate și studiile de caz realizate în diferite întreprinderi producătoare de vagoane de cale ferată au întărit convingerile autorului cu privire la necesitatea automatizării flexibile a fabricației de vagoane și, în acest context, a asamblării prin sudare a subansamblelor acestora. Deoarece numeroase subansamble de vagoane longeroane, traverse, cadre de boghiu, tampoane, etc. sunt similare cu cele ale locomotivelor, vehiculelor ramelor de metrou, etc. rezolvarea problemelor automatizării flexibile a sudării subansamblelor de vagon conduce implicit la rezolvarea automatizării fluxurilor subansamblelor în cauză a tuturor vehiculelor feroviare.

Automatizarea proceselor tehnologice de sudare a subansamblelor de vehicule feroviare conduce la:

- creșterea productivității muncii prin anularea/reducerea numărului operatorilor umani implicați în această activitate;

- îmbunătățirea calității sudurilor executate, eliminându-se efectele negative posibile ale nepriceperii/ indisciplinei tehnologice a operatorilor umani;

- îmbunătățirea condițiilor de muncă ale operatorilor umani care continuă să contribuie la realizarea procesului de fabricație;

- flexibilitatea proceselor tehnologice de sudare a subansamblelor de vehicule feroviare-alături de flexibilitatea altor procese tehnologice de fabricație a acestor vehicule-conduce la:

- accelerarea introducerii în fabricație a unor noi produse;

- scurtarea timpului de răspuns la cerințele formulate de clienți față de produse noi, respectiv modificarea parametrilor produselor existente;

- creșterea capacității de execuție rapidă la oscilațiile de conjuncturi;

- optimizarea rezolvării conflictelor de genul:

- capacitate de livrare \longleftrightarrow stoc;

- scurtarea timpului de parcurgere a unui produs \longleftrightarrow utilizarea optimală a capacităților de producție;

- minimizarea cheltuielilor legate de schimbarea produselor / parametrilor produselor.

Utilizarea proceselor tehnologice automatizate flexibil conduce la realizarea a mai multe alternative economice de fabricație, între cele două variante extreme obișnuite până acum și anume:

- **producția în serii mari**, favorabilă ca și cheltuieli dar rigidă și

- **fabricația individuală respectiv limitată ca volum**, scumpe, dar flexibilă.

Alegerea mijloacelor de producție pentru sistemele de fabricație flexibile automate se va face ținând seama de necesitatea realizării a:

- duratei de timp de readaptare și costuri mici;
- duratei de timp scurte la schimbarea produselor;
- reacții definite în timp și conținut la schimbările pieței;
- reducerii costurilor de informare și organizare;
- unui grad înalt de utilizare a instalațiilor tehnologice de fabricație;
- unei fabricații cu cât mai puține persoane de deservire în schimburile 2 și 3;
- reducerii activităților de control;
- evitării repetării unor operații manuale monotone;
- unei fiabilități ridicate în ciuda numeroaselor readaptări;
- unor cheltuieli de fabricație competitive și la mărimile de loturi mai mici.

Cu cât se ating mai multe din aceste scopuri, cu atât mai mare este eficiența întreprinderii respective în cadrul unei competiții crescute pe piață.

Din analiza exemplurilor tratate în capitolele precedente (cu o singură excepție) rezultă că automatizarea flexibilă a fabricației subansamblelor sudate din componența vehiculelor feroviare nu s-a făcut pe baza unui studiu amănunțit, numitorul comun în toate întreprinderile constructoare de vehicule feroviare constând doar în înlocuirea procedeelelor de sudare manuală cu procedee semimecanizate și mecanizate.

Majoritatea încercărilor de automatizare au eșuat din motive mai mult subiective decât obiective, după cum ar fi:

- pregătirea necorespunzătoare a componentelor: dimensional componentele nu s-au încadrat în câmpul de toleranță stabilit și calitatea suprafețelor pieselor de asamblat prin sudare a fost necorespunzătoare, prezentând oxizi, pete de uleiuri și alte impurități;

- montarea componentelor și a subansamblelor cu abateri mai mari decât cele prevăzute în desenele de execuție;

- mijloacele de fabricație (utilajele) folosite în sistemele automate nu erau suficient de adaptive și flexibile;

- multe modificări minore ale produsului au condus deseori la abandonarea instalației automate și trecerea la sudarea manuală sau semimecanizată;

- reacția negativă a operatorilor umani, (incluzând câte o dată și cadrele de conducere) la locurile de muncă respective;

- lipsa fondurilor pentru re tehnologizarea în “amonte” de sistemul automatizat pe fluxul tehnologic (de exemplu introducerea unor linii de sablare a tablelor, profilelor, a unor utilaje de debitare / prelucrare mai productive și mai precise etc.)

- amortizarea costurilor instalațiilor într-un interval de timp neeficient;

- superficialitatea lucrărilor de întreținere a instalațiilor automate, cea ce a condus la defectarea prematură a unor subansamble care se repară greu sau a cărei înlocuire reclamă fonduri însemnate.

Din analiza efectuată a rezultat că doar în întreprinderile producătoare de vagoane din Europa de Vest sunt în funcțiune celule robotizate de sudare pentru scopuri limitate și bine determinate, numărul exemplarelor subansamblelor de sudat fiind în general mare. Aceste subansamble, pe lângă faptul că intră în componența unor vagoane, se fabrică și ca piese de schimb pentru diferite societăți de căi ferate

(cadre de boghiu, suportți de arc, tampon, longeron, traversă de boghiu, etc.). În majoritatea cazurilor celulele amintite cuprind roboți industriali evoluți, adaptivi, cu fiabilitate ridicată. Prin realizarea unor perfecționări celulele în cauză se pot transforma în sisteme flexibile robotizate de sudare.

După părerea autorului, este necesară soluționarea următoarelor probleme pentru a realiza o automatizare flexibilă robotizată a fabricației subansamblelor ansamblelor sudate din construcția de vehicule feroviare:

- elaborarea unor tehnologii de grup de montare-sudare, analizându-se în prealabil întregul flux de fabricație;
- elaborarea unor tehnologii performante din punct de vedere a calității suprafețelor și dimensional, de pregătire a componentelor care urmează a fi asamblate;
- stabilirea cerințelor de adaptivitate a proceselor de sudare utilizate;
- stabilirea cerințelor de flexibilitate a proceselor de sudare în construcția de vehicule feroviare;
- stabilirea corelațiilor necesare între precizia de situare a dispozitivului de lucru a celorlalte elemente periferice ale robotului și proprietățile senzorilor cu care este echipat aceasta din urmă;
- conceperea dispozitivelor periferice ale celulei robotizate astfel ca să asigure o productivitate ridicată a muncii și să elimine efortul fizic și psihic al operatorului uman;
- sinteza structurală optimală a sistemelor de asamblare prin sudare a subansamblelor vehiculelor feroviare;
- concepția optimală a ciclogramelor sistemelor de asamblare prin sudarea subansamblelor vehiculelor feroviare;
- conceperea planurilor de amplasament optimale ale sistemelor de asamblare prin sudare a subansamblelor vehiculelor feroviare;
- elaborarea unei strategii de implementare a celulei flexibile robotizate proiectate.

Teza de doctorat are ca obiectiv să rezolve problemele enumerate mai sus, atât la nivelul conceptului teoretic, cât și la nivelul practic, prezentând realizările concrete din cadrul întreprinderii ASTRA VAGOANE Arad concepute de autor și ale căror realizare a fost condusă de el.

Cap.4.CONTRIBUȚII LA ELABORAREA UNOR PROCESE TEHNOLOGICE DE ASAMBLARE PRIN SUDURĂ DE GRUP

4.1.INTRODUCERE

Conținutul principal al pregătirii tehnologice a fabricației constă din proiectarea proceselor tehnologice a întregului echipament tehnologic necesar, precum și în executarea acestuia din urmă.

Procesul tehnologic elaborat trebuie să asigure, pe lângă realizarea unei fabricații care să satisfacă condițiile tehnice și îndeplinirea ritmului de fabricație planificat, și respectarea unui nivel ridicat al indicilor tehnico-economici ai producției și în primul rând al indicilor de productivitate a muncii și ai prețului de cost.

De calitatea elaborării proceselor tehnologice și a formelor de organizare a fabricației depinde în mare măsură și durata ciclului de producție.

Proiectarea proceselor tehnologice se realizează de regulă în diferite variante, care se deosebesc între ele prin natura utilajului folosit, respectiv conținutul și ordinea operațiilor de efectuat. La alegerea unei anumite variante, trebuie să se aibă în vedere posibilitățile de realizarea fabricației respective și încărcarea utilajelor folosite, iar pe această bază să se treacă la elaborarea detaliată a proceselor celor mai raționale.

Munca tehnologului nu se poate rezuma numai la întocmirea fișelor tehnologice și la proiectarea utilajului. Este necesară rezolvarea unui întreg complex de probleme tehnico-economice, legate atât de procesele tehnologice cât și de organizarea fabricației.

Toate acestea necesită reexaminarea principală a metodelor de pregătire a fabricației și în special, a celor de elaborare a proceselor tehnologice.

La multe întreprinderi practica pregătirii fabricației se reduce la următoarele:

a.) Conducătorii serviciilor sau birourilor tehnologice, după ce obțin desenele constructive ale noului produs, le grupează fie pe subansamble, fie din punct de vedere al complexității constructive și tehnologice și le transmit colaboratorilor tehnologi în vederea elaborării procesului tehnologic, ținând seama de calificarea executanților.

b.) La proiectarea proceselor tehnologice, tehnologii nu se conduc după o anumită metodologie, elaborată în prealabil, care să asigure sistematizarea acestora ci le concep individual pentru fiecare piesă concretă în parte. La elaborarea proceselor , tehnologii pornesc de obicei de la experiență personală și de la cunoștințele concrete pe care le posedă. De foarte multe ori ei nu folosesc în mod complet procesele tehnologice elaborate anterior și verificate în practică, precum și utilajul realizat

pentru execuția acestora. De aceea se proiectează procese diferite pentru piese identice sau similare din punct de vedere al formei, ceea ce dă naștere unei documentații tehnologice voluminoase și la consumuri mari de timp și de fonduri pentru proiectarea și executarea diferitelor dispozitive și scule.

Necesitatea realizării unui anumit volum de lucru pentru proiectarea și fabricarea echipamentului influențează durata ciclului de pregătire a producției și termenul de lansare în fabricație a noilor produse; adeseori, produsele intră în fabricație înaintea de a fi terminată complet pregătirea fabricației.

Pentru tipurile de producție individuală și de serie, în întreprinderi s-a înrădăcinat o anumită practică de proiectare a echipamentului special.

Din cauză că la elaborarea individuală a procesului tehnologicul prescrie în mod arbitrar utilizarea echipamentului, iar proiectantul, la rândul său, proiectează și el, în marea majoritate a cazurilor, tot arbitrar acest echipament, se crează o varietate mare de dispozitive speciale, execuția cărora necesită mari cheltuieli ținând seamă de faptul că la multe întreprinderi produsele se schimbă frecvent. Un asemenea echipament, de o specializare prea restrânsă, se dovedește nedurabil și se scoate din producție în majoritatea cazurilor o dată cu încetarea fabricației produselor pentru care a fost conceput.

De multe ori, se utilizează dispozitive care necesită consumuri mari de timp pentru așezarea și prinderea pieselor astfel se reduce coeficientul de folosire al utilajului.

Pentru ca în condițiile producției individuale și de serie mică să se poată rezolva problema echipării la maximum a proceselor tehnologice cu dispozitive de înaltă productivitate, trebuie să se găsească modalitățile care să permită folosirea multilaterală a experienței producției de masă.

Această problemă poate fi rezolvată în special prin realizarea continuității proceselor tehnologice de la produs la produs, precum și pe seama continuității în privința utilizării echipamentului tehnologic, prin introducerea echipamentului universal și de grup.

O problemă de importanță mare este cea a folosirii complete și multilaterale a utilajului. La elaborarea proceselor tehnologice și la proiectarea echipamentului trebuie să se examineze în același timp și problemele modernizării utilajului existent.

Pentru a reduce substanțial normele de timp unitar și pentru a obține progres în ceea ce privește productivitatea muncii, trebuie să se tindă la o reducere importantă a timpului auxiliar. În acest scop au fost create pentru diferite tipuri de utilaje în ultimii ani multe dispozitive de mecanizare, automatizare sau/și cu acțiune rapidă.

Procese tehnologice de grup trebuie să obțină o utilizare cât mai largă și să aibă rolul principal în condițiile producției de serie și individuală.

4.2. TIPIZAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE ȘI TEHNOLOGIILE DE GRUP

Tipizarea proceselor tehnologice constituie calea către transformarea tehnologiei construcției de mașini într-o știință. Ideea de tipizare, bazată pe

“clasificarea proceselor tehnologice” folosită în mod corect, poate juca un rol important în perfecționarea metodelor de proiectare a proceselor tehnologice.

La baza tipizării proceselor tehnologice stă clasificarea pieselor de prelucrat, adică gruparea lor pe clase, grupe și tipuri.

După [MIT 62] clasa este subdiviziunea cea mai generală a clasificării: “clasă se numește totalitatea pieselor care se aseamănă prin caracterul comun al problemelor tehnologice rezolvate în condițiile unei anumite forme a acestor piese”.

Înăuntrul clasei piesele se împart în subclase, mai ales din punct de vedere al gabaritelor. Această divizare se poate face până când se obțin piese ale căror procese tehnologice sunt apropiate. Pe această cale apare noțiunea de “tipuri de piese”.

Prin tip se înțelege totalitatea pieselor dintr-o clasă care, în aceeași condiții de producție, au un plan comun de prelucrare a principalelor suprafețe, adică care suferă operații de același gen.

Scopul final al clasificării pieselor este stabilirea tipurilor de piese, iar elaborarea proceselor tehnologice tip urmărește sistematizarea proceselor tehnologice pentru piesele de același tip. Procesul tehnologic se elaborează pentru fiecare tip dat de piesă. Schema unei astfel de clasificări este reprezentată în fig.4.1.

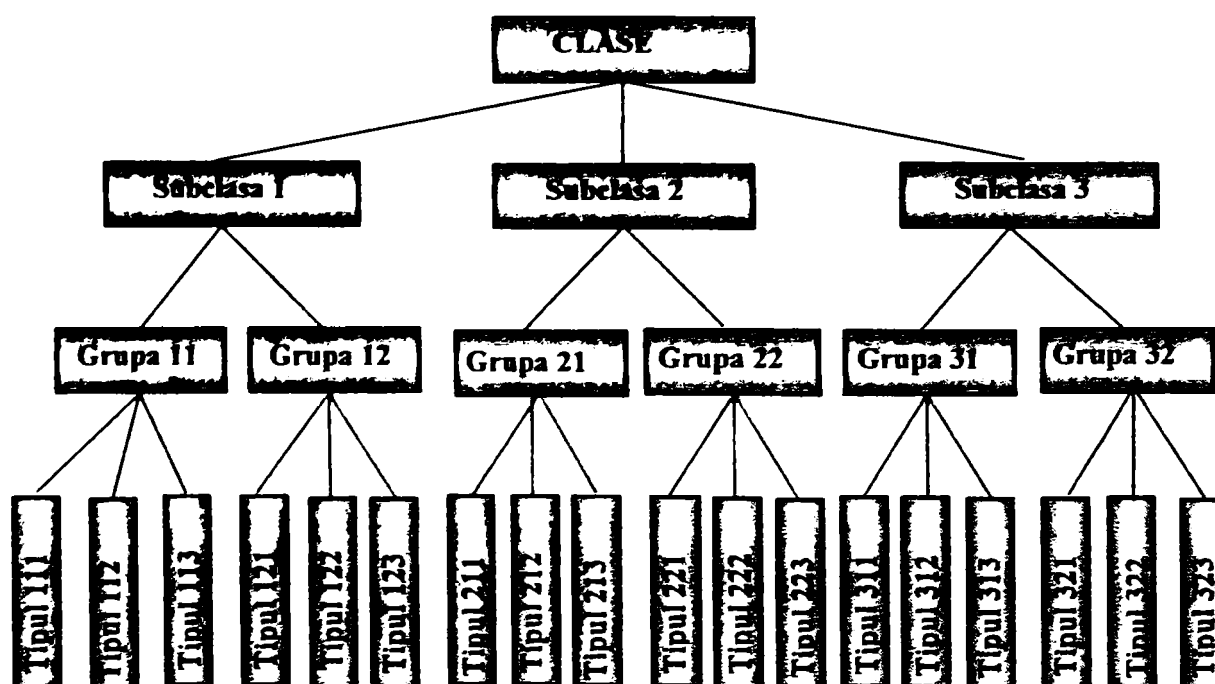


Fig. 4.1. Schema clasificării pieselor și tipizarea pieselor din punct de vedere tehnologic.

Majoritatea tehnologilor consideră că, la baza clasificării trebuie să stea piesa de prelucrat, deoarece ea este factorul central al procesului tehnologic, iar tehnologia ca știință trebuie să plece de la clasificarea pieselor și a proceselor de fabricație a acestora.

Alți tehnologi consideră că, înainte de a trece la tipizarea proceselor tehnologice pentru piese similare, este rațional să se elaboreze normative tehnologice de prelucrare a suprafețelor elementare. Se propune ca la început să se determine varianta de tip de prelucrare a suprafețelor elementare, iar din combinarea cărora se

pot obține apoi, procesele tehnologice de prelucrare ale oricărei piese privită în ansamblu.

Practica a arătat însă, că majoritatea întreprinderilor care au încercat să introducă tipizarea proceselor tehnologice au mers pe linia clasificării piselor și proceselor și nu pe cea a clasificării suprafețelor elementare.

Această problemă a fost rezolvată pe căile cele mai diferite, unii au creat clasificatoare foarte complexe, unde fiecare grupă de tipuri primește un anumit număr, iar în alte întreprinderi s-a adoptat sistemul zecimal.

Din cauză că problema tipizării problemelor tehnologice n-a fost studiată în continuare în mod științific, în multe întreprinderi tehnologii s-au mulțumit să elaboreze procese tehnologice tip numai pentru anumite piese mai frecvent fabricate, ca de exemplu: roți dințate, bucșe, fusuri, șaibe, etc. În asemenea condiții întreprinderile respective n-au obținut rezultatele economice așteptate de la introducerea tehnologiei tip, în timp ce sistemul de clasificare greoi și voluminos consuma foarte mult timp și forțe pentru elaborarea și punerea la punct a fabricației.

În plus, la schimbarea frecventă a sortimentului de produse sistemul adoptat s-a dovedit neelastic, căci procesele tip elaborate nu erau utilizabile într-o serie de cazuri la fabricația unui nou obiect.

Procesele tehnologice de grup reprezintă evoluția ideii de tipizare a proceselor tehnologice și constituie una din noile variante care permit să se rezolve în mod complex o serie de probleme și să se asigure întroducerea bazelor științifice în munca de elaborare a proceselor tehnologice de organizare a pregătirii fabricației, în condițiile desfășurării ei cu caracter individual și de serie.

4.3. BAZELE METODEI DE CONCEPERE A PROCESELOR TEHNOLOGICE DE GRUP

4.3.1. Considerații generale

Caracterul flexibil al procesului tehnologic impune obiectele de lucru care se prelucrează în sistem să fie grupate de așa manieră ca să existe o înrudire între acestea. Dacă obiectele de lucru sunt grupate, există posibilitatea ca să se elaboreze un proces tehnologic pentru fiecare obiect de lucru în parte ca și cazuri particulare a procesului elaborat pentru grupa întreagă. Un asemenea proces unitar pentru un grup de piese se cheamă proces tehnologic de grup sau tehnologie de grup.

Tehnologiile de grup constituie elementele fundamentale din punct de vedere tehnologic a funcționării sistemului flexibil de fabricație.

Se urmărește crearea unei metodologii de elaborare a proceselor tehnologice și de proiectare a echipamentului cu reglaje raționale astfel încât să asigure o cât mai scurtă durată de pregătire tehnologică a fabricației.

În acest scop, trebuie să se treacă de la elaborarea proceselor tehnologice individuale pentru anumite obiecte de lucru, la conceperea unor procese tehnologice pentru grupe de piese.

Conceperea proceselor tehnologice de grup bazate pe generalizarea și sistematizarea experienței înaintate, impune:

- să se elimine varietatea nejustificată a proceselor tehnologice practicate;
- să se înlocuiească procesele tehnologice învechite cu unele înaintate folosite în fabricația de serie mare și de masă;
- să se asigure introducerea unor echipamente tehnologice de înaltă productivitate, cu posibilități de schimbare ușoară a reglajului și să se creeze premisele pentru modernizarea și automatizarea eficace a utilajelor respective.

Condiția obligatorie pentru rezolvarea a acestor probleme este sporirea numărului obiectelor cuprinse în seria de fabricație. Există două căi de mărire a loturilor:

a.) tipizarea și unificarea constructivă a pieselor și subansamblelor de mașini și aparate cu care trebuie să se ocupe în mod sistematic și temeinic constructorii și colaboratorii serviciilor de tipizare și standardizare;

b.) tipizarea și unificarea proceselor tehnologice, a elementelor lor componente, precum și a întregului echipament tehnologic; această lucrare trebuie să fie efectuată de serviciile tehnologului șef pe baza folosirii principiilor proceselor tehnologice de grup.

Ambele căi menționate se completează reciproc și trebuie să fie utilizate concomitent.

În condițiile fabricației de serie mică, sporirea loturilor permite să se utilizeze metodele și tehnica producției de serie mare și de masă și ca urmare ridicarea simțitoare a productivității muncii și reducerea prețului de cost al produselor.

Metoda tehnologiilor de grup este bazată pe clasificarea unor asemenea obiecte de lucru (cu divizarea în grupe) pentru a căror prelucrare sunt necesare utilaje de același tip, dispozitive comune, precum și reglaje comune ale mașinilor unelte.

Procesul tehnologic de grup se poate utiliza atât la operații izolate cât și la executarea completă a unei grupe de obiecte de lucru, având o ordine a operațiilor comună.

Procesul tehnologic de grup permite utilizarea pe scară largă a dispozitivelor și reglajelor de grup pentru grupe de obiecte de lucru, ceea ce reduce mult tipurile și numărul utilajelor necesare.

Pe această cale, devine posibilă modernizarea utilajului, astfel încât să răspundă cât mai complet necesitățile procesului tehnologic de grup. În același timp prin modernizarea se obțin rezultate economice importante. În multe cazuri, se crează premise pentru utilizarea unor echipamente tehnologice complexe de mare productivitate.

Procesele tehnologice de grup crează premise pentru introducerea în producție de serie a liniilor de fabricație (în flux) de grup, precum și a liniilor de fabricație automate de grup.

După acumularea unui material și a unei experiențe suficiente, procesele tehnologice de grup pot fi întocmite sub formă de “modele” în care pentru orice

obiect de lucru nou se introduc doar particularitățile dimensionale și de precizie ale acesteia.

Introducerea pe scară largă a proceselor tehnologice de grup simplifică planificarea încărcării utilajului și sporește nivelul general de conducere operativă a producției reducând în același timp ciclul de pregătirea a fabricației.

Introducerea pe scară largă a proceselor tehnologice de grup necesită efectuarea unor lucrări, pregătitoare, care cuprind:

1. clasificarea (gruparea) obiectelor de lucru
2. elaborarea procesului tehnologic pentru grupele de obiecte de lucru
3. proiectarea dispozitivelor de grup și a fișelor de reglaj grup pentru scule.
4. modernizarea utilajului și crearea de echipamente tehnologice specializate.
5. organizarea fluxului de fabricație de grup.

4.3.2. Clasificarea (gruparea) pieselor

Spre deosebire de schemele de clasificare utilizate la tipizarea proceselor, la metoda proceselor tehnologice de grup s-a luat la bază principiul clasificării pieselor din punct de vedere al felului de prelucrare, adică se crează clase de obiecte de lucru prelucrate cu ajutorul unor anumite echipamente tehnologice.

În limitele fiecărei clase, obiectele de lucru se impart în grupe.

Scopul principal al clasificării este determinarea grupelor de obiecte de lucru pentru a căror prelucrare este necesar același tip comun de echipament tehnologic identic și un reglaj comun al acestuia. Grupa este unitatea tehnologică de bază.

La crearea grupelor se iau în considerare:

- gabaritele obiectelor de lucru, deoarece ele determină dimensiunile echipamentelor utilizate pentru fabricarea lor;
- forma geometrică, adică caracterul comun al elementelor ce alcătuiesc forma obiectului de lucru;
- caracterul comun al suprafețelor supuse prelucrării;
- precizia și netezimea suprafețelor de prelucrat;
- utilizarea semifabricatelor de aceeași natură;
- seria de fabricație;
- economicitatea procesului.

În fig.4.2. este prezentată schema clasificării pieselor din punct de vedere al felurilor de prelucrare, cu divizarea lor finală pe grupe.

Din schemă fig.4.2 se vede că , într-un caz, apar grupe de piese cu un ciclu de prelucrare care începe și se termină pe același tip de utilaj, iar în celălalt caz, grupe cu ciclu de prelucrare neîncheiat, în care intră piesele ce se prelucrează împreună la o operație, pe când celelalte piese intră în alte grupe sau se execută după procese individuale.

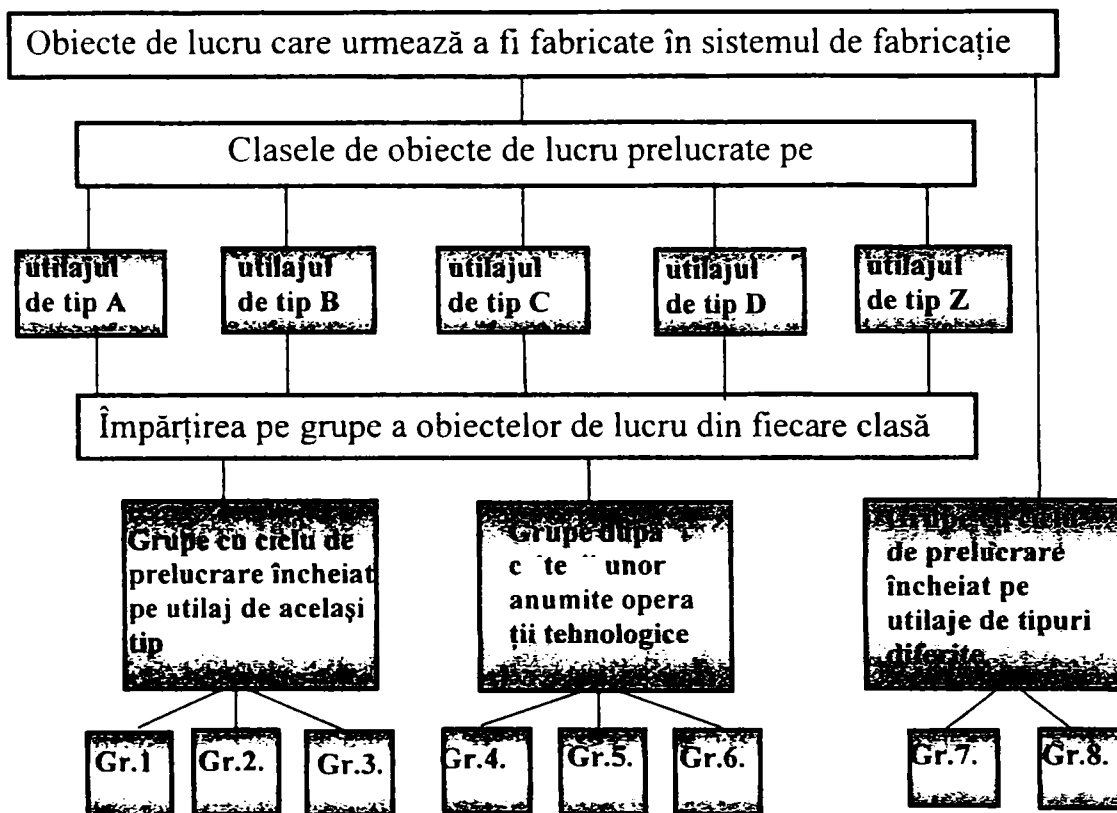


Fig.4.2. Schema clasificării în cazul tehnologiei de grupe a obiectelor de lucru.

Este posibil și un al treilea caz, când obiectele de lucru din grup au un proces comun multioperațional încheiat, care se execută pe utilaje de tipuri diferite.

În primul și al treilea caz, prelucrarea obiectelor de lucru se execută de obicei pe utilaje amplasate în ordinea succesiunii operațiilor, folosindu-se la fiecare operație dispozitive de grup și reglaje de grup care permit, după o completare neînsemnată a reglajului, să se prelucereze în loturi orice obiect de lucru din grupa respectivă. În acest fel se crează condiții favorabile pentru introducerea fluxurilor de grup.

Utilizarea proceselor tehnologice de grup pentru anumite operații (cazul al doilea) ridică nivelul și productivitatea locurilor de muncă la care se execută.

Trecerea de la procesele tehnologice individuale la cele de grup și sporirea seriei de fabricație, determinată de aceasta, lărgeste posibilitatea mecanizării și automatizării a proceselor de fabricație în industria constructoare de mașini și aparate.

După cum se vede din fig.4.3. obiectivele mecanizării și automatizării sunt în ordinea complexității următoarele:

1. operații de grup;
2. liniile (fluxurile) de grup;
3. liniile automate de grup.

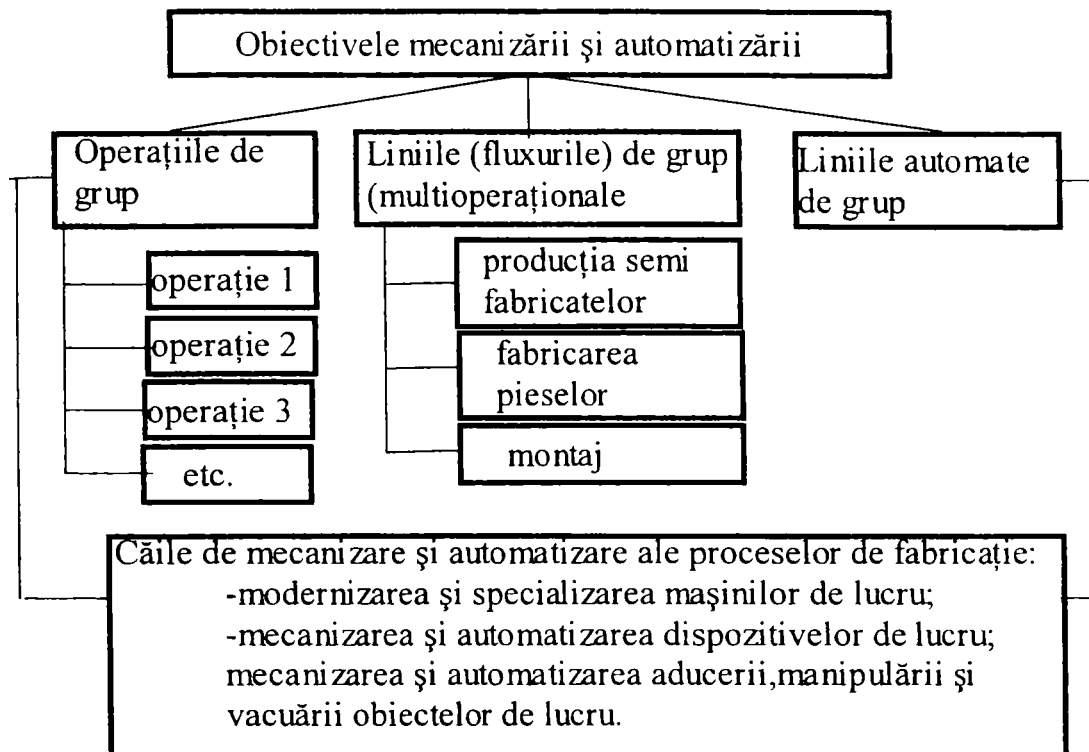


Fig.4.3.Schema structurală a mecanizării și automatizării în cazul proceselor tehnologice de grup.

4.3.3.Elaborarea procesului tehnologic de grup

După clasificarea pieselor și formarea grupelor, se pornește la elaborarea procesului tehnologic de grup.

Tehnologia de grup este o formă de organizare a proiectării tehnologice pentru formarea de familii de piese cu caracteristici de proiectare și cerințe de prelucrare similară. [DOL 69]

Ea constituie baza abordării prelucrării în cadrul sistemelor de fabricație flexibile, pentru că permite rentabilizarea fabricației de serie mică/individuală, reducerea timpului de reglare a sculelor, mărirea loturilor de piese, inventar de produse neterminate mai mică, scurtarea ciclului de fabricație.

Metoda de formare a grupelor (familiilor) de piese duce și la creșterea capacității productive a sistemelor de fabricație flexibile prin scurtarea timpului de pregătire a sistemului pentru o nouă comandă.

Procesul de fabricație trebuie să permită prelucrarea oricărei obiect de lucru din grup, fără abateri importante de la schema tehnologică comună.

Rezolvarea acestei probleme se ușurează prin faptul că încă de la clasificare s-a ținut seama de metodele posibile de prelucrare a fiecărui obiect de lucru, adică s-a determinat utilajul, iar într-o serie de cazuri și ordinea de prelucrare care să permită obținerea obiectului finite sau a unora suprafețele sale geometrice.

La elaborarea proceselor tehnologice de grup, se pornește de la următoarele principii de bază:

a.) ordinea adoptată pentru operațiile tehnologice, în cazul unui proces sau al unor treceri cu traseu de grup, pentru o operație de grup, trebuie să asigure

prelucrarea oricărui obiect de lucru din grup în conformitate cu desenul de execuție și condițiile tehnice;

b.) utilajul tehnologic trebuie să fie de grup, proiectat pentru executarea oricărui obiect de lucru din grup;

c.) utilajul folosit trebuie să permită o prelucrare de înaltă productivitate, cu cheltuieli minime pentru reglaj, în vederea prelucrării unui lot de piese.

Elaborarea proceselor tehnologice de grup nu trebuie făcută în mod mecanic (după șablon), orientându-se de la caz la caz numai după cunoștințele proprii și experiența uzinei. Elaborarea procesului tehnologic de grup necesită rezolvarea sistematică a unei serii de probleme generale, care determină în continuare mersul elaborării.

Stabilirea tehnologiei de grup presupune formarea unei familii de obiecte asupra cărora în timpul procesului de fabricație se operează cu operații înrudite de lăcătușerie, de așchiere, de asamblare demontabilă și nedemontabile etc.

Obiectele de lucru componente ale grupe se impart în corpuri geometrice de bază, secundare, terțiare, etc. Piesă ideală se compune astfel încât el să conțină toate corpurile simple măcar o dată. Procesul tehnologic, dispozitivele de lucru și cele de manipulare se concep pentru piesa ideală.

Fiecare element al mulțimii instituie grupa este un caz particular al piesei ideale, el obținându-se din piesa ideală prin eliminarea unora din corpurile geometrice conținute în piesa ideală. În fig.4.4. se prezintă modul de elaborare a unei piese ideale pentru un grup de 3 obiecte de lucru ce urmează a fi prelucrate prin

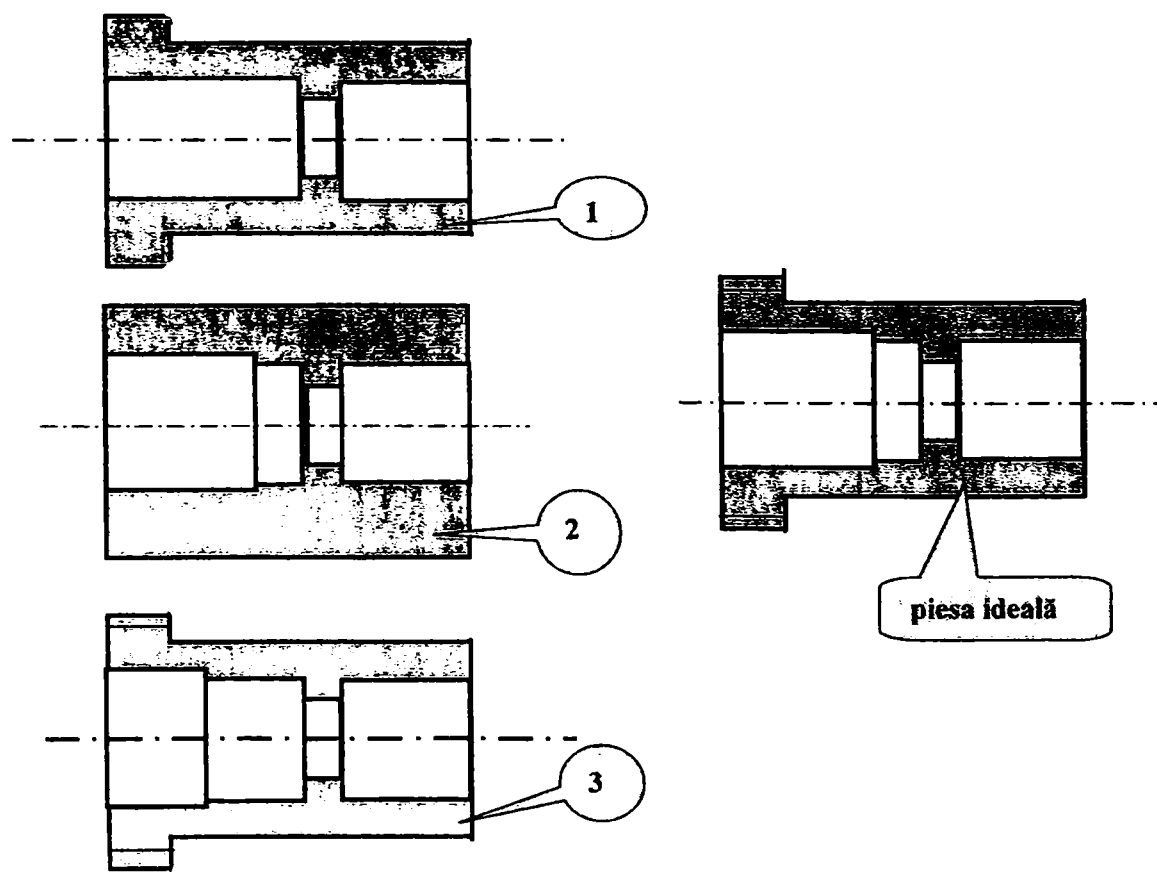


Fig.4.4. Elaborarea piesei ideale pentru tehnologia de grup de prelucrare prin așchiere.

așchiere, iar în fig.4.5. modul de elaborare a unei piese ideale pentru un grup de 3 obiecte de lucru care urmează să fie asamblate prin sudare.

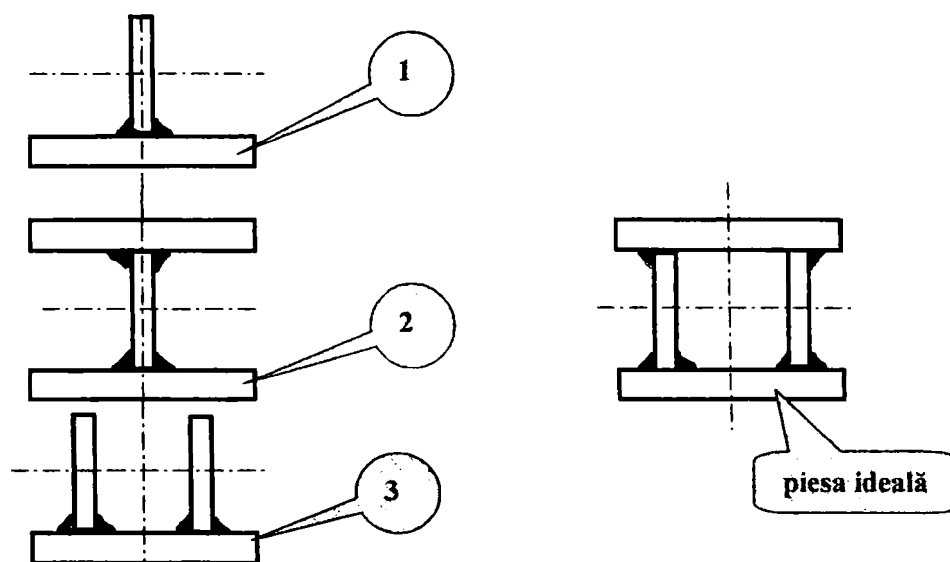


Fig.4.5. Elaborarea piesei ideale pentru tehnologii de grup în domeniul sudurii

Fiecare proces tehnologic de fabricație a unei piese concrete este un caz particular al procesului de fabricație a piesei ideale din care vor lipsi anumite operații.

Fiecare dispozitiv de lucru sau de manipulare, pentru fabricarea unui obiect de lucru particular se obține prin eliminarea unor părți componente ale dispozitivelor concepute pentru piesa ideală sau reglarea anumitor elemente ale acestor dispozitive.

Programul de comandă pentru mașina de lucru respectiv robotul industrial sunt programele elaborate pentru piesa ideală particularizate prin eliminarea unor subprograme.

În continuare se prezintă modul de stabilire a structurii, unui sistem de fabricație care utilizează tehnologii de grup.[GRI 99]

S-a arătat mai sus conceptul de tehnologie de grup care se bazează și pe împărțirea noțiunilor cu care lucrează în:

- celule de mașini de lucru (CM)
- grupe (familii) de obiecte de lucru (GP)

Fie matricea de incidență $b_{i,j}$ unde pe coloane sunt cuprinse de exemplu 6 tipuri de piese (care fac parte din același familie) pe linii sunt cuprinse cele 6 mașini de lucru la care se pot prelucra aceste piese.

$$b_{i,j} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4.1)$$

Matricea b_{ij} se deduce din tehnologia de prelucrare a fiecărei piese în parte, elementele matricii b_{ij} sunt:

- 1 dacă piesa j se execută la mașina i
- 0 dacă piesa j nu se execută la mașina i

Rearanjând liniile și coloanele matricii b_{ij} convenabil se obține matricea B_{ij}

$$\begin{array}{r}
 B_{i,j} = \begin{array}{c}
 \begin{array}{cccccc}
 & 6 & 1 & 5 & 3 & 2 & 4 \\
 \hline
 3 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 5 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 6 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 \hline
 2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\
 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\
 \hline
 & \text{grupa de} & \text{grupa de} \\
 & \text{piese} & \text{piese} \\
 & \text{GP-1} & \text{GP-2}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \quad \begin{array}{l}
 \text{Celula CM-1} \\
 \\
 \text{Celula CM-2}
 \end{array}
 \quad (4.2)$$

Observând submatricile matricii B_{ij} se observă faptul că obiectele de lucru din grupa GP-1 se prelucrează în celula CM-1, iar cele din grupa GP-2 în celula CM-2.

4.4.ELABORAREA UNOR TEHNOLOGII DE ASAMBLARE PRIN SUDURĂ DE GRUP

4.4.1.Introducere

Începând din anii 1960 s-a introdus în Intreprinderea ASTRA Vagoane din Arad sudarea mecanizată sub strat de flux a subansamblelor de vagoane. Datorită caracteristicilor specifice ale acestui procedeu și naturii structurilor sudate din componența vagoanelor marfă și călători extinderea sudurii mecanizate sub strat de flux este limitată.

La începutul anilor 1980 s-a introdus și extins sudarea semimecanizată în mediu de gaz protector CO_2 , crescând astfel simțitor productivitatea muncii.

Aceste procedee moderne nu au învins subiectivismul operatorului uman, respectiv gradul de mecanizare-automatizare al proceselor de sudare era destul de mic, preocupările s-au îndreptat spre depistarea locurilor unde sunt create condiții pentru automatizarea procedeelor de sudare.

În prima fază era necesar să se stabilească care dintre procedeele de sudare aplicate în construcția de vagoane vor fi automatizate. S-a ales primul procedeu datorită unor avantaje de necontestat a procedeuului de sudare în mediu de gaze protectoare față de sudarea sub strat de flux:

-arcul electric este descoperit, deci în timpul sudării se poate urmări arcul electric;

-capul de sudare este mai ușor, lipsește furtunul de conducere a fluxului;

-după sudare nu trebuie îndepărtată zgură de pe cordonul de sudură;

-pachetul de conductoare și furtune atașate capului de sudare este mai elastic și ușor decât în alte cazuri.

După stabilirea procedurii de sudare care se va aplica la automatizarea proceselor de îmbinare nedemontabile, s-a trecut la elaborarea tehnologiei de grup. Spre deosebire de cazul altor procese tehnologice, de exemplu așchiere, introducerea tehnologiei de grup în domeniul sudării necesită efectuarea unor lucrări mari pregătitoare :

a.) clasificarea, și gruparea subansamblelor;

b.) determinarea subansamblelor ideale;

c.) elaborarea procesului tehnologic de sudare;

d.) proiectarea instalațiilor automate sau/și a celulei de sudare robotizate;

e.) organizarea fluxului de fabricație de grup.

4.4.2. Clasificarea și gruparea subansamblelor de vagon

În cazul sudurii spre deosebire de procesele tehnologice de prelucrare prin așchiere nu se crează clase de piese prelucrate pe diferite utilaje.

La crearea grupelor se iau în considerare în primul rând gabaritele subansamblelor deoarece, ele determină dimensiunile instalațiilor automate și/sau robotizate și dimensiunile dispozitivelor necesare pentru manevrarea lor în timpul operației de sudare.

În plus, se iau în considerare următoarele:

-natura materialelor de bază care determină aplicarea procedurii MIG (Metal Inert Gas) sau MAG (Metal Activ Gas) respectiv compoziția gazului protector;

-forma geometrică, adică caracterul comun al elementelor geometrice care alcătuiesc subansamble;

-forma geometrică a îmbinărilor; ele pot fi linii drepte, frânte circulare sau linii curbe (arce de cerc de diferite forme);

-forma și dimensiunile rostului;

-seria de fabricație;

Pe baza principiilor de mai sus au fost studiate desenele de execuție a 40 de tipuri de vagoane marfă (de tip platformă, acoperite, descoperite, basculante, gondole, Hopper, cisterne transportat cereale, minereuri, bușteni, autoturisme, vagoane pe 2 osii, vagoane pe 4 osii, boghiuri, etc.). Din analiza efectuată au rezultat următoarele concluzii:

-în cadrul ansamblelor mari, de exemplu șasiu, boghiu, cutie, acoperiș, etc se găsesc foarte multe subansamble care sunt comune după denumire, rol funcțional, sunt foarte asemănătoare dimensional, constructiv, după formă, după calitatea materialelor componentelor și din punct de vedere al îmbinărilor sudate la diferite tipuri de vagoane;

-subansamblele amintite mai sus se întâlnesc câte 2÷8 buc/vagon;

-în ultimul timp un beneficiar nu cumpără mai mult de 100÷300 de vagoane de anumit tip; ca urmare pentru o anumită comandă numărul acestor subansamble este de 200÷2400 buc ceea ce nu justifică din punct de vedere economic proiectarea achiziționarea executarea și punerea în funcțiune a unei instalații automatizate și/sau robotizate de sudat;

-în cadrul aplicării tehnologiei de grup se prelucrează mai multe tipuri de subansamble fie din cadrul aceluiasi produs fie făcând parte din produse diferite; astfel dacă se iau în considerare doar 5 tipuri de subansamble înrudite seria de subansamble poate ajunge la 10000÷120000 buc/5 comenzi ceea ce face rentabilă investiția pentru o celulă de fabricație flexibilă; tehnologia de grup este prin excelență o tehnologie flexibilă.

Pe baza principiilor enunțate subansamblele extrase (anexele nr.1.÷nr.3) au fost grupate în trei grupe (familii) mari:

1.Grupa (familia) traverselor, longeroanelor intermediare a șasiurilor, boghiurilor ale căror lungime nu depășește lățimea vagoanelor , adică 3000mm.

2.Grupa (familia) longeroanelor laterale și centrale ale șasiurilor a căror lungime este cuprins între 4000-20000mm.

3.Grupa (familia) subansamblelor mici, de tip balamale, lagăre, tamponane la care cordoanele de sudură au în general formă circulară sau de arc de cerc

În fig.4.6.se prezintă câteva subansamble reprezentative din prima grupă, care sunt înrudite pe baza principiilor enumerate mai sus și pe baza lor s-a elaborat desenul de execuție a “subansamblului ideal”.

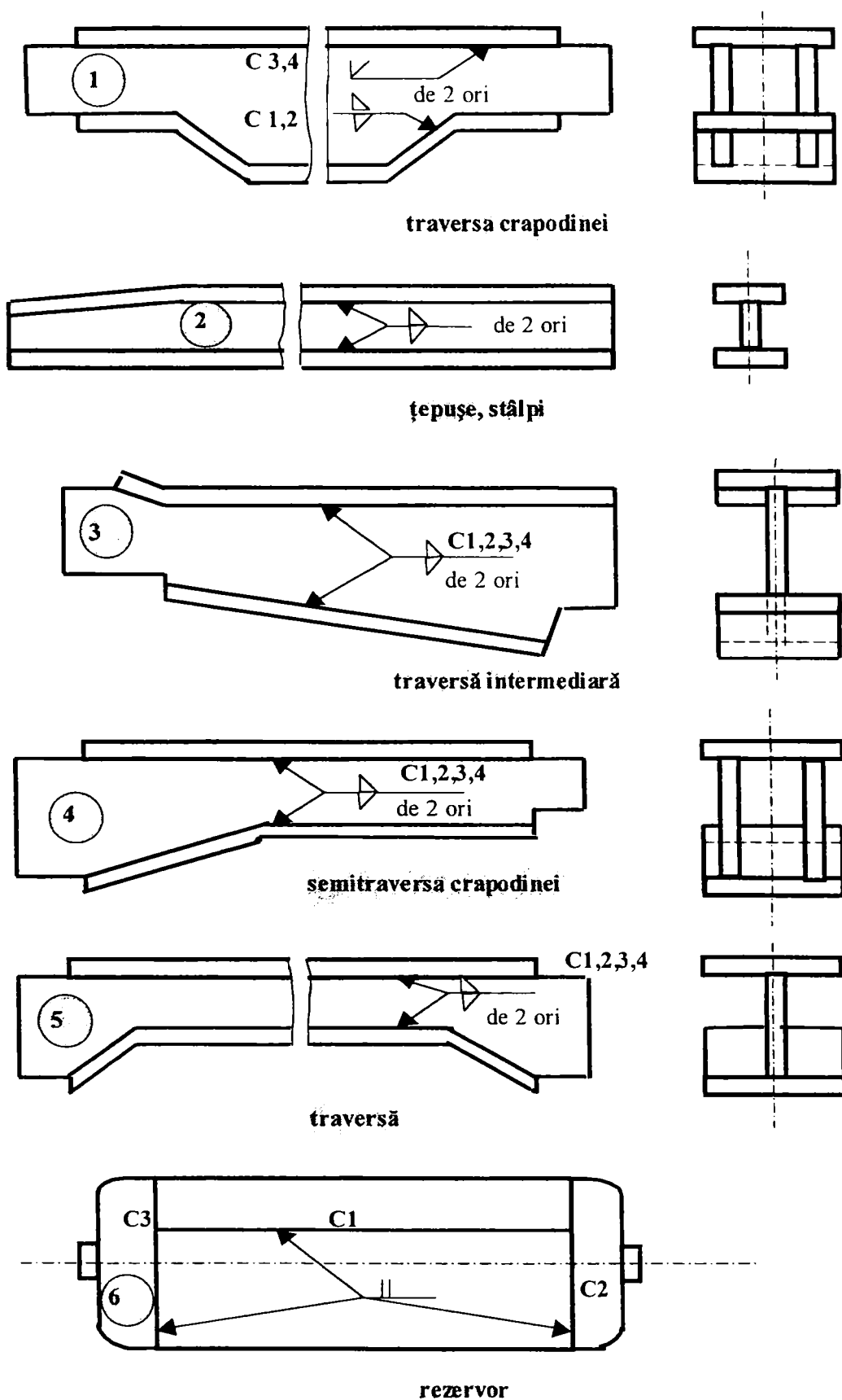


Fig.4.6. Subansamble aparținând primei grupe

Descrierea subansamblelor prezentate în fig. 4.6. se poate realiza în cuvinte sau sub formă matriceală. Pentru stabilirea valorii elementelor matricei este necesar atribuirea unor coduri valorice datelor caracteristice a subansamblelor. Aceste caracteristici sunt:

A.Materialul de bază. După principiile moderne de proiectare în cadrul unui produs, se evită pe cât posibil utilizarea unui număr mare de mărci de oțeluri diferite respectiv a unui număr mare de laminate de diferite dimensiuni, ceea ce crează dificultățile de aprovizionare, evidență, depozitare și permite elaborarea unor planuri de operații eficiente.

Din analiza efectuată în construcția de vagoane sunt exemplele prezentate în fig.4.6. extrase din anexa nr.1. a rezultat un număr restrâns de materiale de bază utilizate care sunt OL52.3.K; OL37.3.K; RCB 52-3; R510-6a.

În cadrul matricei de prezentare a subansamblului s-au acordat următoarele valori de cod caracteristicii material de bază (tabelul 4.1.)

Tabelul 4.1.Codificarea informației referitoare la materialul de bază

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii "Material de bază"
1	OL.52.3.K
2	OL.37.3.K
3	RCB.52-3
4	R510-6a.

Din tabelul 4.1. rezultă că atribuirile de valori de cod se pot extinde dacă apar și alte tipuri de materiale de bază în construcția subansamblelor din prima grupă (familie).

B.Forma geometrică a secțiunii subansamblelor. Secțiunea transversală a subansamblelor are formă de profil I, sudat din table laminate, de cheson sudat din profile sau table laminate și formă cilindrică. În general lungimea acestor subansamble este de la 3 ori până la 20 ori mai mare decât cele două dimensiuni a secțiunii transversale (lățime, înălțime) Grosimea componentelor este identică sau poate fi diferită până la diferențe de două ori. În fiecare caz inimile sunt confecționate din laminate mai subțiri decât tăpile.

În cadrul matricei de prezentare a subansamblului pentru caracteristică forma geometrică se atribuie coduri valorice conform tabelului 4.2.

Tabelul 4.2.Codificarea informației referitoare la forma geometrică a secțiunii subansamblelor

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii "Forma geometrică a secțiunii subansamblului"
1	Secțiune transversală tip I
2	Secțiune transversală tip cheson
3	Secțiune transversală tip cilindric

C.Forma geometrică a îmbinării. Îmbinarea poate avea ca formă linii drepte, linii frânte, linii curbe sau circulare.

Îmbinările având primele trei forme geometrice pot fi realizate de robotul industrial; dacă lungimea lor depășește spațiul de lucru al robotului industrial acesta se montează pe un modul de translație lungă a cărei cuplă cinematică de translație conducătoare este comandat ca o axă a robotului industrial.

Pentru realizarea cordoanelor circulare perpendiculare pe axa subansamblului este necesară o cooperare între robotul industrial și masa de poziționare-orientare pe care este fixat dispozitivul de lucru care conține subansamblul. În acest caz viteza de sudare este realizată de masa de poziționare-orientare care va avea un sistem de acționare care să asigure realizarea gamei de turații necesare acoperirii gamei vitezelor de sudare pentru toate subansamblele din această grupă (familie).

În cadrul matricei de prezentare a subansamblului s-au acordat valori de cod caracteristicii de formă geometrică a îmbinării conform tabelului 4.3.

Tabelul 4.3.Codificarea informației referitoare la forma geometrică a îmbinării

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii "Forma geometrică a îmbinării".
1	Cordon de sudură în linie dreaptă
2	Cordon de sudură în linie frântă
3	Cordon de sudură în linie curbă
4	Cordon de sudură circulară

D.Forma rostului de sudură. Îmbinările sudate pot fi executate cu sudură cap la cap respectiv de colț. Acestea la rândul lor pot fi cu prelucrare sau fără prelucrare în funcție de grosimea componentelor și de felul solicitărilor la care sunt expuse (fig.4.7.)

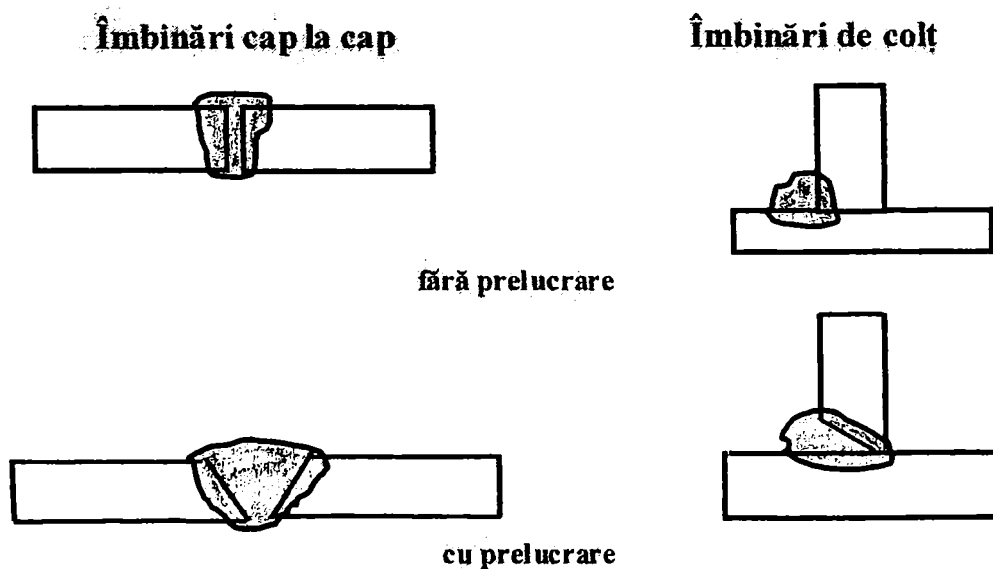


Fig.4.7. Formele ale rostului de sudare

În cadrul matricei de prezentare a subansamblului se vor acorda valori de cod a caracteristicii de forma a rostului de sudare conform tabelului 4.4.

Tabelul 4.4.Codificarea informației referitoare la forma rostului de sudare

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii "Forma rostului de sudare".
1	Îmbinare de colț fără prelucrare
2	Îmbinare de colț cu prelucrare
3	Îmbinare cap la cap fără prelucrare
4	Îmbinare cap la cap cu prelucrare

E.Suprafața de așezare Subansamblele sunt alcătuite din componente (reper) confecționate din tablă sau profile laminate montate și prinse cu sudură înainte de a se introduce în dispozitive de lucru de sudare.

De regulă ca suprafața de așezare în dispozitiv se alege una din tălpile subansamblului. În cazul stâlpilor pereților laterali sau a țepușelor din motive tehnologice de sudare se aleg ca suprafețe de așezare cele două capete ale inimii stâlpului.În cadrul rezervoarelor ca suprafața de așezare se vor utiliza ștuțurile din capace.

În cadrul matricei de prezentare se vor acorda valori de cod caracteristicii suprafeței de așezare conform tabelului 4.5.

Tabelul 4.5.Codificarea informației referitoare la suprafața de așezare

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii "Suprafața de așezare".
1	Talpă
2	Inimă
3	Ștuțuri

F.Suprafața de strângere. Conform principiilor de proiectare a dispozitivelor de prindere suprafețele de strângere trebuie să fie suprafețele opuse suprafețelor de așezare.

În cadrul matricei de prezentare valorile de cod vor fi conform tabelului 4.6.

Tabelul 4.6. Codificarea informației referitoare la suprafața de strângere.

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii "Suprafața de strângere"
1	Talpa (opusă celei de așezare)
2	Inima (opusă celei de așezare)
3	Ștuțuri

G. Suprafața de ghidare. Suprafețele de ghidare sunt totdeauna două suprafețe perpendiculare pe suprafața de așezare. Se utilizează ca suprafața de ghidare una din muchiile laterale respectiv muchia transversală ale tălpii utilizate ca suprafața de așezare. Același principiu se aplică și în cazul utilizării pentru ghidare a inimii stâlpilor.

În cadrul matricei de prezentare a subansamblului valorile de cod vor fi conform tabelului 4.7.

Tabelul 4.7. Codificarea informației referitoare la suprafața de orientare.

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii. "Suprafața de ghidare".
1	Muchiile tălpii de așezare
2	Muchiile inimii de așezare
3	Stuturi

Matricea de prezentare a informațiilor cu privire la grupa (familia) de subansamble are câte o coloană atribuită fiecărui subansamblu din grupă și o linie pentru fiecare caracteristică luată în considerare. Elementele matricii sunt valorile de cod atribuite conform tabelelor 4.1÷4.7.

Tabelul 4.8 conține matricea de prezentare a informațiilor cu privire la subansamblele din prima grupa (familie)

Tabelul 4.8. Matricea de prezentare a informațiilor cu privire la subansamblele din prima grupă (familie).

Subansamblul		1	2	3	4	5	6
Caracteristici							
Material de bază		1	3	3	3	1	4
Forma geometrică a subansamblului		2	1	1	2	1	3
Cusătura 1	Forma geometrică	1	2	2	1	1	1
	Forma rostului	1	1	1	1	1	3
Cusătura 2	Forma geometrică	1	2	2	1	1	4
	Forma rostului	1	1	1	1	1	3
Cusătura 3	Forma geometrică	2	1	1	2	2	4
	Forma rostului	2	1	1	1	1	3
Cusătura 4.	Forma geometrică	2	1	1	2	2	0
	Forma rostului	2	1	1	1	1	0
Suprafața de așezare		1	2	1	1	1	3
Suprafața de strângere		1	2	1	1	1	3
Suprafața de ghidare		1	2	1	1	1	3

În fig.4.8. se prezintă subansamblele reprezentative din grupa (familia) longeroanelor laterale și centrale

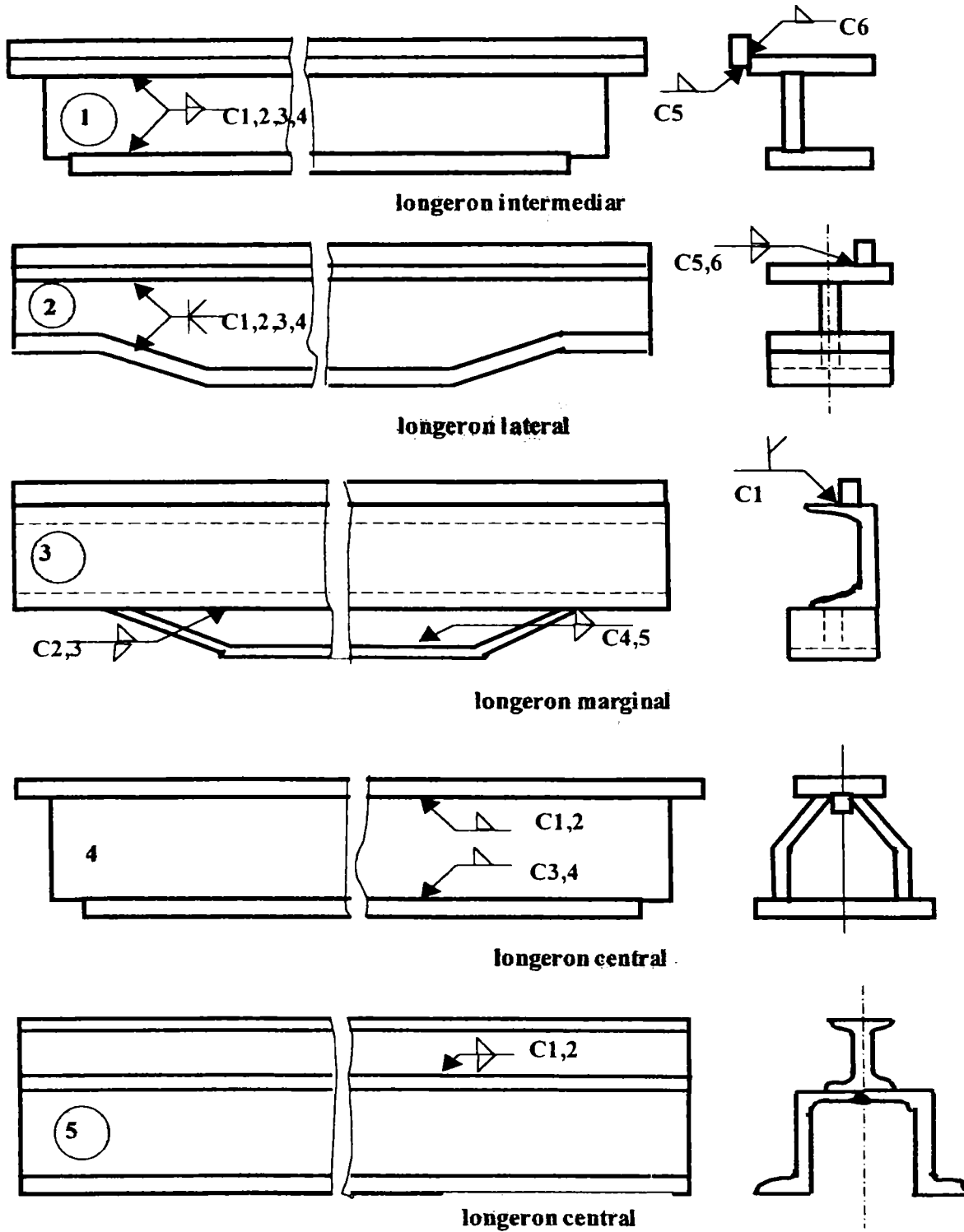


Fig.4.8 Subansamble reprezentative din grupa (familia) longeroanelor laterale și centrale

Pentru stabilirea matricei de prezentare a informațiilor legate de subansamblele din fig.4.8. se tratează mai jos acele caracteristici care prezintă diferențe față de cele tratate la subansamblele reprezentative primei familii (fig.4.6.)

Secțiunile transversale ale subansamblelor celor două familii sunt foarte asemănătoare, diferențe esențiale se observă referitor la longimile lor; cele prezentate în fig.4.8. sunt de 4-10 ori mai lungi față de subansamble prezentate în fig.4.6. De aici rezultă diferențe esențiale în ceea ce privește proiectarea dispozitivelor de lucru și a mesei de poziționare-orientare. În multe cazuri la aceste subansamble se include pe partea superioară a profilelor clasice câte o platbandă care limitează planșul vagonului.

Pe baza acestor observații tabelul 4.2.se va modifica după cum urmează:

Tabelul 4.9.Codificarea informației referitoare la forma geometrică a subansamblului.

Valoarea de cod atribuită caracteristici	Natura caracteristicii "Forma geometrică a subansamblului".
1	Secțiune transversală tip I; l<3000 mm
2	Secțiune transversală tip cheson; l<3000 mm
3	Secțiune transversală cilindric
4	Secțiune transversală tip I; l>3000 mm
5	Secțiune transversală tip cheson; l>3000 mm

Datorită greutății proprii a subansamblelor nu este necesar strângerea lor în dispozitivele de lucru. Tot din aceleași considerente se pot așeza subansamblele în aceste dispozitive fără ca ele să fie ghidate cu o precizie ridicată. În acest sens tabelele cu caracteristicile suprafețelor de strângere și de ghidare se vor modifica conform tabelelor 4.10.și 4.11.

Tabelul 4.10.Codificarea informațiilor referitor la suprafața de strângere

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii "Suprafața de strângere".
0	Fără suprafața de strângere
1	Talpa opusă celei de așezare
2	Inima (suprafața opusă celei de așezare)
3	Ștuțuri

Tabelul 4.11.Codificarea informațiilor referitoare la suprafața de ghidare.

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii. “Suprafața de ghidare”.
0	Fără suprafața de ghidare
1	Muchiile tălpii de așezare
2	Muchiile inimii de așezare
3	Stuțuri

Pe baza acestor corecturi matricea de prezentare a informațiilor referitoare la grupa (familia) subansamblelor din fig.4.8. este prezentat în tabelul 4.12

Tabelul 4.12.Matricea de prezentare a informațiilor cu privire la subansamblele din cel de a doua grupă (familie)

Subansamblu		1	2	3	4	5
Caracteristici						
Material de bază		1	1	1	1	1
Forma geometrică a secțiunii subansamblului		4	4	4	5	5
Cusătura 1	Forma geometrică	1	1	1	1	1
	Forma rostului	1	1	2	1	1
Cusătura 2	Forma geometrică	1	1	1	1	1
	Forma rostului	1	1	1	1	1
Cusătura 3	Forma geometrică	1	1	1	1	0
	Forma rostului	1	2	1	1	0
Cusătura 4.	Forma geometrică	1	1	2	1	0
	Forma rostului	1	2	1	1	0
Cusătura 5.	Forma geometrică	1	2	2	0	0
	Forma rostului	1	2	1	0	0
Cusătura 6.	Forma geometrică	1	2	0	0	0
	Forma rostului	1	2	0	0	0
Suprafața de așezare		2	2	2	2	2
Suprafața de strângere		0	0	0	0	0
Suprafața de ghidare		0	0	0	0	0

În fig.4.9. se prezintă subansamblele reprezentative din familia subansamblelor mici. (balamale, lagăre, tamponane etc.). În această grupă apare o calitate nouă de material de bază și corespunzător se modifică tabelul 4.1., transformându-se în tabela 4.13.

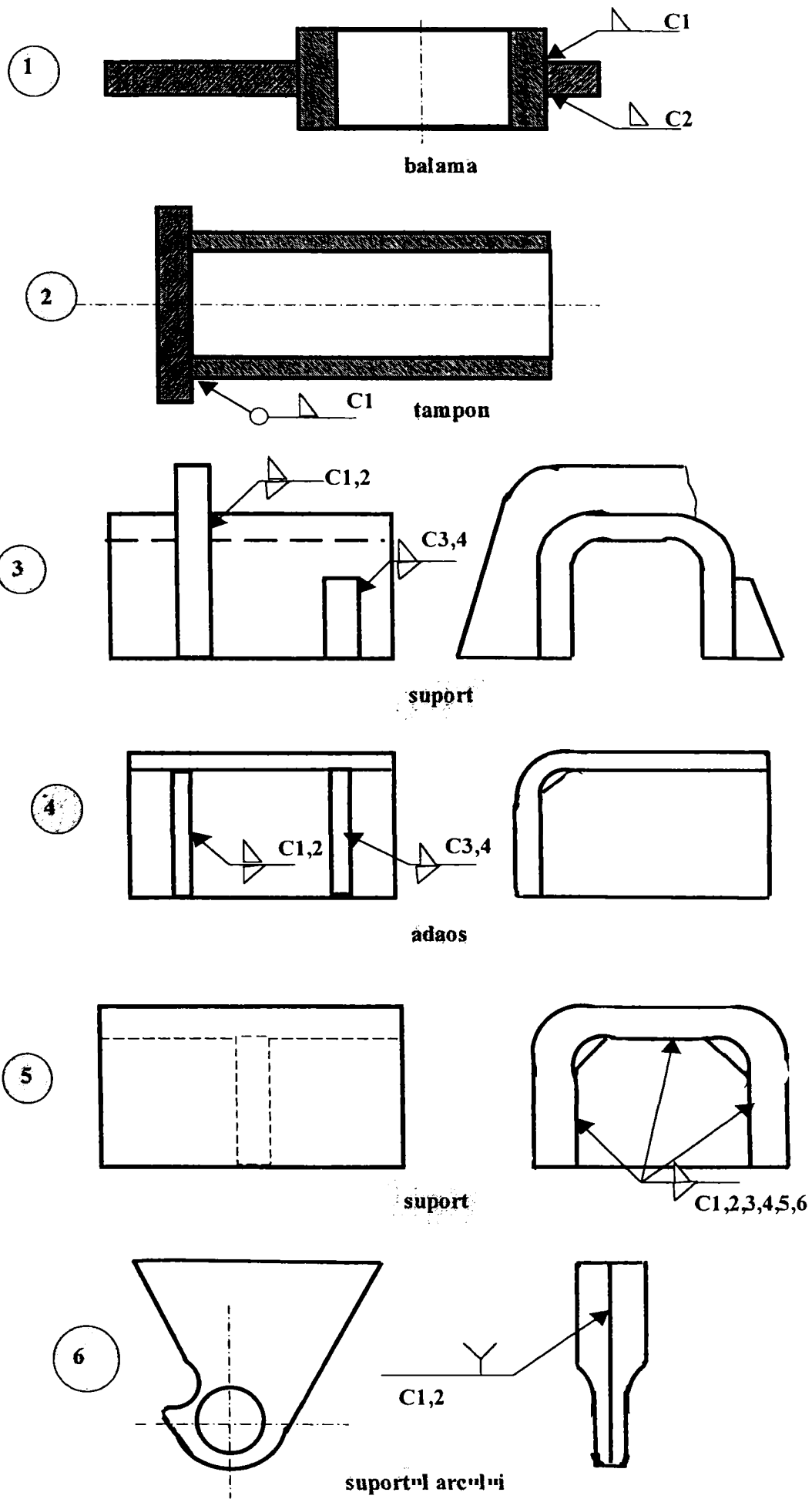


Fig.4.9. Exemple din grupa subansamblelor mici.

Tabelul 4.13.Codificarea informațiilor cu privire la materialul de bază.

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii “Material de bază“
1	OL.52.3.K
2	OL.37.3.K
3	RCB.52-3
4	R510-6a.
5	OLT-45

Forma geometrică a acestor subansamble este mult mai variată decât la grupele analizate mai sus, ele fiind confecționate din profile îndoite de “U” și “L”, întărite cu nervuri fie interior sau exterior, uneori componentele formează corpuri închise, în acest sens tabelul 4.2. se completează și se înlocuiește cu tabelul 4.14.

Tabelul 4.14. Codificarea informațiilor cu privire la forma geometrică a subansamblului

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii “Forma geometrică a subansamblului“.
1	Secțiune transversală tip I
2	Secțiune transversală tip cheson
3	Secțiune transversală tip cilindric
4	Formă caracteristică “U“
5	Formă caracteristică “L“
6	Corpuri semiînchise

Formele geometrice ale îmbinărilor din cadrul acestei grupe sunt complexe: se găsesc cordoane care conțin linii drepte și curbe atât pe suprafețe interne cât și pe suprafețe externe; ca urmare se modifică tabelul 4.3. înlocuindu-se cu tabelul 4.15.

Tabelul 4.15.Codificarea informațiilor cu privire la forma geometrică a îmbinării

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii “Forma geometrică a îmbinării“.
1	Cordon de sudură în linie dreaptă
2	Cordon de sudură în linie frântă
3	Cordon de sudură în linie curbă
4	Cordon de sudură circulară
5	Cordon de sudură în linie dreaptă și circulară

Subansamblele mici pot fi așezate în dispozitive de lucru pe suprafețe exterioare sau interioare; în acest sens tabelul 4.3. se completează corespunzător și se înlocuiește cu tabelul 4.16.

Tabelul 4.16. Codificarea informațiilor cu privire la suprafețele de așezare ale subansamblelor mici

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii "Suprafață de așezare".
1	Talpă
2	Inimă
3	Ștuțuri
4	Suprafețe interioare
5	Suprafețe exterioare

Din cauza varietății soluțiilor constructive suprafețele de strângere pot fi interioare, exterioare, opuse suprafețelor de așezare; în acest sens tabelul 4.10. va fi completat și înlocuit cu tabelul fig.4.17.

Tabelul 4.17. Codificarea informațiilor cu privire la suprafețele de strângere ale subansamblelor mici

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii "Suprafața de strângere".
0	Fără suprafața de strângere
1	Talpa opusă celui de așezare
2	Inima (suprafața opusă celui de așezare)
3	Ștuțuri
4	Suprafețe exterioare
5	Suprafețe interioare
6	Suprafețe opuse suprafețelor de așezare

Ghidarea subansamblelor mici se realizează odată cu strângerea lor în așa fel încât să se asigure acces la fiecare cordon de sudură. Cu ajutorul meselor de poziționare-orientare fiecare cordon trebuie să poată să fie adus în poziția cea mai favorabilă de sudare, adică în poziție de jgheab sau orizontal. În acest sens tabelul 11. se va modifica înlocuindu-se cu tabelul 4.18.

Tabelul 4.18. Codificarea informațiilor cu privire la suprafețele de ghidare ale subansamblelor mici.

Valoare de cod atribuită caracteristicii	Natura caracteristicii. “Suprafața de ghidare“.
0	Fără suprafața de ghidare
1	Muchiile tălpii de așezare
2	Muchiile inimii de așezare
3	Stuțuri
4	Ghidarea se realizează odată cu strângerea

Ținând cont de modificările și completările prezentate în tabelele 4.13.÷4.18. matricea de prezentare a informațiilor cu privire la subansamble din fig.4.9. este cea din tabelul 4.19.

Tabelul 4.19 Matricea de prezentare a informațiilor cu privire la subansamblele din cea de a treia grupă (familie).

Subansamblu		1	2	3	4	5	6
		Caracteristici					
Material de bază		5	5	3	2	2	2
Forma geometrică a subansamblului		3	3	4	5	4	6
Cusătura 1	Forma geometrică	4	4	5	1	1	5
	Forma rostului	1	1	1	1	1	4
Cusătura 2	Forma geometrică	4	0	5	1	1	5
	Forma rostului	1	0	1	1	1	4
Cusătura 3	Forma geometrică	0	0	1	1	1	0
	Forma rostului	0	0	1	1	1	0
Cusătura 4.	Forma geometrică	0	0	1	1	1	0
	Forma rostului	0	0	1	1	1	0
Cusătura 5.	Forma geometrică	0	0	0	0	1	0
	Forma rostului	0	0	0	0	1	0
Cusătura 6.	Forma geometrică	0	0	0	0	1	0
	Forma rostului	0	0	0	0	1	0
Suprafața de așezare		3	1	4	5	5	4
Suprafața de strângere		3	6	5	6	4	5
Suprafața de ghidare		4	1	4	1	4	4

4.4.3. Determinarea caracteristicilor subansamblelor ideale ale grupelor

Subansamblele ideale pentru fiecare grupă (familie) se definesc cu ajutorul unei matrici coloană a căror elemente sunt valorile de cod cele mai frecvent întâlnite în fiecare linie a matricii de prezentare a informațiilor cu privire la grupa respectivă. O a doua matrice coloană va cuprinde ca elemente valorile de cod a căror frecvență de apariție pe linia respectivă a matricii de prezentare a informațiilor urmează după frecvența de apariție a valorilor de cod înscrise în prima matrice coloană. O a treia și –eventual- a patra matricea coloană va conține valorile de cod “excepție”

Tabelul 4.20. Matricea de prezentare a informațiilor cu privire la subansamblul ideal al grupei întâia.

Subansamblul ideal		Coloana valorilor de cod de frecvență maximă	Coloana valorilor de cod cu frecvență maximă-1	Coloana valorilor de cod “de excepție”
Material de bază		3	1	4
Forma geometrică a secțiunii subansamblului		1	2	3
Cusătura 1	Forma geometrică	1	2	4
	Forma rostului	1	3	0
Cusătura 2	Forma geometrică	1	2	4
	Forma rostului	1	3	0
Cusătura 3	Forma geometrică	2	1	0
	Forma rostului	1	2	0
Cusătura 4	Forma geometrică	2	1	0
	Forma rostului	1	2	0
Suprafața de așezare		1	2	3
Suprafața de strângere		1	2	3
Suprafața de ghidare		1	2	0

În tabelul 4.20. se indică matricea de prezentare a informațiilor cu privire la subansamblul ideal al grupei întâi. Ca urmare a conținutului tabelului 4.20, subansamblul ideal va fi realizat din materialul de bază RCB 52-3, va avea secțiunea transversală tip I, îmbinările 1 și 2 vor fi în linie dreaptă și forma rostului “îmbinare de colț fără prelucrare”, iar cusăturile 3 și 4 vor fi în linie frântă și cu forma rostului “îmbinare de colț fără prelucrare”. Subansamblul ideal va avea ca suprafață de așezare talpa, cu suprafață de strângere talpa opusă celei de așezare și ca suprafață de ghidare muchiile tălpilor de așezare.

Procesul tehnologic de sudare trebuie să asigure și sudarea unor subansamble din materiale de bază OL 52.3.k și OL 37.3.k și execuția unor cusături 1 și 2 în linie

frântă, cap la cap fără prelucrare respectiv a unor cusături 3 și 4 în linie dreaptă, cu îmbinări de colț fără prelucrare. În mod excepțional se vor suda și subansamble din material R510-6a, și cu îmbinări cap la cap cu prelucrare.

Dispozitivul de lucru de grup trebuie să permită și sudarea unor subansamble cu secțiune transversale de tip cheson (iar în caz excepțional, de tip cilindrică) și cu suprafețe de așezare/strângere inima (în caz excepțional, ștuțuri)

În tabelul 4.21. se indică matricea de prezentare a informațiilor cu privire la subansamblul ideal pentru cea de a doua grupă (familie).

Tabelul 4.21. Matricea de prezentare a informațiilor cu privire la subansamblul ideal al grupei a doua.

Subansamblul ideal		Coloana valorilor de cod cu frecvență maximă	Coloana valorilor de cod cu frecvență maximă-1	Coloana cu valorile de cod de "excepție"
Caracteristici				
Materialul de bază		1	0	0
Forma geometrică a secțiunii subansamblului		4	5	0
Cusătura 1	Forma geometrică	1	0	0
	Forma rostului	1	2	0
Cusătura 2	Forma geometrică	1	0	0
	Forma rostului	1	0	0
Cusătura 3	Forma geometrică	1	0	0
	Forma rostului	1	2	0
Cusătura 4	Forma geometrică	1	2	0
	Forma rostului	1	2	0
Cusătura 5	Forma geometrică	2	1	0
	Forma rostului	1	2	0
Cusătura 6	Forma geometrică	1	2	0
	Forma rostului	1	2	0
Suprafața de așezare		2	0	0
Suprafața de strângere		0	0	0
Suprafața de ghidare		0	0	0

Interpretând conținutul tabelului 4.21., rezultă că subansamblul ideal va fi realizat din OL 52.3.k, având secțiunea transversală de tip I și lungime mai mare de 3000mm cusăturile 1,2,3,4,5 vor fi în linie dreaptă, cusătura 6 în linie frântă; toate cusăturile vor fi cu îmbinare de colț fără prelucrare; suprafața de așezare se va găsi pe inimă și nu se necesită nici suprafața de strângere nici de orientare.

Procesul tehnologic de sudare va trebui să permită și execuția cusăturilor 4 și 6 în linie frântă, cusătura 5 în linie dreaptă, cât și cusăturile 3,4,5,6 cu îmbinări de colț cu prelucrare.

Dispozitivul de lucru trebuie să permită și sudarea unor subansamble tip cheson mai lungi de 3000 mm.

În tabelul 4.22. se indică matricea de prezentare a informațiilor cu privire la subansamblul ideal al grupei a treia.

Tabelul 4.22. Matricea de prezentare a informațiilor cu privire la subansamblul ideal al grupei a 3-a.

Subansamblul ideal		Coloana valorilor de cod cu frecvență maximă	Coloana valorilor de cod cu frecvență maximă-1	Coloana cu valorile de cod de “excepție”
Caracteristici				
Material de bază		2	5	3
Forma geometrică a secțiunii subansamblului		3,4	5	6
Cusătura 1	Forma geometrică	4	5	1
	Forma rostului	1	4	0
Cusătura 2	Forma geometrică	1	5	4
	Forma rostului	1	4	0
Cusătura 3	Forma geometrică	1	0	0
	Forma rostului	1	0	0
Cusătura 4	Forma geometrică	1	0	0
	Forma rostului	1	0	0
Cusătura 5	Forma geometrică	1	0	0
	Forma rostului	1	0	0
Cusătura 6	Forma geometrică	1	0	0
	Forma rostului	1	0	0
Suprafața de așezare		4,5	1	3
Suprafața de strângere		5,6	3	4
Suprafața de ghidare		4	1	0

Din interpretarea datelor din tabelul 4.22. rezultă că subansamblul ideal aferent grupei 3 se confecționează din OL 37.3.k., are secțiune transversală tip cilindric sau forma caracteristică “0”, cusătura 1 are forma geometrică circulară, toate celelalte (2÷6) în linie dreaptă, toate cusăturile (1÷6) au forma rostului îmbinare de colț fără prelucrare, suprafața de așezare este pe suprafața interioară sau exterioară, suprafața de strângere pe suprafața exterioară, opusă suprafeței de așezare iar ghidare se realizează odată cu strângerea.

Procesul tehnologic trebuie să permită și sudarea materialului de bază OLT 45 respectiv RCB 52-3, iar cusăturile 1 și 2 se necesită a fi executate atât în linie dreaptă cât și circulară, cu forma rostului să fie îmbinare cap la cap cu prelucrare.

Dispozitivul de lucru trebuie să permită și sudarea unor subansamble cu forma caracteristică L și a unora cu secțiune transversală tip cilindric.

4.4.4. Concluzii privind procedeele de sudare utilizate și mijloacele de fabricație (roboți industriali, dispozitive ale instalațiilor aducătoare/de evacuare și a dispozitivului de lucru) utilizate în celulele de fabricație

În perioada 1980-1993, sub conducerea autorului, în cadrul Intreprinderii ASTRA VAGOANE Arad au fost concepute, realizate și puse în funcțiune câte o celulă de fabricație flexibilă pentru asamblarea prin sudare a fiecărei grupe de subansamble stabilite în conformitate cu paragraful 4.4.2. Procedeele tehnologice de sudare și celulele au fost proiectate în așa mod, încât în cadrul fiecăruia dintre ele să se poată asambla prin sudare subansamblul ideal al grupei (familiei). Adaptarea celulei pentru fabricarea unui subansamblu particular din grupă se realizează prin modificarea programului de comandă a sistemului (inclusiv a robotului industrial) și modificarea dispozitivelor de lucru, prin montarea/demontarea în/din componența acestora a unor adaose, respectiv reglarea unor opritoare, cepuri, plăcuțe, contragreutăți.

Materialele de bază din care sunt confecționate componentele subansamblelor din cele trei grupe (familii) admit realizarea sudurilor după procedeul MIG/MAG.

Pentru fiecare dintre cele trei celule de fabricație s-a ales robot industrial de structură RRRRRR, care permite situarea capului de sudare astfel încât să poată executa toate cusăturile, ținând seama de forma geometrică a acestora și natura îmbinării (forma rostului).

Dimensiunile mari ale subansamblelor din grupele (familiile) 1 și 2 impun augumentarea spațiului de lucru al roboților industriali, prin montarea acestora pe platformele unor module de translație lungă, conduse de sistemele de comandă ale roboților ca și niște axe de robot.

Lungimile mari ale unora din cusăturile de sudură ale subansamblelor din grupele 1 și 2 impun executarea lor cu ordine de sudare care să evite deformațiile remanente mari ale subansamblelor. În vederea realizării acestora, modulele de translație lungă vor avea mai multe poziții de lucru, în fiecare dintre ele roboții industriali executând părți din cusătură. Câte una din pozițiile de lucru pe fiecare celulă va permite curățirea capului de sudare de către un dispozitiv special.

Robotul industrial din cea de a treia celulă situează inițial capul de sudare, mișcarea relativă a obiectului de lucru față de capul de sudare fiind asigurată de masa de poziționare-orientare.

Roboții industriali din cele trei celule vor fi prevăzuți cu senzori de căutare a începutului rostului și senzori de urmărire a rostului. Această echipare permite evitarea unei pregătiri de lăcătușerie prea costisitoare a componentelor care urmează să fie asamblate prin sudură cu robot în celulă.

Fiecare celulă va fi echipată cu unul sau mai multe mese de poziționare-orientare care să permită aducerea fiecărei cusături ale subansamblelor în situații care să le facă accesibile pentru capul de sudare și optimale pentru desfășurarea procesului.

Dispozitivele de lucru utilizate în celulă vor consta din niște cadre metalice, în care se vor monta în funcție de natura subansamblului care urmează a fi asamblat prin sudură piese și mecanisme de adaos (elemente de așezare, de ghidare și strângere) unele dintre ele fiind reglabile.

Celulele de fabricație pentru cele 3 grupe de subansamble stabilite se încadrează în fluxul de fabricație al atelierului, astfel încât operațiile să succedă logic și drumul parcurs de semifabricate respectiv subansamble să fie de lungime mică. Celulele de asamblare prin sudare se cer a fi precedate de celule de montaj și prindere provizorie cu sudură (heftuire).

Cap.5. SISTEME DE FABRICAȚIE FLEXIBILĂ ROBOTIZATE PENTRU PROCESSE DE SUDARE A COMPONENTELOR VAGOANELOR DE CALE FERATĂ

5.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Progresul rapid al tehnicii, fenomen caracteristic epocii actuale, este condiționat de dezvoltarea și aplicarea unor procedee tehnologice moderne care să asigure atât obținerea unei calități corespunzătoare, cât și realizarea unei eficiențe economice înalte.

Unul dintre procedeele tehnologice ale cărui pondere este în permanentă creștere este sudarea. Aplicarea sudării asigură o creștere a productivității muncii, a îmbunătățirii calității produselor, precum și reducerea prețului de cost, comparativ cu alte procedee de îmbinare.

Lărgirea continuă a volumului de aplicare al sudării se realizează prin modificarea concepției constructive a unor produse în ideea schimbării tehnologiei lor de fabricație precum și prin dezvoltarea și aplicarea a noi procedee de sudare, respectiv îmbunătățirea performanțelor procedeelelor de sudare clasice.

Dezvoltările recente în domeniul proceselor de sudare se referă la îmbunătățirea aspectelor legate de: mărirea continuă a productivității muncii, asigurarea calității și îmbunătățirea mediului de lucru.

Productivitatea muncii este crescută în primul rând prin trecerea de la sudarea manuală cu electrozi înveliți la sudarea în mediu de gaz protector și prin creșterea treptată a nivelului de mecanizare, automatizare și robotizare.

Cerințele de calitate devin din ce în ce mai severe, nivelul calitativ atins fiind un element important al competiției dintre producători de structuri sudate.

O atenție deosebită se acordă delimitării efectelor nocive ale proceselor de sudare asupra operatorilor umani și a mediului înconjurător.

Începând din anii '70 sudarea cu arc electric în mediu de gaz protector cunoaște o dezvoltare fără precedent, înlocuind procedeul de sudare cu arc electric cu electrozi înveliți.

Procedeul MIG/MAG (Metal Inert Gaz / Metal Activ Gaz) se poate utiliza în variantă semimecanizată, mecanizată, automatizată sau robotizată.

La sudarea semimecanizată, operatorul uman mișcă capul de sudare cu viteza $20\div 150$ cm/min, iar în cazul unor procedee mecanizate această viteză poate ajunge la 450 cm/min cazuri avansul sârmei electrod este asigurat automat în funcție de consumarea lui prin, în ambele topire.

Calitatea sudurilor executate depinde în mare parte de dexteritatea și conștiinciozitatea sudorului, regularitatea cu care el asigură realizarea parametrilor

operației de sudare. În condițiile clasice operatorul uman (sudorul) este principalul factor care asigură realizarea unor lucrări de calitate.

Operatorii umani lucrează în condiții grele. Ei sunt supuși la radiații calorice, luminoase, ultraviolete, toate nocive, la arsuri, ei inhalează fum, lucrează de multe ori în poziții incomode (la executarea unor “suduri de poziție“), execuția operațiilor de sudare necesitând concentrarea îndelungată a atenției operatorului uman. Orice mică neatenție conduce la defecte.

Cele de mai sus explică interesul manifestat pe plan mondial pentru mecanizarea / automatizarea operațiilor de sudare.

Mecanizarea / automatizarea operațiilor de sudare în mediu de gaz protector prezintă următoarele avantaje:

- ușurarea muncii sudorilor, în primul rând reducerea efortului lor fizic, și ferirea lor de condiții de lucru neprietenoase;
- posibilitatea intensificării parametrilor de sudare limitată de condițiile execuției manuale, în vederea feririi operatorului uman;
- suprapunerea timpului de mașină (de menținere a arcului electric) cu cel auxiliar (montarea / demontarea componentelor în/din dispozitivul de lucru, reglare etc.);
- îmbunătățirea calității sudurilor executate, reducerea volumului remanierilor, și a reparațiilor.

Se poate aprecia că prin introducerea robotizării productivitatea muncii în operațiile de sudare este mărită cu 300%, pentru că un robot poate înlocui munca a 3-4 sudori.

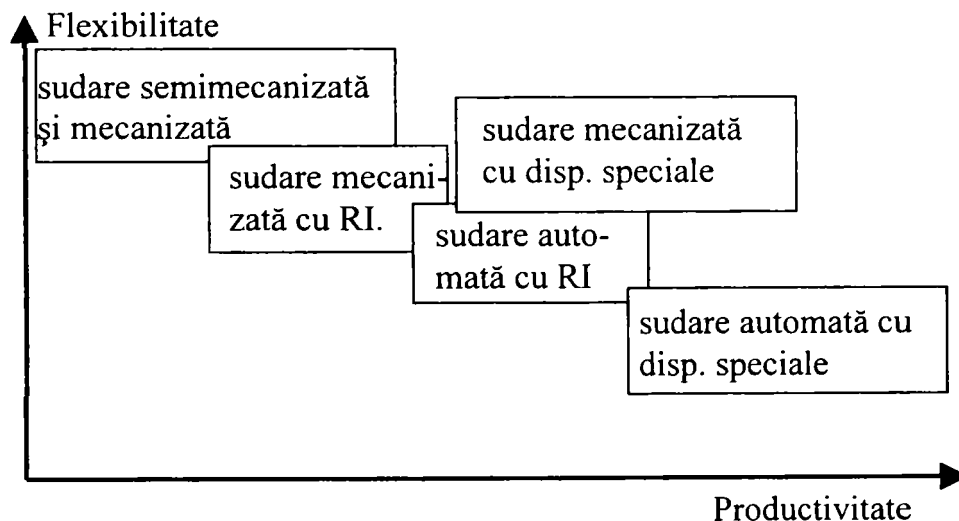


Fig.5.1. Corelație productivitate-flexibilitate pentru grade diferite de macanizare/automatizare ale fabricației subansamblelor sudate.

Gradul de mecanizare / automatizare a sudurii cu arc în mediu de gaz protector depinde de cerințele de productivitate și flexibilitate.

În fig.5.1. se prezintă după [FUC 88.] corelația productivitate-flexibilitate pentru diferite grade de mecanizare /automatizare a sudurii.

Un sistem de fabricație flexibilă robotizat pentru sudare cu arc electric în mediu de gaz protector cu mecanizare avansată, conține sursa de sudare cu impuls

(SS), recipientul de gaz protector sau rețea de gaz protector, robotul industrial (RI) cu comandă adaptivă, dotat cu senzori de căutare și de urmărire a rostului, capul de sudare (CS_1) având rol de efector final, masa de poziționare / orientare a obiectului (MPO), cu dispozitiv de lucru (DL), și dispozitiv de curățire a capului de sudare (DCC).

În unele cazuri când ansamblul / subansamblul de sudat este constituit din componente cu grosimi foarte diferite, sistemul va conține un dispozitiv de schimbare a efectorului final, care permite schimbarea automată a capului de sudare CS_1 cu un alt cap de sudare CS_2 căruia îi corespunde un dispozitiv de avans al sârmei de alt diametru față de prima (DAS_2).

În fig.5.2. este reprezentată o schemă unui sistem de fabricație pentru sudare.

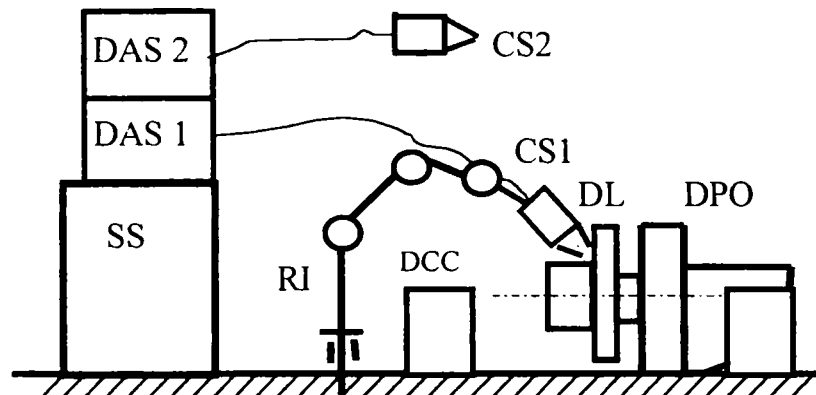


Fig.5.2. Sistem de fabricație flexibilă robotizat pentru sudare cu arc electric în mediu de gaz protector, cu mecanizare avansată.

Sistemul de fabricație flexibilă automat robotizat conține în plus instalație aducătoare/de evacuare IA/E și/sau robot industrial de manipulare.

X

Una dintre subramurile industriei constructoare de mașini în cadrul căreia asamblarea prin sudare a componentelor subansamblelor are o pondere deosebit de mare este cea a vehiculelor feroviare.

În cap. 4 s-au prezentat subansamble tipice de vagon care se assemblează prin sudare în sistemele de fabricație automate cercetate, cât și seriile de fabricație ale acestora.

Varietatea relativ mare a obiectelor confecționate în sistem impune ca el să fie conceput ca un sistem de fabricație flexibil. Gradul de dificultate fizică ridicată al operațiilor de executat, necesitatea obținerii unor suduri de calitate și nu în ultimul rând volumul mare de manoperă consumat în cadrul unui sistem funcționând în regim "clasic" impune utilizarea unui sistem mecanizat, respectiv automat. Ținând seama de geometria complicată a rosturilor de sudare care trebuie depuse, automatizarea operațiilor de sudare nu se poate realiza decât utilizând în cadrul subsistemului de prelucrare roboți industriali de sudare. Ca urmare, sistemul de fabricație pentru sudare automat trebuie să fie robotizat.

S-a arătat în cap.4 faptul că procesul tehnologic de îmbinare prin sudare a subansamblelor vehiculelor feroviare conține operațiile de pregătire (de lăcătușerie) a componentelor acestora, prinderea provizorie prin sudare (“heftuirea”) a componentelor și, în sfârșit asamblarea nedemontabilă prin sudare, prin depunerea unor cusături.

Prinderea provizorie prin sudură și asamblarea nedemontabilă prin sudură a subansamblelor se realizează montându-se componentele separat sau prinse provizoriu prin sudură în subansamble în dispozitive de lucru care, împreună cu roboți industriali care execută prinderea provizorie prin sudare, respectiv sudarea, constituie subsistemul de prelucrare a sistemului.

Componentele subansamblului trebuie aduse din zona de pregătire în zona dispozitivului de lucru pentru prindere provizorie prin sudare (dispozitiv de montaj) introduse în acest dispozitiv. Subansamblul prins provizoriu prin sudare trebuie evacuat din dispozitivul de montaj și transferat în dispozitivul de lucru de asamblat prin sudură, introdus în acest dispozitiv. După terminarea operației de asamblare prin sudare, subansamblul se scoate din dispozitivul de lucru și se evacuează din sistem.

Operațiile descrise se execută de către subsistemul de manipulare a sistemului. Subsistemul de manipulare automat conține în caz general robot (roboți) de manipulare, instalații aducătoare / de evacuare (cu dispozitive de transfer și depozite intermediare). Robotul (roboții) de manipulare efectuează introducerea (scoaterea componentelor / subansamblelor în/din dispozitivul de lucru, instalația aducătoare / de evacuare transferă componentele / subansamblele de la un loc de muncă (dispozitiv de lucru) la altul le depozitează în perioada corespunzătoare și situează dispozitivul de lucru în raport cu robotul în pozițiile / orientările cele mai favorabile efectuării operației de sudare.

În fig.5.3. se prezintă schema structurii unui sistem de fabricație (linie) robotizat pentru montarea și sudarea subansamblelor de vagon.

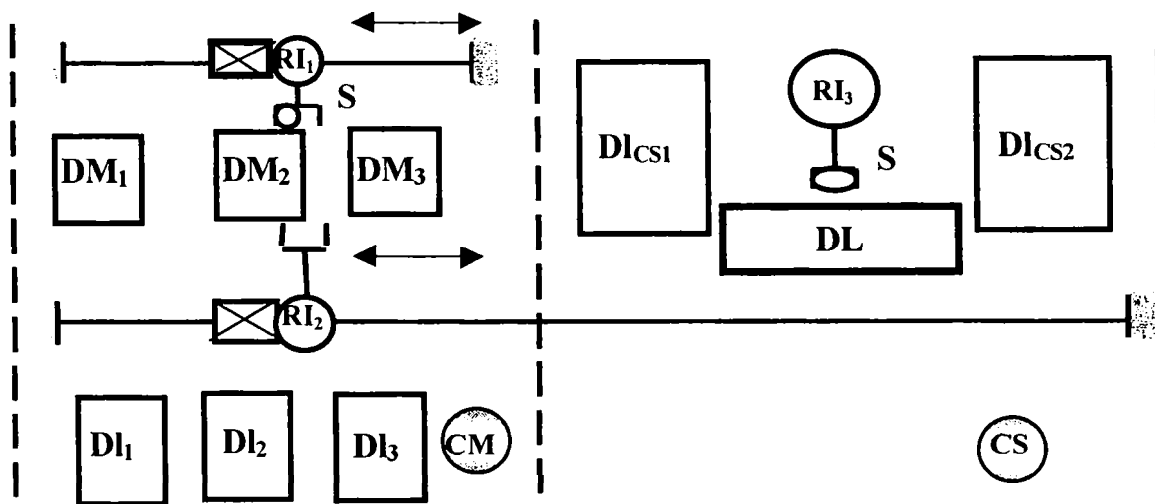


Fig.5.3.Schema structurii unui sistem de fabricație (linie) robotizat pentru montarea și sudarea subansamblelor de vehicule feroviare.

Sistemul (linia) conține o celulă de montaj (CM) și unul de sudare (CS). Celula de montaj (de prindere provizorie cu sudură) conține dispozitivele de montaj DM₁, DM₂, DM₃ servite de robotul industrial RI₁, care efectuează operațiile de prindere

provizorie prin sudură, depozitele intermediare DI_1, DI_2, DI_3 . Celula de sudare conține dispozitivul de lucru DL, în care robotul industrial RI_3 sudează subansamblele și depozitele intermediare de “intrare” DI_{CS1} și de “ieșire” DI_{CS2} . Servirea depozitelor intermediare și transferul subansamblelor montate de la CM la CS se realizează de către robotul industrial de manipulare RI_2 .

Automatizarea asamblării prin sudare a componentelor subansamblelor de vehicule feroviare presupune funcționarea automată a sistemului de fabricație aferent, deci și a subsistemelor sale.

Funcționarea automată a subsistemului de prelucrare (sudare) este asigurată prin utilizarea robotului (roboților) industrial de sudare, reglarea automată a parametrilor procesului de sudare și funcționarea automată a dispozitivelor de lucru, situarea automată a componentelor relative și în raport cu robotul care efectuează prinderea provizorie prin sudare, respectiv situarea subansamblelor “heftuite” în raport cu robotul de sudare, strângerea / destrângerea automată a componentelor și subansamblului.

Funcționarea automată a subsistemului de manipulare este asigurat prin utilizarea robotului (roboților) de manipulare și comanda automată a funcționării dispozitivelor instalațiilor aducătoare / de evacuare.

Utilizarea roboților de sudare și de manipulare, dată fiind capacitatea lor de a fi programați / reprogramați și a schimbării automate a efectorului final asigură în parte flexibilitatea subsistemului de prelucrare (sudare) și cel de manipulare. Flexibilitatea se mai asigură și prin construcția specială a elementelor de situare și de strângere ale dispozitivelor de lucru (geometria adecvată a suprafețelor de contact cu obiectele de lucru, eventual interschimbabilitatea unor piese care conțin aceste suprafețe).

Dat fiind caracterul particular al fabricării subansamblelor de material rulant, participarea operatorului uman în anumite faze ale procesului de fabricație-conferind acestuia un plus de flexibilitate - nu împietează asupra caracterului fundamental automat al procesului

5.2. CU PRIVIRE LA UTILIZAREA ROBOȚILOR INDUSTRIALI ÎN SISTEMELE DE FABRICAȚIE FLEXIBILĂ PENTRU PROCESELE DE SUDARE A COMPONENTELOR VAGOANELOR DE CALE FERATĂ

5.2.1. Introducere

S-a arătat în cap. 2 faptul, că în sistemele de fabricație flexibilă robotul industrial poate intra atât în componența subsistemului de manipulare, cât și în cel de prelucrare.

În paragraful 5.1. s-a prezentat modul în care roboții industriali sunt utilizați în cadrul sistemului (liniei) de montaj-sudură propus pentru subansamble de vehicule feroviare. În cele ce urmează se analizează condițiile de utilizare a robotului în cele

două subsisteme ale sistemului de fabricație prin sudare și cerințele care se formulează față de el.

5.2.2. Rolul robotului industrial în subsistemul de manipulare al sistemelor de fabricație prin sudare a subansamblelor vagoanelor de cale ferată

Automatizarea manipulării a componentelor care urmează să fie asamblate prin sudare, respectiv a subansamblelor / ansamblelor sudate se poate realiza integral cu robot, ținând seama că acesta poate efectua toate mânuirile pe care le efectuează operatorul uman. Utilizarea efectivă a unor roboți industriali în subsisteme de manipulare poate fi decisă doar pe baza unor analize atente a eficienței economice și a posibilității ei tehnice.

Se consideră un sistem de fabricație “clasic” de montare-sudare în care operatorul uman execută manipulările. În acest caz subsistemul de manipulare constă din operatorul uman, care trebuie să asigure alimentarea subsistemului de prelucrare (sudare) cu subansamble montate provizoriu (“heftuite”) care urmează a fi sudate. Ele trebuie aduse din dispozitivele de montat provizoriu și depozitate lângă dispozitivele de sudat. După sudarea subansamblelor acestea vor fi evacuate din sistem și duse mai departe în vederea prelucrării sau montării în cadrul locurilor de muncă aflate în aval pe fluxul de fabricație. Tot operatorul uman se va îngriji de aducerea buteliilor pline cu gaze protectoare și evacuarea buteliilor goale, de aducerea bobinelor cu sârmă electrod și evacuarea tamburilor goale, etc.

În cazul când se dorește înlocuirea operatorului uman, deci automatizarea operațiilor de manipulare, alimentarea cu subansamble a subsistemului de prelucrare respectiv evacuarea subansamblelor sudate din sistem se poate realiza cu robot industrial, care mai poate manipula atât buteliile cu gaze protectoare, cât și bobinele cu sârmă de sudură etc.

Conform concluziilor trase la cap 4 s-a stabilit că în construcția vagoanelor de cale ferată se pot elabora tehnologii de grup pentru 3 familii de subansamble. Înainte de a realiza operația de asamblare nedemontabilă prin sudare în vederea asigurării interschimbabilității, a preciziei la montare, respectiv o productivitate ridicată componentele acestora sunt introduse în dispozitive de montat, în care ele sunt prinse provizoriu cu sudură (heftuire). Subansamblele montate și prinse provizoriu cu sudură sunt depozitate lângă dispozitivele de montat în funcție de gabarit pe palete (cele din grupa 3) sau stivuite (cele din grupele 1,2) pe pardoseala halei industriale sau în dispozitive de transportat special.

Pentru subansamblele din grupa 1,2 operatorul uman utilizează pentru manipulare (din dispozitiv de montat pe sol) mijloace de ridicare mecanizată podurile rulante din halele industriale. Pentru subansamblele din grupa 3 însăși operatorul uman depune manual subansamblele pe palete.

Dispozitive de montat și depozitele intermediare (vezi fig.5.3) pot fi la distanțe diferite față de locul de sudare.

Timpul de montare pentru un subansamblu din grupa 3. variază între (10÷30) min. iar pentru unul din grupa 1,2, între (40÷60) min.

Durata operațiilor efective de sudare a subansamblelor din grupa 3. variază între (10÷60) min. respectiv pentru subansamblele din grupele 1,2, între (40÷60) min.

Subsistemul de manipulare trebuie să rezolve transferul subansamblelor din depozitele intermediare de la diferite dispozitive de montare (DI_1 ; DI_2 ; DI_3 ;) până la depozitul intermediar (DIRS) al celulei robotizate de sudare (CS). Timpii aferenți pentru aceste manipulări în cazul atelierelor de confecționat subansamble de vehicule de cale ferată din grupele 1,2, și 3 sunt cuprinse între (2÷10) min. respectiv (1÷2) min.

Luând în considerare duratele maxime pentru manipulare respectiv durata medie de execuție pentru operațiile de sudare (T_s) rezultă durata ciclului de execuție conform relației (5.1.)

$$T_c = T_{m1} + 2.T_{m2} + T_s \quad (5.1.)$$

unde

T_{m1} este timpul de manipulare (transfer) de la depozitul intermediar de montare la depozitul intermediar al celulei;

T_{m2} este timpul de manipulare (transfer) din depozit intermediar al celulei în dispozitivul de lucru respectiv timpul de manipulare (transfer) din dispozitivul de lucru în depozitul intermediar al celulei.

$$T_c = 10 + 2 \cdot 2 + 60 = 74 \text{ min.} \quad (5.2.)$$

Ca urmare rezultă că în 2 (3) schimburi de lucru se manipulează și se sudează 13 (19) subansamble. În acest caz robotul de manipulare va lucra în 2 (3) schimburi:

$$T_{CRIm} = 13 \text{ buc} \times 14 \text{ min.} = 182 \text{ min.} / 2 \text{ schimburi} \quad (5.3.)$$

$$T_{CRIm} = 19 \text{ buc} \times 14 \text{ min.} = 266 \text{ min.} / 3 \text{ schimburi}$$

Fondul de timp disponibil pentru un utilaj fiind în două schimburi:

$$F_{td2} = 16 \text{ ore} \times 60 \text{ min.} = 960 \text{ min}$$

iar în trei schimburi:

$$F_{td3} = 24 \text{ ore} \times 60 \text{ min} = 1440 \text{ min.}$$

Cu acestea, gradul de încărcare al robotului de manipulare în cazul considerat este:

pentru 2 schimburi / zi $\eta_{in2} = \frac{182}{960} = 0,19$

iar pentru 3 schimburi / zi $\eta_{in3} = \frac{266}{1440} = 0,18$

Gradul de încărcare al robotului de manipulare poate fi îmbunătățit prin organizarea servirii de către acesta a mai multor locuri de muncă. Pentru aceasta el va fi prevăzut cu un modul de translație lungă, ceea ce mărește costul lui

Fondul de timp disponibil anual pentru un utilaj lucrând în două schimburi, 5 zile pe săptămână, 48 săptămâni este:

$$F_{da2} = 2 \times 8 \times 5 \times 48 = 3840 \text{ ore}$$

iar pentru 3 schimburi :

$$F_{da3} = 3 \times 8 \times 5 \times 48 = 5760 \text{ ore}$$

Considerând că robotul industrial înlocuiește în cadrul subsistemului de manipulare un operator uman, care în industria constructoare de vehicule feroviare este salarizat cu $S_h = 7000$ lei / oră, economia de manoperă realizată într-un an prin această modernizare este :

$$\Delta M = S_h \cdot F_{da} \quad (5.4.)$$

Pentru valorile calculate ale fondului de timp disponibil rezultă ca economie de manoperă pentru regim de 2 schimburi / zi :

$$\Delta M_2 = 7000 \cdot 3840 = 26.880.000 \text{ lei/an}$$

iar pentru regim de 3 schimburi / zi :

$$\Delta M_3 = 7000 \cdot 5760 = 40.320.000 \text{ lei/an}$$

Se consideră că operațiile de manipulare pot fi executate de un robot industrial care se poate achiziționa cu cca. 100.000 DM., considerând cursul de 9400 lei/DM. Costul robotului va fi:

$$C_{RI} = 100.000 \times 9400 = 940.000.000 \text{ lei}$$

Dacă se ia în considerare numai economia de manoperă realizată în justificarea introducerii robotului de manipulare costul lui se va amortiza în cazul regimului de lucru în 2 schimburi / zi în:

$$A_2 = \frac{C_{RI}}{\Delta M_2} = \frac{600.000.000}{26.880.000} = 22,32ani$$

iar în cazul regimului de lucru în 3 schimburi / zi în:

$$A_3 = \frac{C_{RI}}{\Delta M_3} = \frac{600.000.000}{40.320.000} = 14,88ani$$

Rezultă că luând în considerare numai economia de manoperă nu este justificată utilizarea roboților industriali de manipulare în cazul subsistemelor de fabricație pentru sudarea subansamblelor de vehicule feroviare.

Operațiile de manipulare pot fi însă executate cu dispozitive mai simple, deci mai ieftine, făcând parte din instalații aducătoare și de evacuare. Ele vor fi preferate roboților dacă nu se impun cerințe de dexteritate deosebită la efectuarea acestor manipulări și dacă nu se ia în considerare cerința de ușurare a muncii operatorului uman.

Argumentele tehnice împotriva utilizării roboților de manipulare în cadrul sistemelor de fabricație pentru îmbinarea prin sudare a subansamblelor vehiculelor feroviare sunt legate de diferența mare dintre timpul de sudare ("de arc") și timpul de manipulare, ceea ce conduce la un grad de încărcare redus al robotului și de faptul, că varietatea mare a obiectelor de manipulat impune schimbarea frecventă a dispozitivelor de prehensiune - efector finali cu care trebuie echipat robotul de manipulare.

În consecința celor de mai sus, autorul consideră că la stadiul actual al dezvoltării tehnice nu se justifică utilizarea roboților de manipulare în componența sistemelor de fabricație automate pentru asamblare prin sudare a componentelor vehiculelor feroviare, sarcinile de manipulare putând fi realizate de instalația aducătoare / evacuare. Acțiunea - de scurt timp - a operatorului uman în cadrul subsistemului de manipulare nu influențează asupra caracterului automat ale sistemului.

5.2.3. Rolul robotului industrial în subsistemul de prelucrare (prindere provizorie prin sudură și sudare) a sistemelor de fabricație a subansamblelor vagoanelor de cale ferată

Rolul robotului industrial în subsistemul de prelucrare (sudare) este acela de a conduce scula - capul de sudare cu arc în mediu de gaz protector - astfel, ca să se asigure depunerea cusăturii în conformitate cu necesitățile îmbinării nedemontabile a componentelor. În acest scop, punctul caracteristic al sculei (" tool point ") extremitatea electrodului se va aduce într-o poziție din "firul mediu" al rostului de sudare și se va deplasa în lungul acestui rost. Se înțelege prin "firul mediu" al rostului o linie imaginară care unește punctele mijloci ale segmentelor care unesc punctele aflate pe marginile rostului (fig.5.4.).

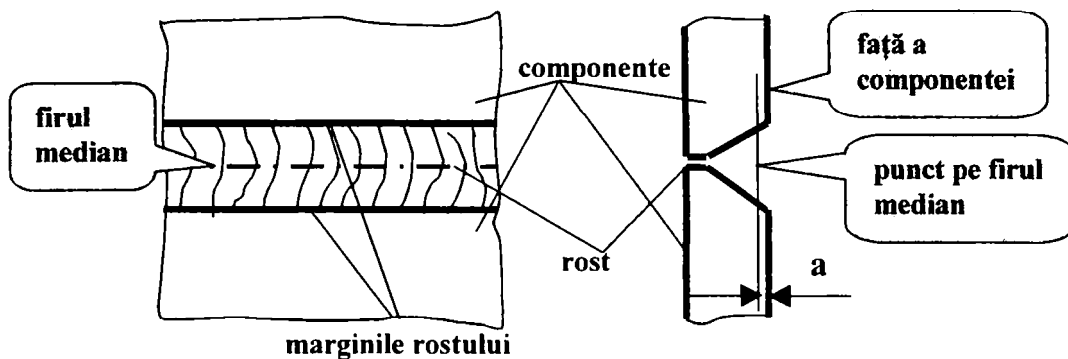


Fig.5.4. “Firul median” al rostului de sudare în raport cu “fața” componentelor (distanța “a” este impusă de către procesul tehnologic).

Axa electrodului de sudare (dreapta caracteristică) trebuie să formeze cu “fețele” componentelor unghiul $\alpha=75^{\circ}\div 90^{\circ}$ (fig.5.5.)

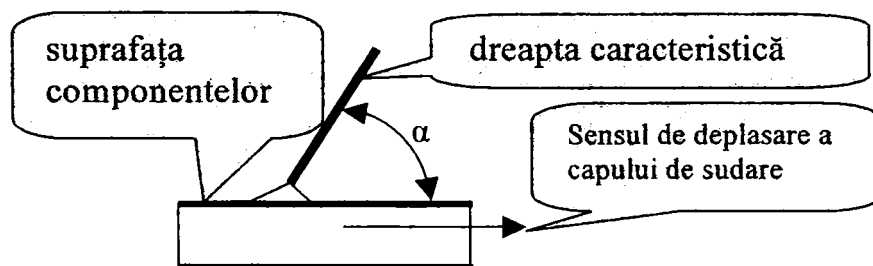


Fig.5.5. Poziția dreptei caracteristice a sculei (axa sârmei electrod) în raport cu suprafața componentei.

În unele cazuri, când volumul de metal topit de depus în cusătură este mare, este necesară imprimarea unor mișcări de deplasare pendulare de mică amplitudine, perpendiculară pe “firul mediu” al rostului al extremității electrodului (“mișcare de țesere”, “weawing“.)

În conformitate cu cele de mai sus, robotul trebuie să imprime capului de sudare următoarele mișcări:

- apropierea - de obicei rapidă a punctului caracteristic de rost;
- poziționarea punctului caracteristic în punctul de începere a “firului mediu” al rostului; (“căutarea rostului”)
- orientarea dreptei caracteristice a capului de sudare conform fig.5.5.;
- deplasarea punctului caracteristic în lungul “firului mediu” al rostului, respectiv pe o traiectorie de “țesere”, având “firul mediu” al rostului drept linie de montaj, viteza pe traiectorie a deplasării este impusă de procesul de sudare (15÷60 cm/min)
- îndepărtarea –de obicei rapidă - a punctului caracteristic de rost.

Regimul de funcționare de “prindere provizorie prin sudare” se deosebește de cel de sudare prin lungimea mică a cusăturii depuse (“heft”), respectiv prin faptul că în acest caz nu se utilizează nici odată mișcare de pendulare (“țesere”)

Se propune –în conformitate cu experiența internațională - utilizarea unor roboți cu dispozitive de ghidare având structura 6R.(a se vedea cap. 2)

Precizia de poziționare de repetitivitate a robotului se impune a fi $\pm 0,2$ mm, la o sarcină utilă de 5÷15 daN. Robotul industrial de sudare se montează pe sol sau suspendat. În primul caz accesul pentru întreținerea lui este facilă, în cel de al doilea, există mai mult spațiu pe sol pentru dispunerea componentelor sistemului de sudare.

Robotul trebuie să fie prevăzut cu un dispozitiv de schimbare automată a efectorului final, care conlucrează cu un depozit automat.

În timpul executării operației de sudare (respectiv sudarea provizorie prin sudare) robotul industrial funcționează după un program de traiectorie continuă (CP). Apropierea / depărtarea de rostul de sudare respectiv trecerea de la punct de prindere prin sudare (“heft”) la altul se realizează după un program punct cu punct. Programul de sudare pe traiectorie continuă se necesită a fi corectabil în funcție de informațiile comunicate de senzorul de rost cu privire la geometria reală a acestuia.(“urmărirea rostului”) Ca urmare a considerentelor de mai sus, sistemul de comandă al roboților industriali utilizați pentru îmbinarea prin sudare a subansamblelor vagoanelor trebuie să conțină între altele facilități de interpolare spațială de parcurgere punct cu punct succesiv, de prelucrare serială a semnalelor furnizate de senzor.

Programarea roboților industriali pentru sudare se va realiza “on line” sau “off line”.

În cazul programării “on line”, la metoda de instruire (“teach in”) operatorul uman comandă robotul în regim de instalație de teleoperare, impunându-i parcurgerea succesivă a tuturor fazelor de mișcare corespunzătoare programului de sudare care urmează a fi executate. În faza operațională, secvențele memorate se repetă automat (“play back”).

La metoda de programare “on line” descriptor, folosind un limbaj de programare se completează cele de mai sus cu date privitoare la desfășurarea procesului de sudare care se memorează la rândul lor. Facilități suplimentare ale programării textuale, cum ar fi salturi, iterații, transformări / oglindiri 3D, pendulare (pentru “șesere”) contribuie la caracterul “prietenos” al programării textuale.

Programarea “on line” prezintă dezavantajul că necesită “prezența” robotului, care în perioada programării nu funcționează, nu produce.

Programarea “off line” se realizează fără participarea robotului care în timpul programării participă la realizarea procesului tehnologic.

Dintre modalitățile de programare “off line” se recomandă pentru roboții de sudare a subansamblelor vagoanelor de cale ferată programarea textuală, respectiv modelarea pe calculator a sistemului de fabricație și a procesului de sudare și simularea funcționării, respectiv desfășurării acestora. Parametrii simulării se memorează și se transferă la sistemul de comandă al robotului sub formă de program, înregistrat pe un purtător de program (spre ex. dischetă)

S-a arătat mai sus necesitatea în programul de comandă al robotului de sudare a subansamblelor de vehicule de cale ferată trebuie să fie adaptiv la condițiile de mediu-geometria reală a rostului de sudare - sesizate prin intermediul unor senzori de rost.

Programarea robotului -“on line“ sau “off line“- se realizează pentru a depune cusătura de sudare în rostul având geometria ideală, rezultată din proiectul constructiv al subansamblului, respectiv proiectul procesului tehnologic. În realitate, geometria rostului de sudare se abate de la cea teoretică, datorită abaterilor dimensionale ale componentelor pregătite a fi asamblate prin sudură, abaterile dimensionale ale elementelor de situare ale dispozitivelor de lucru, abaterile de la situarea teoretică a dispozitivului de situare, deformarea datorită dilatației / contracției termice în timpul operației de sudare a componentelor care se îmbină prin sudare.

În paragraful 5.4.2; 5.4.3. se vor analiza succesiv aceste cauze, în corelație cu exactitatea de ghidare admisă a capului de sudare în raport cu rostul.

Sesizarea geometriei reale a rostului la sudarea subansamblelor de vehicule feroviare se realizează cu ajutorul unor senzori tactili, de proximitate, cu sesizarea căderii de tensiune pe arc, video cu lumină naturală sau video cu laser.

Senzori de rost au două funcții diferite: sesizarea punctului de început al cusăturii (poziția primului respectiv ultimului punct de pe firul mediu al cusăturii) și sesizarea poziției relative a punctului caracteristic al capului de sudare (extremitatea electrodului) în raport cu marginile rostului. În subsidiar, senzorul de rost furnizează sistemului de comandă și informații despre volumul cusăturii care urmează să fie depus.

Senzorul tactil utilizat pentru sesizarea capătului de rost se montează pe capul de sudare. Ca piesă de contact al senzorului tactil se utilizează chiar extremitatea electrodului sau duza de dispersie a gazului protector. În cazul utilizării vârfului electrodului ca senzor tactil este necesar ca la începutul fiecărei curse de căutare a începutului rostului lungimea liberă a electrodului să fie calibrat la o valoare bine definită “c“ (fig.5.6.a.). Această operație se realizează cu un șablon și o foarfecă de sârmă. Înaintea începerii operației de sudare robotul apropie capul de sudare de poziția programată a începutului cusăturii, continuă mișcarea până la realizarea contactului, după care se retrage. Diferența dintre poziție reală și cea programată a începutului de rost este sesizată prin amplitudinea mișcării efectuate. Date cu privire la această diferență sunt procesate de sistemul de comandă, care corectează programul întocmit inițial. “Căutarea rostului“ se face separat pe plan vertical și separat pe plan orizontal și din cele două măsurători calculatorul robotului determină punctul de început a cordonului de sudură.

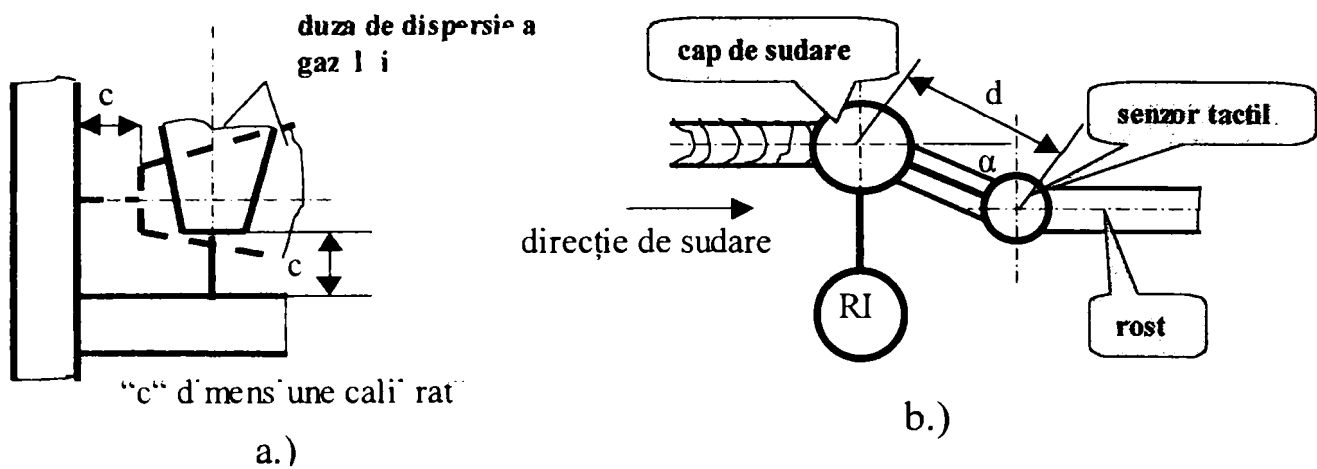


Fig.5.6. Utilizarea senzorului tactil ca senzor de rost. a.) sesizarea începutului/sfârșitului de rost. b.) sesizarea poziției relative a capului de sudare față de rost.

Urmărirea prin contact a geometriei reale a rostului prezintă dezavantajele faptului că senzorul trebuie să preceadă capul de sudare (deci el sesizează "în urma" abaterilor de la geometria reală) și că senzorul este încălzit de arc (fig.5.6.)

Senzorul tactil se aplică doar la sudarea rosturilor cu dispunere în linie dreaptă sau puțin frânte, deoarece este fixat rigid de capul de sudare la o distanță "d" față de aceasta. În timpul urmării a rostului va apare o eroare. Această eroare de urmărire a capului de sudare este direct proporțională cu creșterea tangentei unghiului "α" (vezi fig.5.6.b.).

În fig.5.7. se prezintă schema unui senzor de proximitate utilizat ca senzor de

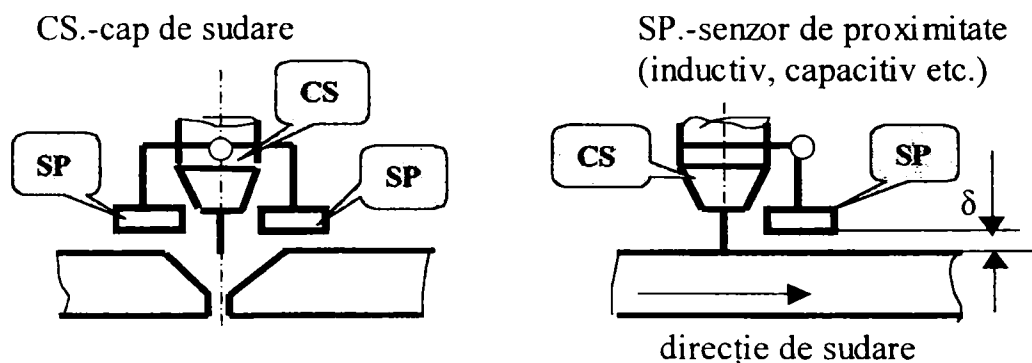


Fig.5.7. Utilizarea ca senzor de rost a unui senzor de proximitate.

rost. Senzorul inductiv sau capacitiv montat pe capul de sudare sesizează intrarea unei anumite componente în volumul său senzitiv indicând deformarea. Semnalul erorii de deplasare în ambele cazuri este un curent, definind modificarea reluctanței magnetice dată de modificarea întrefierului "δ" (în cazul senzorului inductiv) respectiv de modificarea valorii capacității dat de modificarea distanței dintre armături "δ" (în cazul senzorului capacitiv) este preluat de sistemul de comandă al robotului care inițiază modificarea programului de mișcarea capului de sudare în vederea deplasării de îndreptare a capului de sudare de componente a căror apropiere a fost sesizată.

Senzorul video la lumină naturală este o cameră de luat vederi montată deasupra dispozitivului de lucru conținând subansamblul de sudat. Geometria reală a

rostului - inclusiv punctul de început - se obține prin tratarea imaginii globale achiziționate.

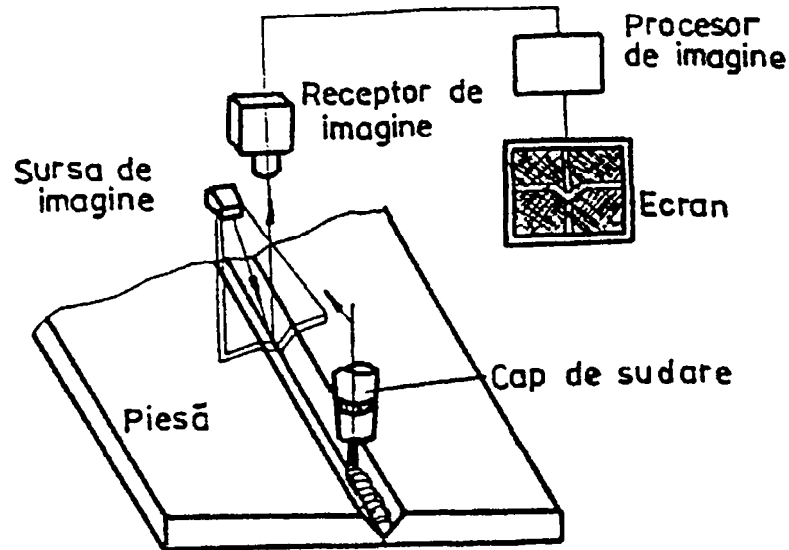


Fig.5.8. Utilizarea unei camere de luat vederi ca senzor de rost. [OKU 91][FUK 91]

Senzorul video cu laser baleiază cu un fascicul laser în mișcare oscilantă cu plan normal pe "firul mediu al rostului". Lumina reflectată-mai intensă decât cel emis de arc-permite achiziționarea unei imagini a cărei tratare permite sesizarea geometriei reale a marginilor rostului în secțiunea baleiată de fascicolul laser.

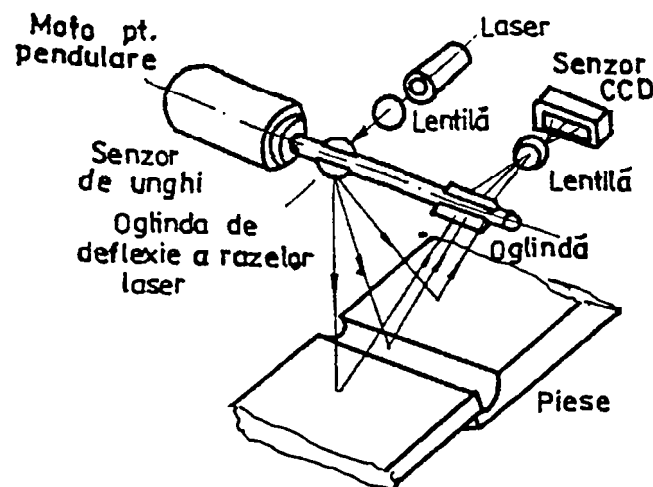


Fig.5.9. Senzor de rost cu fascicul laser [OKU 91][FUK 91] [NAK 91]

Sesizarea geometriei rostului prin sesizarea căderii de tensiune respectiv a variației intensității curentului în arc se realizează prin deducerea în mod continuu a distanței dintre extremitatea electrodului și una dintre componente prin compararea mărimilor măsurate cu mărimi corespunzătoare geometriei ideale în condițiile mișcării de "șesere" a capului de sudare.

5.3. INSTALAȚII ADUCĂTOARE / DE EVACUARE UTILIZATE ÎN SISTEMELE DE FABRICAȚIE PENTRU SUDAREA SUBANSAMBLELOR VAGOANELOR DE CALE FERATĂ

5.3.1. Introducere

În paragraful 5.2.2. s-a arătat că nu se justifică din punct de vedere economic și nici tehnic utilizarea roboților industriali în cadrul subsistemului de manipulare a sistemului de fabricație prin sudare. S-a arătat de asemenea că este rațional ca unele operații de aducere-evacuare a componentelor și subansamblelor să se efectueze de operatori umani, cu ajutorul unor mașini de ridicat / transportat (spre ex. poduri rulante), această situație neinfluențând în mod hotărâtor caracterul automat în ansamblu al sistemului de fabricație.

În condițiile de mai sus, instalația aducătoare / de evacuare din cadrul subsistemului de manipulare va conține -în afara operatorilor umani asistați de mașini de ridicat / transportat - depozite intermediare, dispozitive de transfer (conveioare) și mese de poziționare-orientare.

Se utilizează palete ca și depozite intermediare pentru subansamblele din grupa 3, stabiliți în cadrul procesului tehnologic de grup (capitolul 4.). Paletele se construiesc astfel, încât piesele de contact cu subansamblele să asigure situarea univocă a tuturor subansamblelor aparținând grupei 3. În fig.5.10 se prezintă construcția paletii -depozit utilizate și modul în care se situează subansamblele montate în aceste paletе.

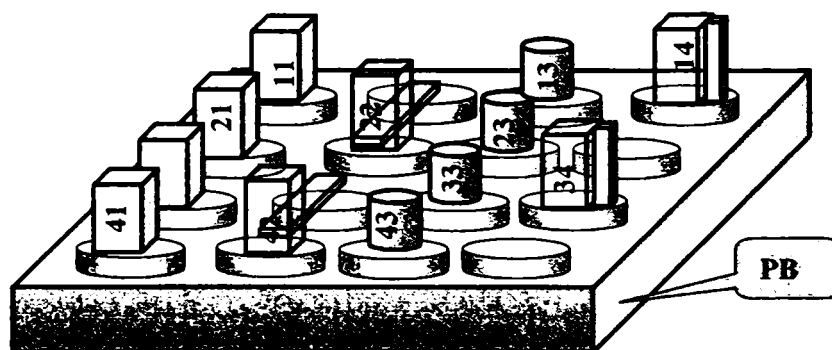


Fig.5.10. Paletă pentru depozitarea intermediară a subansamblelor montate-sudate de vagoane de cale ferată

Elementele de așezare în cadrul unei paleti sunt astfel concepute ca să asigure o situație univocă pentru mai multe piese, subansamble din cadrul aceleiași grupe (familii) formate la elaborarea tehnologiei de grup. Spre exemplu în fig.5.10.1.a.-c. se prezintă elemente de așezare care asigură o situație univocă pentru 3 tipuri de suporturi din cadrul grupei a 3-a.

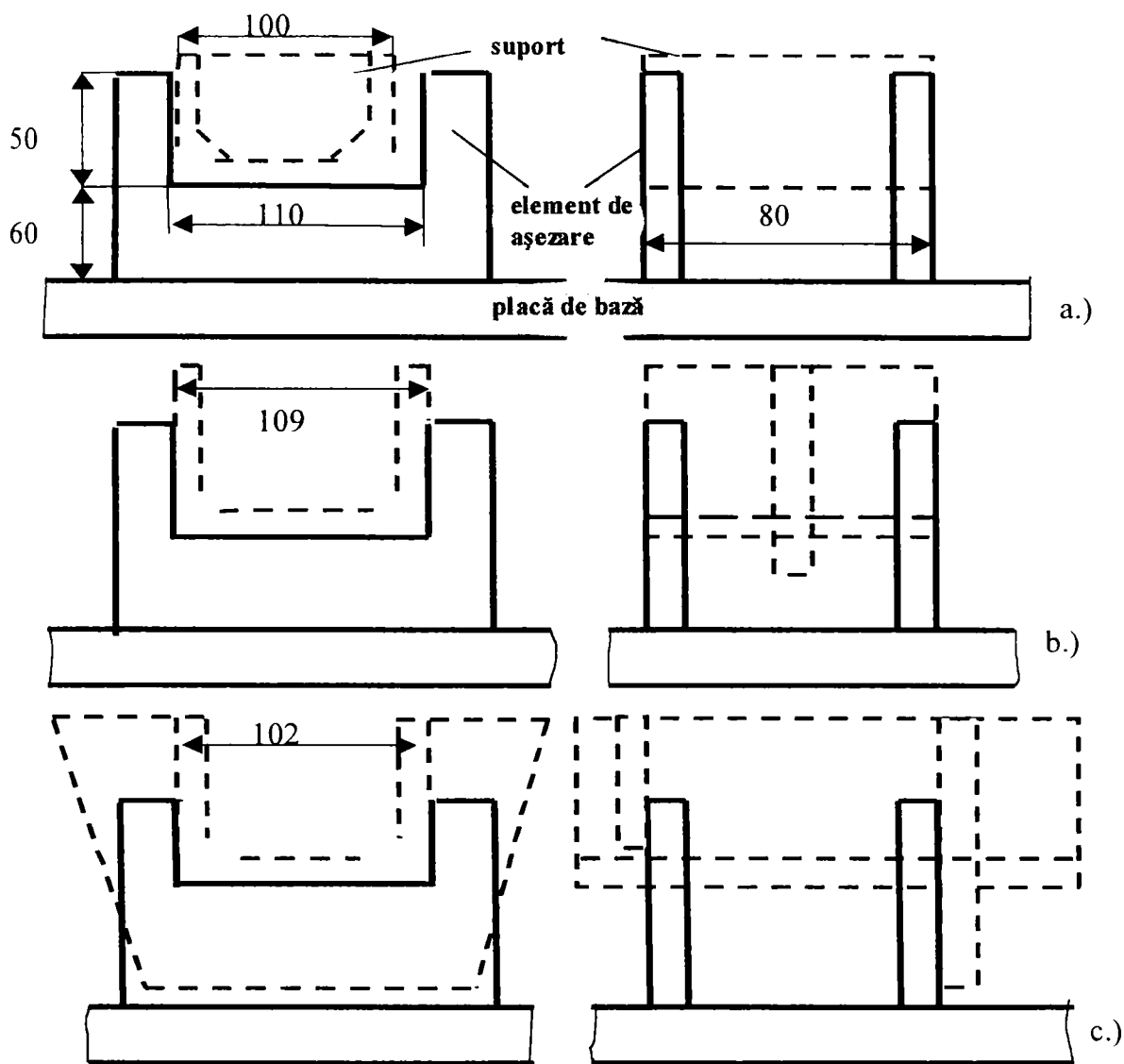
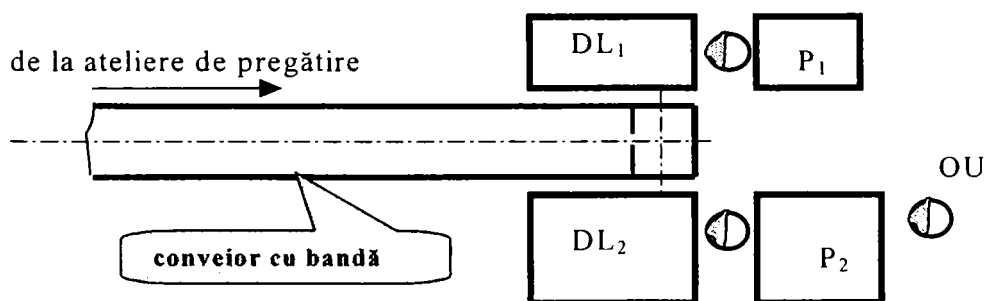


Fig.5.10.1. Element de așezare a paletii pentru a.) suport; b.) suport țepușă I; c.) suport țepușă II.

Conveiorul din fig.5.11. se utilizează pentru aducerea componentelor care urmează să fie montate și prinse provizoriu cu sudură. Cum introducerea componentelor în dispozitivele de montaj-prindere provizorie prin sudură se realizează manual, conveiorul nu trebuie să aibă posturi de prezentare pentru situarea univocă a componentei aduse la capăt de cursă.



DL₁; DL₂ sunt dispozitive de lucru (de montat și prins provizoriu cu sudură)

P₁; P₂ sunt palete de depozitare intermediare.

OU operator uman

Fig.5.11. Dispozitiv de transfer (conveior) pentru aducerea componentelor subansamblelor de vehicule feroviare.

Mesele de poziționare-orientare servesc la situarea dispozitivului de lucru împreună cu subansamblul care urmează a fi sudat în raport cu robotul, în vederea asigurării unor condiții optime a execuției cusăturilor de sudură.

Mesele de poziționare-orientare (denumite în mod incorect din punct de vedere al terminologiei de Robotică “manipulatoare”) au $M=1\div 3$ grade de mobilitate, cu o

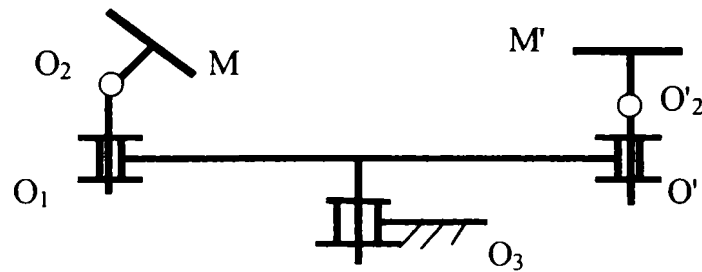


Fig.5.12. Mese de poziționare-orientare utilizate în sistemele de asamblare prin sudare a subansamblelor de vehicule feroviare.

structură $1R\div 3R$. În variante avansate din punct de vedere tehnic, cuplele cinematice de rotație ale mesei de poziționare-orientare sunt acționate și controlate ca și axe de robot (“axe exterioare”). În construcții mai puțin avansate din punct de vedere tehnic, mișcarea relativă a elementelor cuplelor rotație se acționează manual de către operatorul uman, poziția lor relativă fiind impusă prin elemente de indexare. În fig.5.12. se prezintă (după [TAU 75]) principiul construcției unor mese de poziționare-orientare.

5.3.2. Cu privire la utilizarea meselor de poziționare-orientare în sistemele de fabricație prin sudare a subansamblelor vagoanelor de cale ferată

5.3.2.1. Probleme specifice cu caracter general

Mesele de poziționare-orientare sunt sisteme mecanice mobile având la bază mecanisme spațiale numărul gradelor de mobilitate $M=1\div 3$. O masă de poziționare-orientare este constituită dintr-un batiu, un subansamblu mobil avnd un platou și $1\div 2$ elemente, $1\div 3$ cuple cinematice de rotație, realizând mișcări de rotație cu unghiul 2π în jurul unei axe a platoului și basculare în jurul a $1\div 2$ axe ale subansamblului mobil. Cuplele cinematice ale mesei pot fi acționate fie prin intermediul unor motoare electrice de curent continuu și transmisii mecanice, fie manual de către operator uman. Situarea subansamblului mobil față de batiu se asigură prin conducerea axelor corespunzătoare cuplelor cinematice ca și axe de robot sau prin indexare

Utilizarea meselor de poziționare-orientare în sistemele de fabricație automate prin sudare ale subansamblelor de vehicule de cale ferată impun rezolvarea a două probleme specifice: asigurarea comenzi automate a acționării mișcării relative a

elementelor cuplelor de rotație ale mesei și realizarea unei situații exacte a subansamblului.

S-a arătat mai sus că mesele de poziționare-orientare asigură situarea atât a dispozitivului de lucru cât și a subansamblului care urmează să fie sudat. Ca urmare, rezultă încărcări gravitaționale mari, care impun o verificare atentă a posibilității de acționare a axelor mesei. Corectitudinea execuției cordoanelor de sudare este asigurată atât de precizia dispozitivului de lucru și a robotului cât și a mesei de poziționare-orientare, ceea ce justifică o preocupare atentă cu privire la exactitatea de situație a acestuia din urmă.

5.3.2.2. Verificarea puterii sistemelor de acționare ale cuplelor cinematice conducătoare ale mesei de poziționare-orientare.

Mesele de poziționare-orientare trebuie să asigure două funcții principale:

a.) aducerea subansamblelor în diferite situații astfel încât pe cât posibil toate îmbinările să fie sudate în poziții optime (orizontal sau jgheab vezi fig.5.13.) prin basculare;

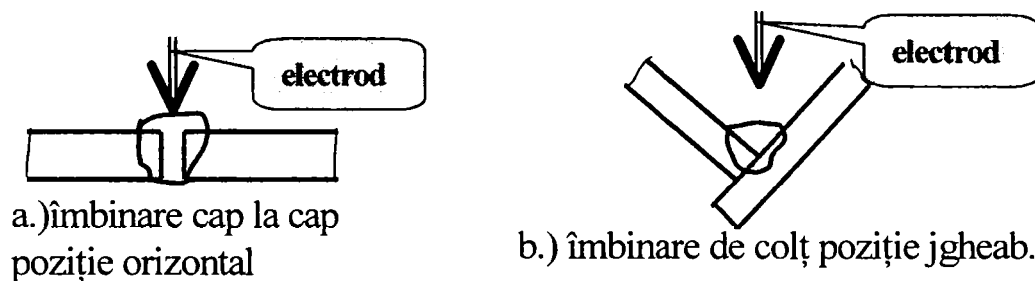


Fig.5.13. Poziții optime de sudare pentru îmbinări cap la cap și de colț.

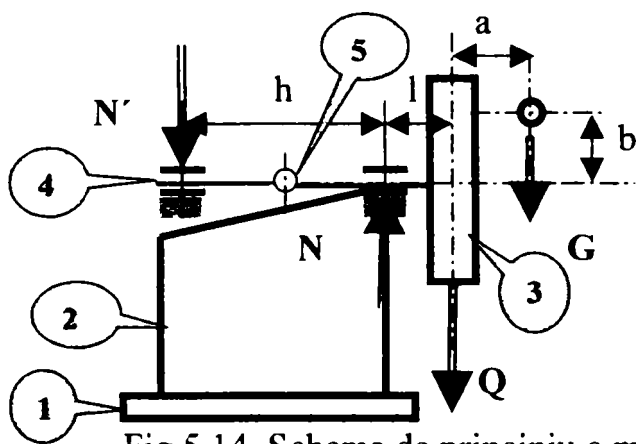
b.) asigurarea deplasării relative a obiectului de lucru față de capul de sudare în cazul sudării pentru diferite îmbinări circulare prin rotire.

La baza proiectării acestor mese stau subansamblele ideale stabilite la cap.4. pe baza cărora se obțin elementele inițiale de proiectare (gabarit, forțe etc.) Pentru o grupă (familie) este suficientă proiectarea/executarea unei singure mese de poziționare.

Modificări în cadrul aceleiași familii vor fi aplicate doar la dispozitivele de lucru care asigură situarea-fixarea componentelor, subansamblelor. Aceste dispozitive de se fixează pe platourile (subansamble mobile) ale meselor de poziționare-orientare.

În cazul unor subansamble din cadrul construcției de vagoane (spre ex. suportul arcului) la care mișcarea de rotație a platoului contribuie împreună cu robotul industrial la realizarea sudării cap la cap a unor componente (de ex. a celor doi semisuportți a arcului vezi fig.14 Anexa nr.2). În acest caz mecanismul de rotire a platoului este condus ca o axă externă suplimentară a robotului industrial.

În fig.5.14. se prezintă schematic o masă de poziționare-orientare.



1. placa de bază
2. batiu
3. platou
4. axa de rotația platoului
5. axa de basculare

Fig.5.14. Schema de principiu a mesei de poziționare

În unele cazuri mecanismul de basculare poate fi acționat manual. În cadrul unei celule flexibile robotizate, mecanismul de rotire trebuie obligatoriu să fie acționat mecanic.

Mișcările relative ale elementelor cuplurilor cinematice conducătoare ale mesei de poziționare-orientare sunt lente. În consecință momentele reduse rezistente datorită forțelor de inerție care acționează asupra subansamblului și dispozitivului de lucru sunt neglijabile, ca și fenomenul de cuplare a axelor. În aceste condiții se necesită doar verificarea puterii sistemului de acționare a fiecărei cuple cinematice conducătoare considerate ca sistem mecanic mobil separat, mișcării arborelui de ieșire din sistemul de acționare opunându-se câte un moment rezistent redus datorat forțelor gravitaționale și unul datorat forțelor de frecare.

Calculul mecanismului de acționare a axei de rotație a mesei (platoului) de poziționare-orientare cuprinde în primul rând determinarea puterii motorului de antrenare. În acest scop determină momentul rezistent care se opune rotirii, folosindu-se diagrame de încărcare a platoului prezentate în prospectele firmelor producătoare.

Se definește ca excentricitate a mesei de poziționare-orientare distanța centrului de greutate a subansamblului și a dispozitivului de lucru în raport cu axa de rotație a platoului. Pentru diferite excentricități a_i în prospecte se indică diferite sarcini G_i admisibile (greutatea subansamblului și a dispozitivului de lucru) astfel ca momentul să fie constant:

$$M_r = G_i \cdot a_i \quad (i=1,2,3,\dots,n) \quad (5.5.)$$

unde: n este numărul de sarcini diferite luate în considerare

Ca urmare , puterea necesară pentru rotirea platoului rezultă:

$$P_{nr} = M_r \cdot \omega_{\max} \quad (5.6.)$$

unde: ω_{\max} este viteza unghiulară maximă și este dată de relație:

$$\omega_{\max} = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (5.7.)$$

n fiind turația motorului de acționare

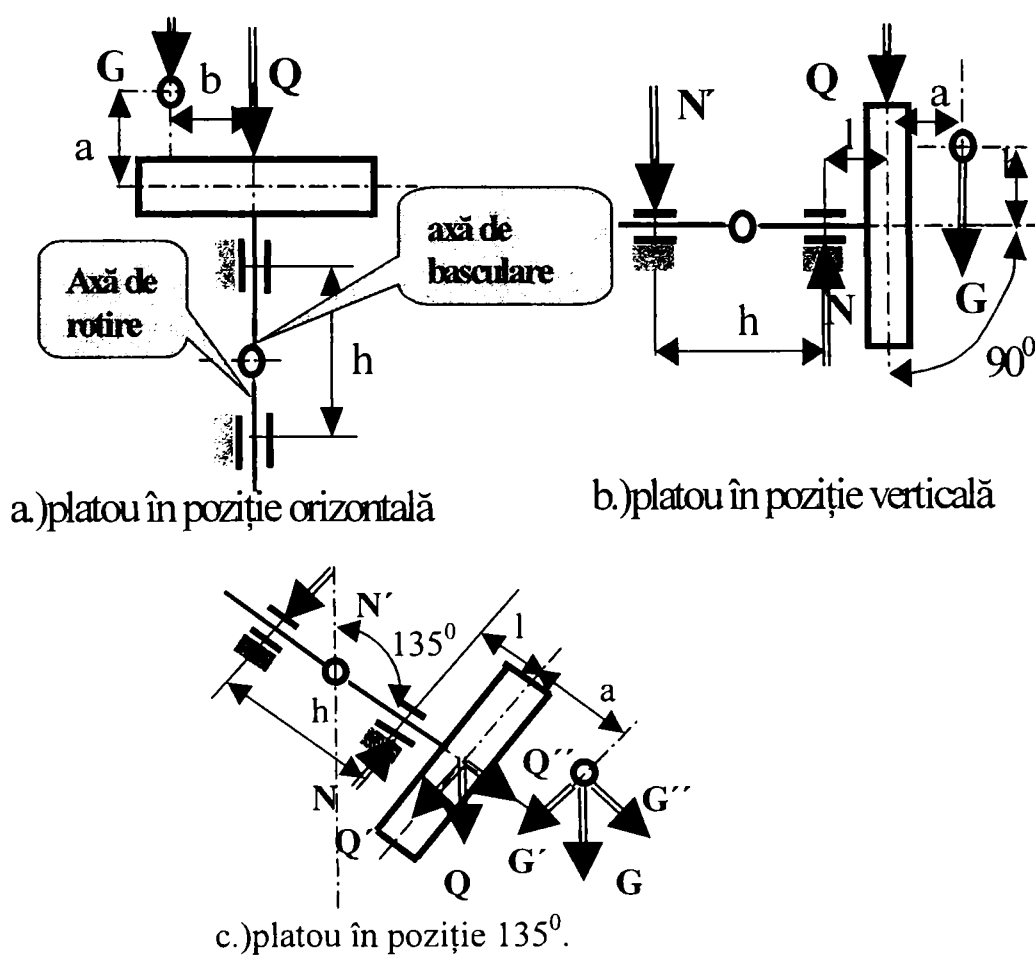
În continuare se concepe schema cinematică a transmisiei mecanice de acționare a mișcării de rotație. Apreciind randamentele pe fiecare treaptă se află puterea mecanică a motorului de antrenare a platoului.

$$P_{\text{mot}} = \frac{P_{nr}}{\eta_{gr}} \quad (5.8.)$$

unde: η_{gr} este randamentul global (produsul randamentelor mecanice ale mecanismelor legate în serie în cadrul transmisiei mecanice)

$$\eta_{gr} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots \eta_n \quad (5.9.)$$

Rotirea platoului este posibilă de la poziție verticală până la 135° față de axa verticală. Schema de încărcare a mecanismului de rotație a platoului este reprezentată în fig.5.15. pentru cele trei poziții specifice.



O centrul axei de basculare care trece prin axa de rotație a platoului
P centrul de greutate a subansamblului de sudat și a dispozitivului de lucru
Q greutatea platoului
G greutatea subansamblului de sudat și a dispozitivului de lucru

Fig.5.15. Încărcarea mecanismului de rotație.

Axa de rotație este lăgăruită pe doi rulmenți. Momentul rezistent de frecare care se opune rotirii axei se calculează cu relațiile (5.10; 5.11; și 5.14) [TAU 72]:

a.) în cazul când platoul ocupă poziție orizontală

$$M = (Q + G)\mu_0 \frac{R_0}{r} + \frac{2Gb}{h} \mu_0 \frac{R}{r} \quad (5.10.)$$

b.) în cazul când platoul ocupă poziție verticală:

$$M = (N' + N)\mu_0 \frac{R}{r} \quad (5.11.)$$

unde:

$$N' = \frac{G(a+l) + Ql}{h} \quad (5.12.)$$

$$N = N' + Q + G \quad (5.13.)$$

c.) în cazul când platoul este basculat la 135° .

$$M = (G'' + Q'')\mu_0 \frac{R_0}{r} + (N'_1 + N_1)\mu_0 \frac{R}{r} \quad (5.14.)$$

unde:

$$N'_1 = \frac{G'(a+i) + Q'l + G''b}{h} \quad (5.15.)$$

$$N_1 = N'_1 + Q' + G' \quad (5.16.)$$

unde:

r este raza bilei rulmentului (m) vezi fig.5.16.;

R este raza de rostogolire a bilelor (m);

R₀ este distanța dintre axa rulmentului și axa bilei (m);

R₀ este distanța dintre axa rulmentului și axa bilei;

μ₀ este coeficientul de frecare ideal care poate lua valori $\mu_0 = 0,0025 - 0,0030$

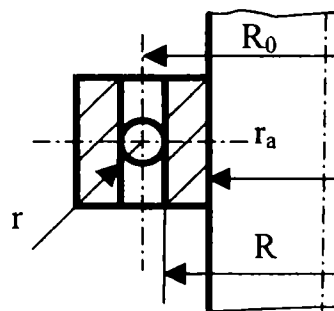


Fig.5.16. Corelația dimensiunilor axă platou- rulment.

Calculul momentului de basculare se face pentru cele trei poziții a platoului în conformitate cu fig.5.15.a, 5.15.b, 5.15.c.

a.)în cazul când platoul este în poziție orizontală și bascularea se face în sensul invers trigonometric:

$$M_b = M_1 + M_2 \quad (5.17.)$$

unde:

$$M_1 = G.b \quad (5.18.)$$

$$M_2 = \frac{(G + Q + q).f.d}{2} \quad (5.19.)$$

unde:

q este greutatea traversei și a axului de basculare (daN);

f este coeficientul de frecare;

d este diametrul axei de basculare;

se poate constata că la bascularea în sens trigonometric:

$$M_b = M_2 - M_1 \quad (5.20.)$$

b.)în cazul când platoul este în poziție verticală, bascularea făcându-se în sens trigonometric:

$$M_b = M_1 + M_2 \quad (5.21.)$$

unde:

$$M_1 = G(a + l) + Ql \quad (5.22.)$$

M_2 este identic cu cazul precedent

c.)în cazul când platoul este în poziție 135^0 , bascularea făcându-se în sens trigonometric:

$$M_b = M_1 + M_2 \quad (5.23.)$$

unde:

$$M_1 = G.(a + l). \cos \frac{\pi}{4} + Ql. \cos \frac{\pi}{4} \quad (5.24.)$$

M_2 este identic cu cel exprimat în (5.19.)

Puterea de basculare se calculează cu relația:

$$P_{nb} = M_b \omega_{\max} \quad (5.25.)$$

unde:

$\omega_{b\max}$ este viteza unghiulară de basculare maximă.

Puterea motorului de basculare se calculează cu relația:

$$P_{b\text{mot}} = \frac{P_{nb}}{\eta_{gb}} \quad (5.26.)$$

unde:

η_{gb} este randamentul global al transmisiei mecanice de basculare:

$$\eta_{gb} = \eta_{g1} \cdot \eta_{g2} \cdot \eta_{g3} \cdot \dots \cdot \eta_{gn} \quad (5.27.)$$

(factorii produsului sunt randamentele mecanice ale mecanismelor legate în serie.)

Pentru poziționarea-orientarea subansamblelor grupei (familiei) longeroanelor din construcția de vehicule feroviare se construiesc dispozitive specifice sub formă de inele sprijinite pe role și antrenate de acestea. Acestea asigură aducerea prin rotire a subansamblelor de sudat cu lungime mare (peste 10 ori dimensiunile transversale) în diferite situații astfel încât toate îmbinările să fie sudate în situații optime (conform fig.5.13). Dispozitivele cu inele au atât rol de dispozitiv de lucru cât și rol de masă de poziționare-orientare cu $M=1$ grade de mobilitate. În acest ultim rol dispozitivele cu inele nu sunt utilizate niciodată pentru realizarea prin rotire îmbinărilor sudate. Ca urmare, ele nu vor fi considerate ca axe exterioare ale robotului industrial de sudare.

Elementele de situare ale dispozitivului cu inele se proiectează având ca elemente inițiale concluziile deduse în legătură cu elaborarea tehnologiei de grup (cap.4.) Pentru sudarea longeroanelor din cadrul unei grupe (familii) este suficientă utilizarea unui dispozitiv cu inele prevăzut cu elemente situare și fixare a subansamblelor reglabile.

Elementele de situare și fixare speciale sunt confecționate din table laminate fixate pe inele cu șuruburi și cepuri având locașe corespunzătoare secțiunii subansamblului de sudat. În fig.5.17. se prezintă exemple de asemenea elemente:

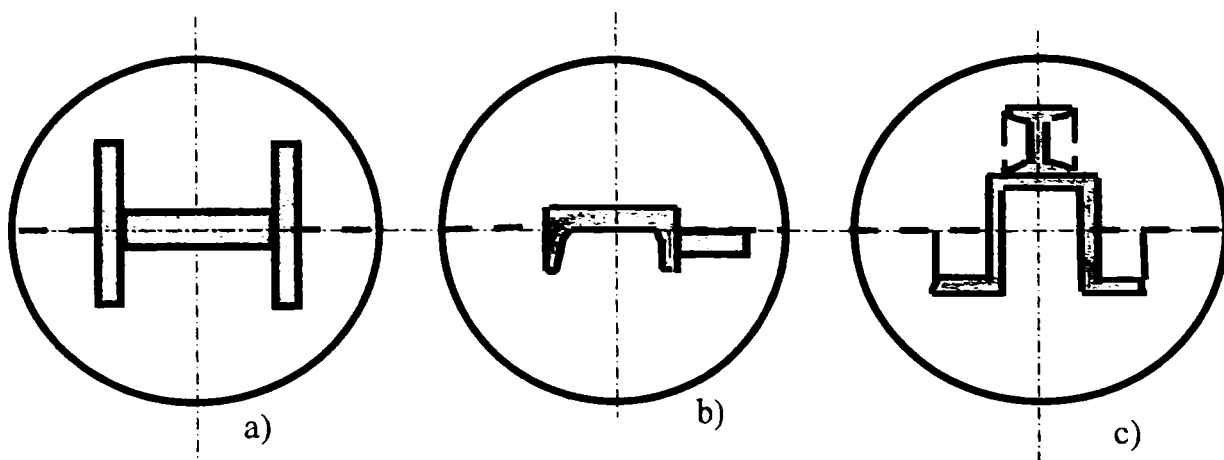


Fig.5.17. Elemente specifice de situare și fixare pentru dispozitive cu inele.

Dispozitivul de lucru prezentat în fig.5.17.a. este destinat situării și fixării longeroanelor centrale și marginale având secțiune transversală sub formă de “I” confecționate din tablă laminată. În fig.5.17.b se prezintă dispozitivul de lucru pentru situarea și fixarea unui longeron marginal compus dintr-un profil “U” laminat și o

platbandă, respectiv în fig.5.17.c. este reprezentat un dispozitiv de lucru pentru situarea și fixarea unui longeron central a unui vagon de transportat minereu confecționat din două profile “Z” și un profil “I” laminat.

Comanda rotirii în vederea ocupării succesive a pozițiilor de sudare se realizează secvențial. Controlul pozițiilor de lucru se realizează cu senzori inductivi.

Dispozitivul de poziționare-orientare cu inele este constituit din două roți așezate pe role și acționate de un motor electric de curent continuu și o transmisie mecanică constituită dintr-un reductor melcat și o transmisie cu lanț.

O roată este compusă din 3 inele legate între ele prin axele (4) ale rolelor(3) (fig.5.18.).

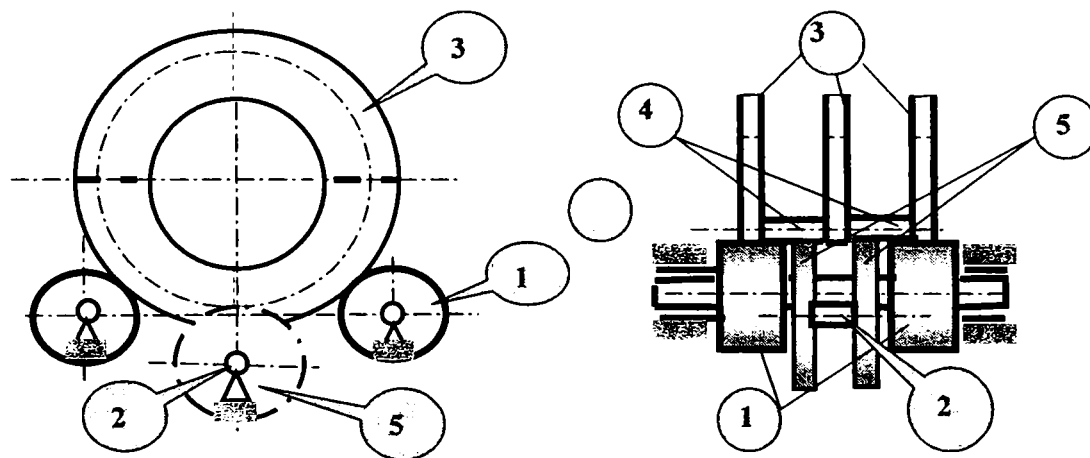


Fig.5.18.Schema de principiu a dispozitivului de poziționare-orientare cu inele.

Fiecare roată conține câte o pereche de inele care se sprijină și se rotesc liber (3) pe rolele (1).

Roțile sunt executate jumelat în vederea introducerii și scoaterii subansamblelor de sudat (planul de separație este reprezentat cu linie întreruptă). Deschiderea/închiderea roților se poate realiza manual sau mecanizat. În cazul închiderii mecanizate se utilizează soluția acționării mișcării cu pneumo-sau hidromotoare liniare.

Acționarea se poate realiza ori printr-o roată de lanț (5) fixată pe axa (2), sau prin frecare, în acest caz rolele (1) fiind acționate.

Se prezintă în continuare calculul puterii motorului de acționare a dispozitivului cu inele, folosindu-se în acest scop schema din fig.5.19.

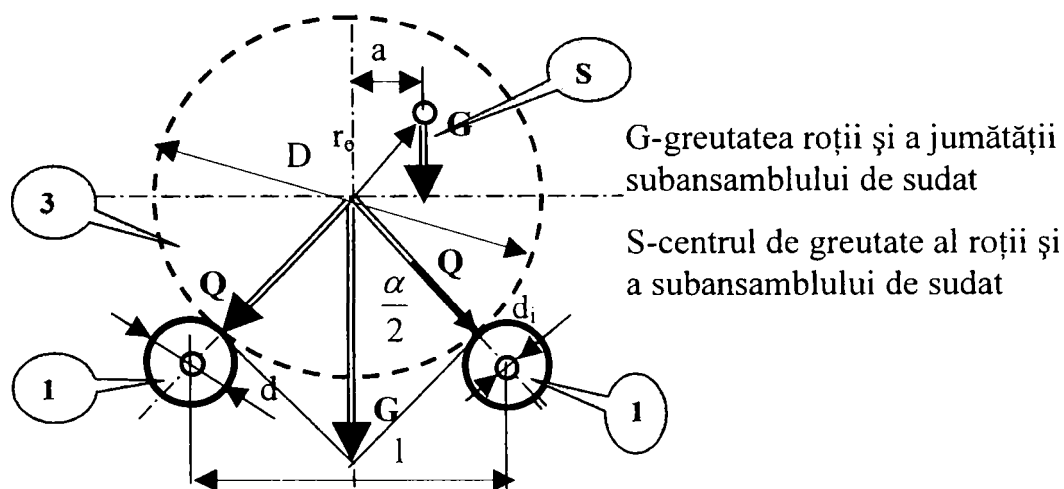


Fig.5.19. Schema de încărcare a dispozitivului cu inele.

Încărcarea radială a rozelor 1 este:

$$Q = \frac{G}{2 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} \quad (5.28.)$$

unde:

- Q este componenta forței G care acționează asupra rozelor de sprijin;

- α , pasul unghiular de dispunere a rozelor 1.

Puterea motorului de antrenare se calculează cu relația:

$$P = \frac{M_{red} \omega_r}{\eta_{red}} \quad (5.29.)$$

unde.

- M_{red} este momentul rezistent redus la arborele motorului;

- ω_r este viteza unghiulară a rotorului motorului;

- η_r este randamentul mecanic al sistemului de acționare.

Momentul rezistent redus se calculează cu relația (5.30.)

$$M_{red} = (M_{\varphi} \omega_1 + M_e \omega_3 + M_d \omega_r + \eta M_{fl}) \frac{l}{\omega_r} \quad (5.30.)$$

unde

- M_{φ} este momentul de frecare de rostogolire între rolă de sprijin și inel;

- M_e este momentul forței gravitaționale a roții împreună cu subansamblu de sudat în raport cu axa de rotire;

- M_d este momentul de accelerare la pornirea mișcării;

- M_{fl} este momentul de frecare în lagărele rozelor de antrenare.

Momentul de frecare de rostogolire între rolă și rolă cu subansamblu de sudat se calculează cu relația (5.31.)

$$M_{\varphi} = Qk \quad (5.31.)$$

unde

k este coeficientul de frecare de rostogolire și se calculează cu relația

$$k = c \cdot \sqrt{r_e} \quad (5.32.)$$

unde

- c este un coeficient care depinde de natura materialului de contact;

- r_e este raza echivalentă și se determină cu relația (5.33.)

$$\frac{1}{r_e} = \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \quad (5.33.)$$

unde:

$$\begin{aligned} R &= \frac{D}{2} \\ r &= \frac{d}{2} \end{aligned} \quad (5.34.)$$

Momentul de forțe gravitaționale este dat de relația (5.35.)

$$M_e = G \cdot \frac{e}{2} \quad (5.35.)$$

Momentul de accelerare se calculează cu relația (5.36.)

$$M_d = \varepsilon \cdot I_s \quad (5.36.)$$

unde

- ε este accelerația unghiulară impusă la pornire;

- I_s este momentul de inerție redus la arborele motorului de acționare.

Momentul de inerție redus se calculează cu relația:

$$I_s = \frac{1}{\omega_r^2} \left(I_3 \omega_3^2 + \frac{G}{g} r_e \omega_3^2 + I_1 \omega_1^2 + I_{tr} \omega_r^2 \right) \quad (5.37)$$

unde:

- I_3 este momentul de inerție masic al roții în raport cu axa sa de rotație;

- I_1 este momentul de inerție masic al rolei de antrenare în raport cu axa sa;

- I_{tr} este momentul de inerție al transmisiei mecanice redus la axul arborelui motorului de acționare.

Momentul de frecare în lagăre este dat de relația (5.38)

$$M_{fl} = \frac{M'_{fl}}{r} R \quad (5.38.)$$

unde

$$M'_{fl} = Q \mu r \quad (5.39.)$$

unde

- μ este coeficientul de frecare și are valori $\mu=0,0025;0,0030$

5.3.2.3. Exactitatea de situare a mesei de poziționare-orientare

Exactitatea unei anumite mărimi se exprimă în mod indirect cu ajutorul erorii, care este diferența dintre valoarea nominală a mărimii respective și valoarea efectivă. Cu cât eroarea este mai mică, cu atât exactitatea este mai mare. În acest context, exactitatea de situare a unui obiect manipulat de masa de poziționare-orientare este exprimată, în mod indirect, de eroarea de situare a mesei de poziționare-orientare.

Această eroare se datorește erorilor situațiilor relative ale elementelor cuplelor conducătoare de rotație ale mesei.

Se consideră cupla cinematică conducătoare de rotație din fig 5.20. între elementele 1 și 2

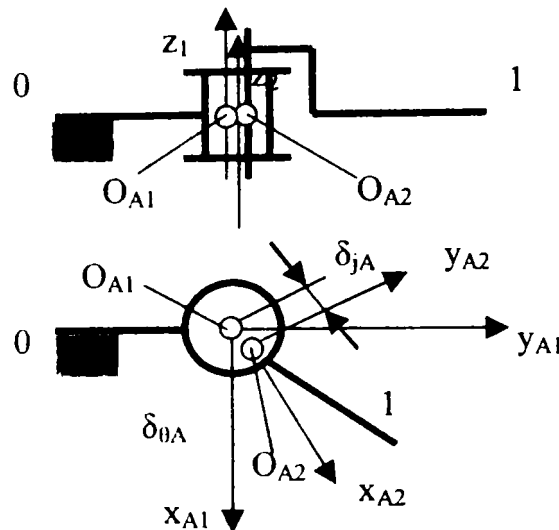


Fig.5.20. Eroarea de situatie în cupla A.

Se consideră sistemele de referință $O_{A1}x_1y_1z_1$ atașat elementului 1 și $O_{A2}x_2y_2z_2$ atașat elementului 2. În cazul în care situarea relativă a elementelor 1 și 2 nu ar fi afectate de eroare, cele 2 sisteme de referință ar fi suprapuse. Cupla cinematică prezintă însă jocul δ_j , reprezentând distanța în planul xOy între originile O_{A1} și O_{A2} a celor două sisteme de referință și eroarea unghiulară de rotație în jurul axei Oz , $\delta_{\theta A}$, datorată în cazul conducerii automate a mișcării cuplei erorii de comandă (pasul unghiular al traductorului de poziție incremental, corespunzător unui impuls “în plus” sau “în minus” dat de acesta) și erorii cinematice a transmisiei mecanice făcând parte din sistemul de acționare al cuplei cinematice conducătoare (axei) sau în cazul acționării manuale a mesei, erorii de indexare.

În condițiile de mai sus, matricea erorii de situatie relativă a elementului 2 față de elementul 1 în cupla cinematică A este matricea de trecere de la sistemul de referință $O_{A2}x_2y_2z_2$ la sistemul de referință $O_{A1}x_1y_1z_1$ și are expresia:

$$\left({}^1E_2 \right)_A = \begin{bmatrix} 1 & -\delta_A & 0 & \delta_{jA} \\ \delta_A & 1 & 0 & \delta_{jA} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.40.)$$

unde s-a considerat: $\sin\delta_A = \delta_A$ și $\cos\delta_A = 1$, iar δ_{jAx} , δ_{jAy} sunt proiecțiile jocului δ_{jA} pe axele Ox și Oy .

Masa de poziționare-orientare cu $M=3$ grade de mobilitate conține 3 cuple cinematice de rotație conducătoare A,B,C cu axe reciproc ortogonale. Schema cinematică a mesei este prezentată în (fig.5.21.)

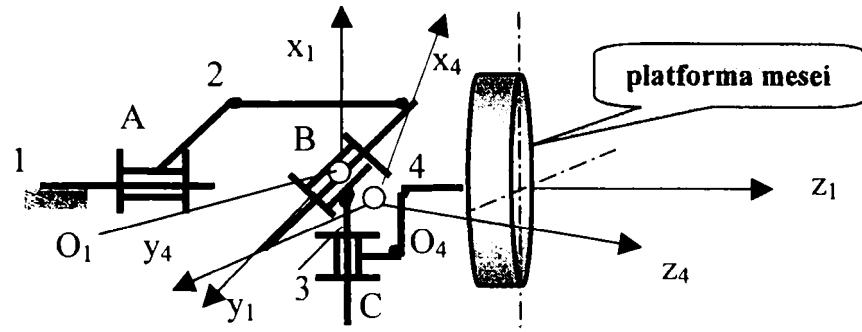


Fig.5.21.Schema cinematică a unei mese de poziționare-orientare cu $M=3$

Fie sistemul de referință al batiului mesei în situarea ideală $O_1x_1y_1z_1$, iar în situarea reală $O_4x_4y_4z_4$, Matricea erorii de situare a platformei mesei va fi:

$$\underline{E}_{MPO} = \underline{{}^1E_4} = \left(\underline{{}^1E_2 \right)_A \cdot \left(\underline{{}^2E_3 \right)_B \cdot \left(\underline{{}^3E_4 \right)_C$$

$$\underline{E}_{MPO} = \begin{bmatrix} 1 & \delta_A & 0 & \delta_{jAx} \\ \delta_A & 1 & 0 & \delta_{jAy} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & \delta_B & \delta_{jBx} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\delta_B & 0 & 1 & \delta_{jBz} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -\delta_C & \delta_{jCy} \\ 0 & \delta_C & 1 & \delta_{jCz} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & -\delta_A + \delta_B \cdot \delta_C & \delta_A \cdot \delta_C + \delta_B & -\delta_A \cdot \delta_{jCy} + \delta_B \cdot \delta_{jCz} + \delta_{jBx} + \delta_{jAx} \\ \delta_A & 1 + \delta_A \cdot \delta_B \cdot \delta_C & -\delta_C + \delta_A \cdot \delta_B & \delta_{jCy} + \delta_A \cdot \delta_B \cdot \delta_{jCz} + \delta_A \cdot \delta_{jBx} + \delta_{jAy} \\ -\delta_B & \delta_C & 1 & \delta_{jCz} + \delta_{jBz} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.41.)$$

În fig.5.22. s-a reprezentat ansamblul “obiect în dispozitivul de lucru” în situarea nominală (“ideală”) față de batiul mesei de poziționare –orientare (precizată

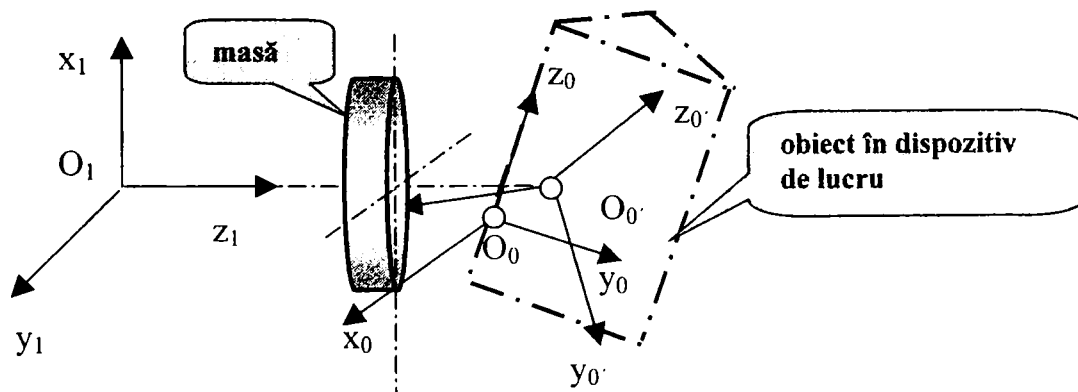


Fig.5.22. Situația ansamblului “obiect” în dispozitivul de lucru în raport cu masa de poziționare-orientare

cu ajutorul sistemului de referință $O_0x_0y_0z_0$) cât și în situația reală (precizată cu ajutorul sistemului de referință $O_0x_0y_0z_0$). Situația nominală ("ideală") fiind exprimată prin matricea de trecere de la sistemul de referință $O_0x_0y_0z_0$ la sistemul de referință $O_1x_1y_1z_1$, $({}^1T_0)_{ideală}$

$$({}^1T_0) = E_{MPO} \cdot ({}^1T_0)_{ideală} \quad (5.42.)$$

5.4. DISPOZITIVE DE LUCRU ÎN SISTEMELE DE FABRICAȚIE FLEXIBILĂ PENTRU FABRICAREA SUBANSAMBLELOR DE VAGOANE DE CALE FERATĂ

5.4.1. Probleme specifice generale

Dispozitivele de lucru din cadrul sistemelor de fabricație prin sudare au rolul de a situa relativ într-un mod bine determinat componentele care urmează a fi asamblate nedemontabil, situarea (absolută) univocă a întregului subansamblu în raport cu batiul dispozitivului (funcția de situare) și asigurarea menținerii în timp a acestor situații (funcția de fixare).

Funcția de situare a componentelor respectiv a subansamblului (denumit în continuare obiect de lucru) se realizează prin contactul suprafețelor lor cu suprafețele unor elemente din componența dispozitivului de lucru. Teoretic, un punct de contact al obiectului de lucru elimină un grad de libertate a acestuia. În consecință, situarea univocă a obiectului de lucru impune contactul lui cu elemente ale dispozitivului de lucru printr-un număr de 6 puncte. În mod obișnuit, aceste puncte sunt grupate pe elemente de așezare, de ghidare și de ciocnire. În fig. 5.23. se prezintă dispunerea

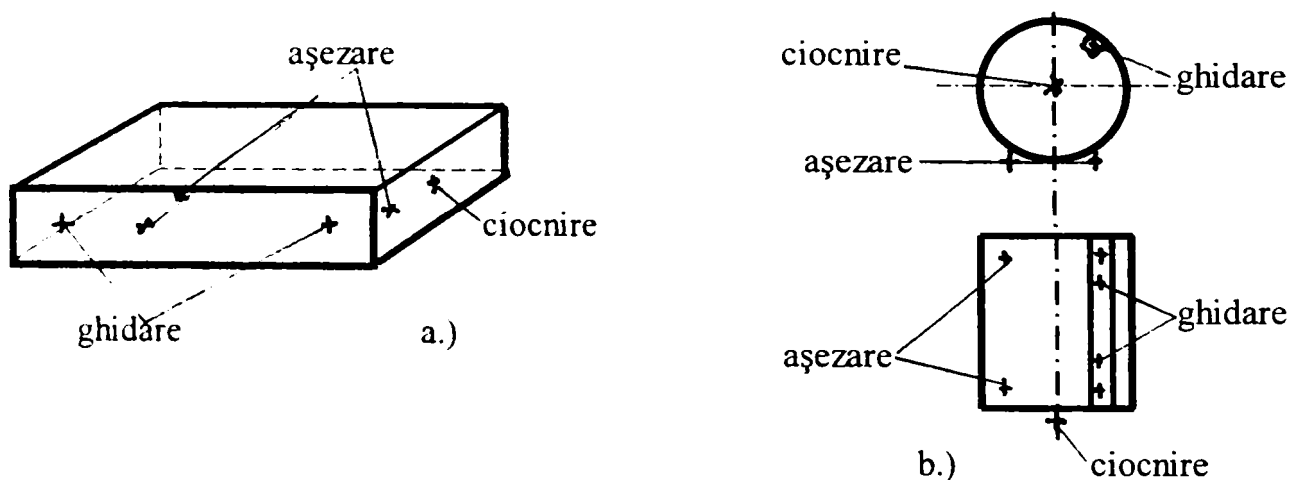


Fig.5.23. Schema dispunerii punctelor de contact ale obiectului de lucru cu elementele dispozitivului de lucru.

punctelor de contact ale obiectului de lucru prismatic (a.) respectiv cilindric (b.)

Punctele de contact se pot reuni în suprafețe (spre exemplu cele 3 puncte de contact de așezare, varianta a.), linii (spre exemplu cele 4 puncte de așezare în varianta b.) în 2 linii). Exactitatea situației impune realizarea contactului între obiectul

de lucru și elementele dispozitivului de lucru în entități geometrice cât mai apropiate de punct.

Dispozitivele de lucru din cadrul sistemelor de sudare a subansamblelor de vehicule feroviare se împart în dispozitive de montaj, folosite în celulele de montare-sudare provizorie în puncte și dispozitive de sudat, utilizate în celule de sudare sau numai dispozitiv de sudat. Din punctul de vedere al funcției de așezare a situații relative și absolute a obiectelor de lucru: dispozitivele de montaj și cele de sudat au roluri similare.

Funcția de situare a dispozitivelor de montaj, respectiv de sudare se realizează în mod automat, prin introducerea obiectului de lucru în dispozitiv până la atingerea elementelor de contact. Flexibilitatea funcției de situare la dispozitivele de montaj și sudare se asigură prin posibilitatea de adaptare a acestora la obiectul de lucru de formă și dimensiuni diferite, ce se realizează prin reglarea poziției sau schimbarea elementelor de contact. În fig. 5.24. se prezintă schematic modul de adaptare a unui dispozitiv de lucru la situarea a două obiecte de lucru diferite.

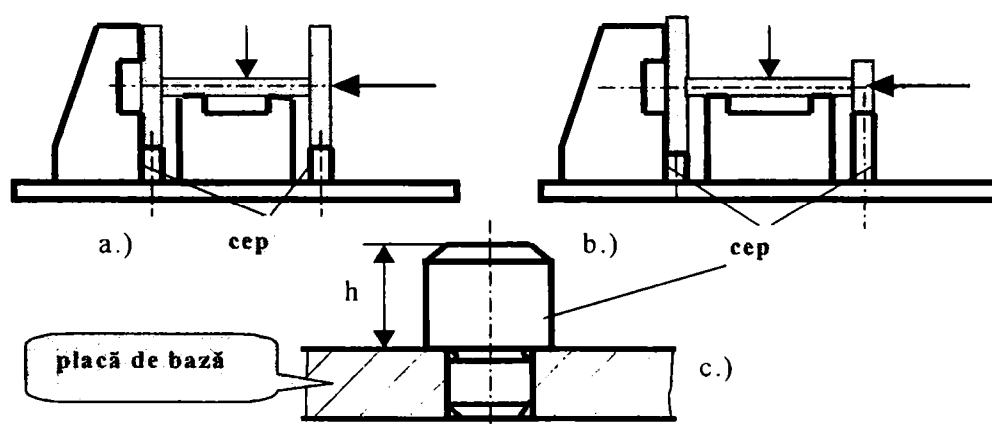


Fig.5.24. Schema adaptării unui dispozitiv de lucru a 2 obiecte de lucru de formă diferite.

Pentru exemplificare s-a luat în considerare ca obiecte de lucru diferite din cadrul aceleiași grupe o traversă diagonală și un longron intermediar, ambele având forma secțiunii transversale profil I sudat. Traversă diagonală fig.5.24.a.) fiind un profil I simetric cu grosimea inimii $s_i=8$ mm și grosimea tălpilor $s_t=10$ mm, iar longeronul intermediar fiind un profil I asimetric cu $s_i=10$ mm și $s_t=12$ mm respectiv $s_t=14$ mm.

În ambele cazuri suprafața de așezare pentru talpa din stânga figurii este realizată din câte două elemente a două puncte de așezare, iar ghidarea se realizează prin două cepuri amovibile montate în acelaș plan transversal în placa de bază (vezi fig.5.24.c.). Înălțimea "h" a cepului amovibil este corespunzătoare cu lățimea tălpii. (pentru talpă lată înălțime mică și pentru talpă îngustă înălțime mare.)

Pentru situarea inimii suprafețele de așezare sunt realizate în mod identic cu cea a tălpilor descrise mai sus.

Pentru situarea tălpilor din dreapta ca suprafețele de așezare ale acestora sunt utilizate părțile laterale a inimilor, iar ca suprafața de ghidare câte două cepuri amovibile montate în placa de bază a dispozitivului.

Suprafața de ciocnirea se execută lateral pentru ambele tipuri de obiecte de lucru în același loc și în același mod.

Funcția de fixare se realizează cu elemente de strângere rapidă în dreptul punctelor de așezare.

Funcția de fixare a dispozitivelor de lucru se realizează prin aplicarea de către acestea a unor forțe de strângere asupra obiectului de lucru situate în prealabil cu ajutorul unor elemente de strângere. Forțele de strângere în cauză împiedică deplasarea relativă a obiectului de lucru în raport cu un element de contact al dispozitivului de lucru.

În fig.5.25. se prezintă schema fixării unui obiect de lucru în dispozitivul de lucru.

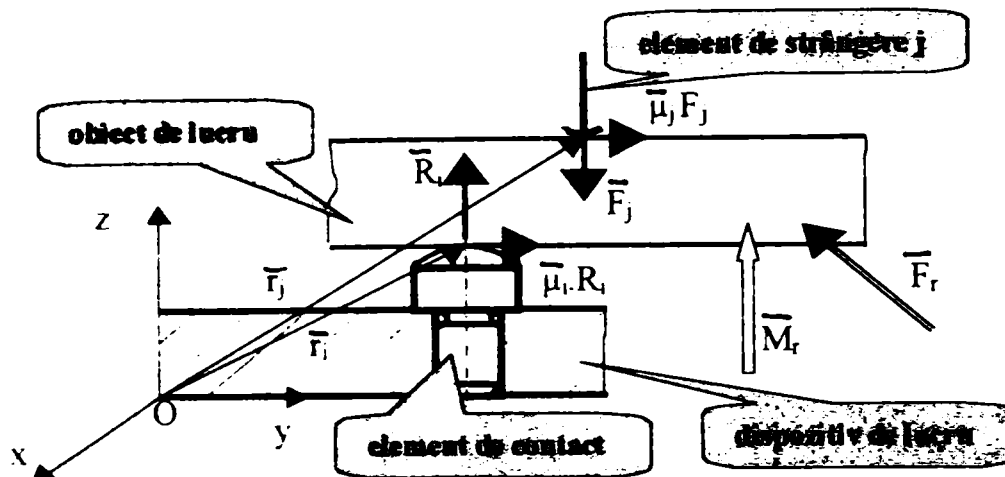


Fig.5.25.Schema fixării obiectului de lucru în dispozitivul de lucru

Torsorul rezultat (F_r , M_r) al forțelor care solicită obiectul de lucru trebuie echilibrat prin acțiunea forțelor de strângere \bar{F}_j și a reacțiilor provocate de acestea în punctele de contact \bar{R}_i . Ca urmare:

$$\bar{F}_r + \sum_{j=1}^s (\bar{F}_j + \bar{\mu}_j \cdot F_j) + \sum_{i=1}^s (\bar{R}_i + \bar{\mu}_i \cdot R_i) = 0 \quad (5.43.)$$

$$\bar{M}_r + \sum_{(j=1)}^s \bar{r}_j x (\bar{F}_j + \bar{\mu}_j \cdot F_j) + \sum_{i=1}^s \bar{r}_i x (\bar{R}_i + \bar{\mu}_i \cdot R_i) = 0$$

unde: \bar{F}_j este forța de strângere în elementul de strângere j , $\bar{\mu}_j$ versorul forței de frecare la același element de strângere, r_j este vectorul de poziție al punctului de aplicație comun al forței de strângere \bar{F}_j și a forței de frecare $\bar{\mu}_j \cdot F_j$, R_i este reacțiunea din punct de contact i , μ_i versorul forței de frecare la același element de contact, r_i este vectorul de poziție al punctului de aplicație comun al reacțiunii \bar{R}_i și a forței de frecare $\bar{\mu}_i \cdot R_i$. Sistemul de ecuații (5.49.) permite calculul forțelor de strângere \bar{F}_j necesar pentru o dispunere dată ale punctului de contact și a elementelor de strângere.

În cazul dispozitivelor de montaj, torsorul (F_r , M_r) se datorește doar forțelor gravitaționale care acționează asupra elementelor componente, respectiv subansamblului

În cazul dispozitivelor de sudare, în plus față de forțele gravitaționale este necesar să se ia în considerare și forțele care apar datorită împiedicării dilatației respectiv contracției termice a componentelor în timpul executării operației de sudare.

Din punctul de vedere al dilatării și contracției termice a componentelor, dispozitivul de sudare poate fi proiectat fie să împiedice asemenea deformații, fie să nu le împiedice.

În primul caz, forțele de strângere și structura dispozitivului de sudare înving forțele datorită deformațiilor termice împiedicate ceea ce conduce la tensiuni remanente mari în subansamblu, dar deformațiile remanente după sudură sunt ne semnificative.

În cazul în care ulterior subansamblul în cauză se mai îmbină prin sudură cu alte elemente, tensiunile remanente pot cauza deformații permanente care să facă produsul inutilizabil.

Dacă raportul dintre dimensiunile transversale și cele longitudinale ale subansamblului sudat este mai mare decât 10÷15, se poate întâmpla ca datorită tensiunilor remanente care apar între elementele dispozitivului de lucru și subansamblu forțe de frecare atât de mari încât extragerea subansamblului din dispozitiv se poate realiza doar cu măsuri speciale (spre ex. extragerea unor adaosuri din corpul dispozitivului, utilizarea unor elemente de strângere acționate pneumatic, aerul fiind elastic)

În cazul în care dispozitivul de sudare permite deformarea termică a componentelor în timpul sudării, subansamblul va avea deformații permanente mari, care necesită operații de îndreptare ulterioare. Acest dezavantaj se poate reduce prin alegerea unei ordine de sudare convenabilă, care se respectă riguros în condițiile execuției automate (se elimină eventuala indisciplină tehnologică a operatorului uman).

Funcția de fixare a dispozitivelor de montaj și de sudare în condițiile flexibilității sistemului se realizează prin posibilitatea de reglare a poziției elementelor de strângere și/sau de schimbare a acestora cu altele, în funcție de modificarea formei componentelor sau subansamblului care urmează să fie montat/sudat în dispozitiv. În fig.5.26. se prezintă un exemplu privind adaptarea unui dispozitiv de lucru la fixarea a două obiecte de lucru, pornind de la aceleași exemple ca cele prezentate în fig.5.17. cu deosebirea ca talpa inferioară a longeronului

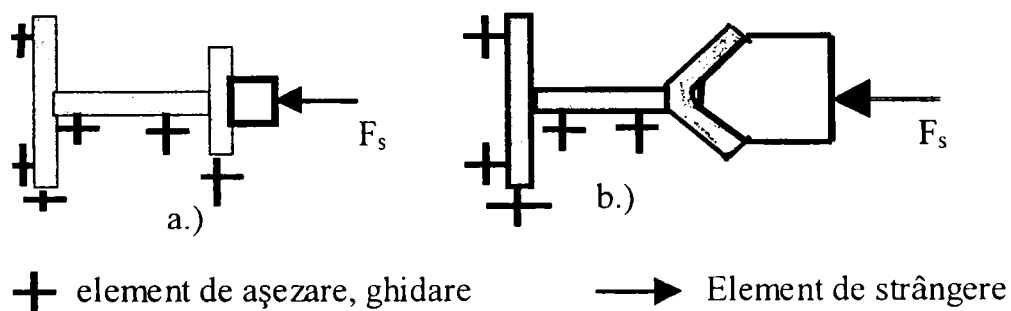


Fig.5.26. Schema adaptării unui dispozitiv de lucru la fixarea a două obiecte de lucru intermediar este un profil cornier în loc de platbandă. În acest caz se modifică (se

înlocuiește) doar elementul de contact între elementul de strângere și obiectul de lucru, restul dispozitivului rămânând neschimbată.

Realizarea automată a funcției de strângere a dispozitivului de montaj și de sudare se realizează prin acționarea elementelor de strângere - pneumatică sau hidraulică- și comanda automată a pornirii/opririi acționării în sensul strângerii respectiv destrângerii elementelor de strângere. Acționarea pneumatică a elementelor de strângere prezintă avantajul funcționării rapide și a caracterului elastic al strângerii (a se vedea mai sus). Acționarea hidraulică se utilizează pentru fixarea unor subansambluri de greutate mai mare, respectiv unde se urmărește împiedicarea unor deformații termice mari.

În fig.5.27. se prezintă schema acționării (pneumatice sau hidraulice) a unui element de strângere al unui dispozitiv de lucru.

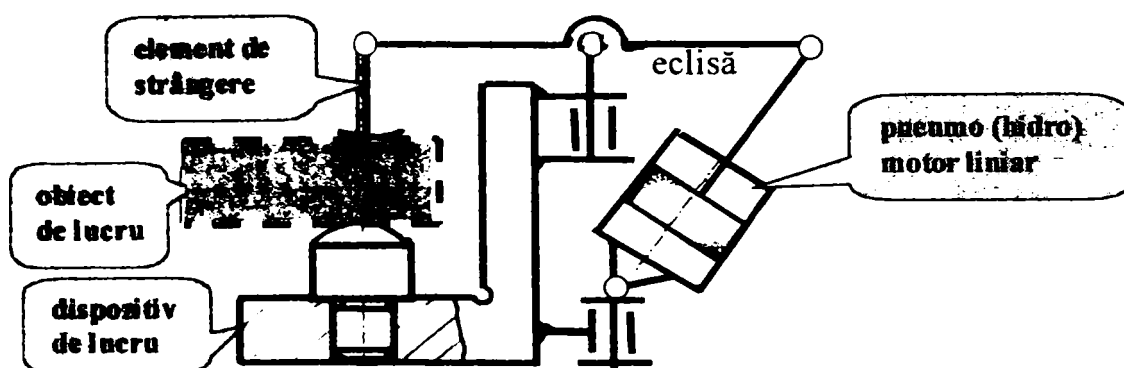


Fig.5.27. Schema acționării unui element de strângere

În concepția dispozitivelor de montaj și de sudare se ține seama de geometria subansamblului de sudat (2D;3D), gabaritul acestuia, natura elementelor componente (lamine de grosime mică, mijlocie, mare), funcționalitatea subansamblului (recipienți de joasă/înaltă presiune, suporturi, montanți de precizie) etc. Construcția dispozitivului de montaj respectiv de sudare trebuie să permită accesul facil al capului de sudare în zona cusăturii de executat.

Dispozitivele de lucru sunt utilizate în cadrul sistemelor de sudare a subansamblelor de vagoane feroviare pentru următoarele avantaje: ușurarea și reducerea timpului afectat situării și fixării obiectului de lucru, creșterea pe această cale a productivității muncii, aducerea obiectelor în poziții optime pentru executarea sudurii (orizontală pentru cusături cap la cap și de jgheab pentru cusături de colț) eliminarea/reducerea deformațiilor termice ale obiectului de lucru, inclusiv prin conducerea adecvată a căldurii degajate la locul de sudare, ușurarea recepției subansamblelor sudate.

5.4.2. Determinarea exactității de situare a dispozitivelor de montaj și sudare utilizate în sistemele de fabricație a subansamblelor vagoanelor de cale ferată

Elementele componente ale subansamblelor vagoanelor de cale ferată sunt confecționate din tablă, profile laminate la cald sau la rece, semifabricate turnate sau deformate plastic la cald, prin matrițare sau forjare liberă. Debitarea acestor componente se realizează prin tăiere termică (cu oxigaz sau cu plasmă), tăiere cu foarfecă sau cu ferestru mecanic. Suprafețele componentelor care vin în contact cu elementele de contact ale dispozitivelor de lucru, respectiv suprafețele rosturilor de sudare se “pregătesc” prin muncă de lăcătușerie și prelucrări prin așchiere în vederea realizării unei situații cât mai exacte pe de o parte, respectiv crearea unor condiții cât mai bune pentru realizarea cusăturii sudate pe de altă parte. În vederea diminuării cheltuielilor de manoperă, precizia “pregătirii” componentelor este relativ redusă. Ca urmare, în timpul executării cusăturii sudate, situarea reală a rostului va diferi de cea ideală prevăzută în documentație.

În condițiile fabricației “clasice”, dezavantajele “pregătirii aproximative” a componentelor sunt compensate de “priceperea” sudorilor care execută manual cusătura și care adaptează conducerea capului de sudare la geometria reală a rostului. În condițiile sudării automate este necesar să se prevadă măsuri tehnice pentru evitarea dezavantajelor menționate mai sus.

O cale de rezolvare a acestor deziderate este aceea de a crește precizia “pregătirii” componentelor. Această soluție prezintă dezavantajul creșterii costurilor legate de operațiile de “pregătire”, ceea ce o face inutilizabilă. O altă soluție este conducerea automată adaptivă a procesului de sudare, care să țină seama de geometria reală a rostului. Pentru proiectarea conducerii automate adaptive este necesar să se evalueze erorile de situare ale componentelor în dispozitivul de lucru.

În continuare se ilustrează modul în care se poate determina prin calcule erori de situare a unei componente de formă prin matrici într-un dispozitiv de lucru. Calculele prezintă o adaptare parțială la soluția acestor probleme a metodei și algoritmului de calcul a exactității de situare unui robot industrial [KOV 82] [VĂC 98]

În schema din fig.5.28. se prezintă situarea unui obiect de lucru prismatic, la care s-a atașat sistemul de referință $O_0x_0y_0z_0$, într-un dispozitiv de lucru la care s-a atașat sistemul de referință $O_dx_dy_dz_d$.

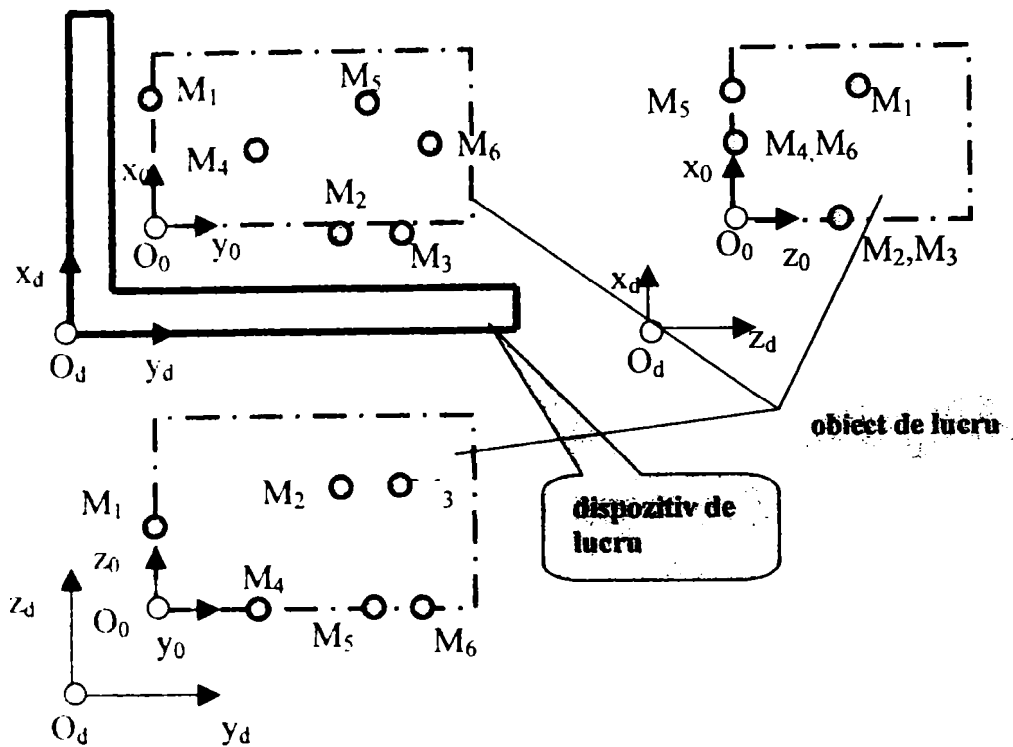


Fig.5.28. Schema situației obiectului de lucru (componentei) în dispozitivul de lucru

Situarea obiectului de lucru în raport cu dispozitivul de lucru se realizează prin intermediul a 6 puncte de contact, cu distribuție pe fețe 1+2+3 (fig 5.23.). În condițiile formei geometrice ideale ale obiectului de lucru și a dispozitivului de lucru fie coordonatele punctului de contact M_i sunt x_i, y_i, z_i ($i \in \{1, 6\}$). Forma geometrică reală a componentei determină următoarele modificări de coordonate (pe direcții perpendiculare pe fețele obiectului de lucru)

$$\begin{aligned}
 y'_1 &= y_1 + \delta_1 \\
 x'_2 &= x_2 + \delta_2 \\
 x'_3 &= x_3 + \delta_3 \\
 z'_4 &= z_4 + \delta_4 \\
 z'_5 &= z_5 + \delta_5 \\
 z'_6 &= z_6 + \delta_6
 \end{aligned}
 \tag{5.44.}$$

unde: x'_i, y'_i, z'_i , sunt coordonatele reale ale punctului de contact M_i ($i \in \{1, 6\}$) iar $\delta_1, \dots, \delta_6$ sunt modificări ale dimensiunilor reale ale obiectului de lucru în raport cu dimensiunile ideale, măsurate în punctele de contact, perpendicular pe fețele obiectului de lucru.

Cu acestea, situarea obiectului de lucru ideal în dispozitiv este dată de matricea de trecere de la sistemul de referință $O_0 x_0 y_0 z_0$ la sistemul de referință $O_d x_d y_d z_d$

$$\left({}^d T_0 \right)_{ideal} = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.45.)$$

de unde:

$$\begin{aligned} n_x &= \frac{A_1}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2 + C_1^2}} \\ n_y &= \frac{B_1}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2 + C_1^2}} \\ n_z &= \frac{C_1}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2 + C_1^2}} \\ o_x &= \frac{A_{23}}{\sqrt{A_{23}^2 + B_{23}^2 + C_{23}^2}} \\ o_y &= \frac{B_{23}}{\sqrt{A_{23}^2 + B_{23}^2 + C_{23}^2}} \\ o_z &= \frac{C_{23}}{\sqrt{A_{23}^2 + B_{23}^2 + C_{23}^2}} \\ a_x &= \frac{A_{456}}{\sqrt{A_{456}^2 + B_{456}^2 + C_{456}^2}} \\ a_y &= \frac{B_{456}}{\sqrt{A_{456}^2 + B_{456}^2 + C_{456}^2}} \\ a_z &= \frac{C_{456}}{\sqrt{A_{456}^2 + B_{456}^2 + C_{456}^2}} \\ p_x &= x_2 \\ p_y &= y_1 \\ p_z &= z_4 \end{aligned} \quad (5.46.)$$

unde:

$$A_1 = \frac{\begin{bmatrix} 1 & y_1 & z_1 \\ 0 & B_{456} & C_{456} \\ 0 & B_{23} & C_{23} \end{bmatrix}}{D_1}; \quad B_1 = \frac{\begin{bmatrix} x_1 & 1 & z_1 \\ A_{456} & 0 & C_{456} \\ A_{23} & 0 & C_{23} \end{bmatrix}}{D_1};$$

$$C_1 = \frac{\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ A_{456} & B_{456} & 0 \\ A_{23} & B_{23} & 0 \end{bmatrix}}{D_1} \quad D_1 = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ A_{456} & B_{456} & C_{456} \\ A_{23} & B_{23} & C_{23} \end{bmatrix} \quad (5.47.)$$

$$A_{23} = \frac{\begin{bmatrix} 1 & y_2 & z_2 \\ 1 & y_3 & z_3 \\ 0 & B_{456} & C_{456} \end{bmatrix}}{D_{23}} \quad B_{23} = \frac{\begin{bmatrix} x_2 & 1 & z_2 \\ x_3 & 1 & z_3 \\ A_{456} & 0 & C_{456} \end{bmatrix}}{D_{23}}$$

$$C_{23} = \frac{\begin{bmatrix} x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \\ A_{456} & B_{456} & 0 \end{bmatrix}}{D_{23}} \quad D_{23} = \begin{bmatrix} x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \\ A_{456} & B_{456} & C_{456} \end{bmatrix} \quad (5.47')$$

$$A_{456} = \frac{\begin{bmatrix} 1 & y_4 & z_4 \\ 1 & y_5 & z_5 \\ 1 & y_6 & z_6 \end{bmatrix}}{D_{456}}; \quad B_{456} = \frac{\begin{bmatrix} x_4 & 1 & z_4 \\ x_5 & 1 & z_5 \\ x_6 & 1 & z_6 \end{bmatrix}}{D_{456}};$$

$$C_{456} = \frac{\begin{bmatrix} x_4 & y_4 & 1 \\ x_5 & y_5 & 1 \\ x_6 & y_6 & 1 \end{bmatrix}}{D_{456}} \quad D_{456} = \begin{bmatrix} x_4 & y_4 & z_4 \\ x_5 & y_5 & z_5 \\ x_6 & y_6 & z_6 \end{bmatrix} \quad (5.48.)$$

Situarea obiectului de lucru real în dispozitiv este dată de matricea de trecere de la sistemul de referință $O_0 \cdot x_0 \cdot y_0 \cdot z_0$, legat de obiect de lucru real la sistemul de referință $O_d \cdot x_d \cdot y_d \cdot z_d$, legat de dispozitivul de lucru

$${}^d(T_{0'})_{real} = \begin{bmatrix} n'_x & o'_x & a'_x & p'_x \\ n'_y & o'_y & a'_y & p'_y \\ n'_z & o'_z & a'_z & p'_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.49.)$$

unde:

$$\begin{aligned} n'_x &= \frac{A'_1}{\sqrt{A_1'^2 + B_1'^2 + C_1'^2}} \\ n'_y &= \frac{B'_1}{\sqrt{A_1'^2 + B_1'^2 + C_1'^2}} \\ n'_z &= \frac{C'_1}{\sqrt{A_1'^2 + B_1'^2 + C_1'^2}} \\ o'_x &= \frac{A'_{23}}{\sqrt{A_{23}'^2 + B_{23}'^2 + C_{23}'^2}} \\ o'_y &= \frac{B'_{23}}{\sqrt{A_{23}'^2 + B_{23}'^2 + C_{23}'^2}}; \\ o'_z &= \frac{C'_{23}}{\sqrt{A_{23}'^2 + B_{23}'^2 + C_{23}'^2}} \\ a'_x &= \frac{A'_{456}}{\sqrt{A_{456}'^2 + B_{456}'^2 + C_{456}'^2}} \\ a'_y &= \frac{B'_{456}}{\sqrt{A_{456}'^2 + B_{456}'^2 + C_{456}'^2}} \\ a'_z &= \frac{C'_{456}}{\sqrt{A_{456}'^2 + B_{456}'^2 + C_{456}'^2}} \\ p'_x &= x_2 + \delta_2 \\ p'_y &= y_1 + \delta_1 \\ p'_z &= z_4 + \delta_4 \end{aligned} \quad (5.50)$$

În relațiile (5.50.) $A'_1; B'_1; C'_1; A_{23}'; B_{23}'; C_{23}'; A_{456}'; B_{456}'; C_{456}'$ se calculează cu relațiile (5.46.), (5.47.), (5.47¹) și (5.48.) pentru calculul mărimilor $A_1, B_1, C_1; A_{23}, B_{23}, C_{23}; A_{456}, B_{456}, C_{456}$; înlocuind coordonatele $y'_1; x'_2; x'_3; z'_4; z'_5; z'_6$ calculate conform relației (5.44)

Matricea erori de situare a obiectului de lucru în dispozitivul de lucru \underline{E}_{dl} operează trecerea de la sistemul de referință $O_0 \cdot x_0 \cdot y_0 \cdot z_0$, la sistemul de referință $O_0 \cdot x_0 \cdot y_0 \cdot z_0$. Ca urmare:

$$\underline{\left({}^d T_0\right)}_{real} = \underline{E}_{dt} \cdot \underline{\left({}^d T_0\right)}_{ideal} \quad (5.51.)$$

sau

$$\underline{E}_{dt} = \underline{\left({}^d T_0^{-1}\right)}_{ideal} \cdot \underline{\left({}^d T_0\right)}_{real} \quad (5.52.)$$

5.4.3. Influența deformațiilor termice datorate sudării a componentelor asupra situării acestora în dispozitivul de lucru.

S-a arătat în paragraful 5.4.1. că procesul de sudare a componentelor subansamblelor de vehicule feroviare poate conduce la deformarea termică a acestora, datorită dilatării/ contractiei materialului. În cazul în care dispozitivul de lucru permite deformarea termică a componentei, zona rostului care se găsește în dreptul capului de sudare își modifică situarea reală în raport cu situarea ideală, impusă de dispozitivul de lucru, componentelor "reci". Această modificare a situării se poate exprima prin matricea de eroare \underline{E}_{dt}

În fig.5.29. fie $\underline{\left({}^d T_0\right)}_{ideal}$ matricea de situare a sistemului de referință $O_0x_0y_0z_0$ atașat formeii de rost nedeformat termic din dreptul capului de sudare în raport cu sistemul de referință $O_0 \cdot x_0 \cdot y_0 \cdot z_0$, atașat dispozitivului de lucru, iar $\underline{\left({}^d T_0\right)}_{real}$, matricea

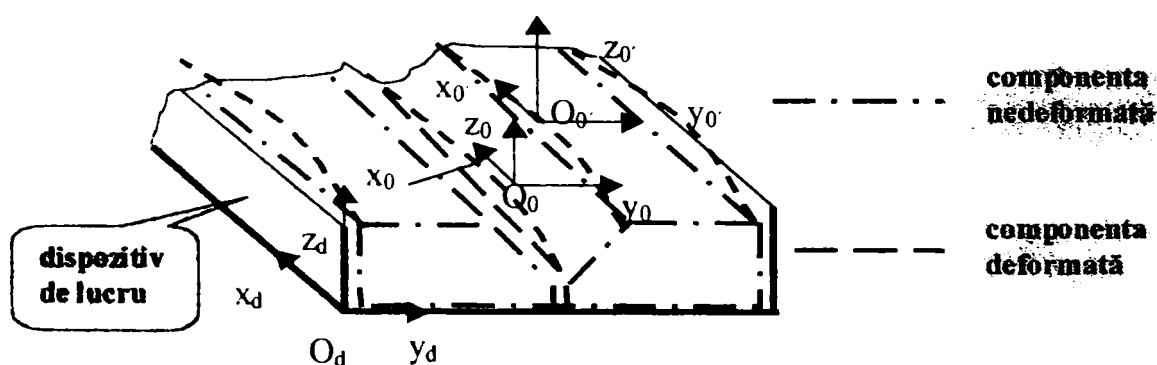


Fig.5.29. Sistem de referință în cazul componentelor nedeformate și deformate termic.

de situare a aceluiași sistem de referință $O_0 \cdot x_0 \cdot y_0 \cdot z_0$ cu tendința deformării termice a elementelor între care se formează rostul, în raport cu sistemul de referință atașat dispozitivului.

$$\underline{\left({}^d T_0\right)}_{real} = \underline{E}_{dt} \cdot \underline{\left({}^d T_0\right)}_{ideal} \quad (5.53.)$$

cu aceasta

$$\underline{E}_{dt} = \underline{\left({}^d T_0\right)}_{real} \cdot \underline{\left({}^d T_0^{-1}\right)}_{ideal} \quad (5.54.)$$

Situarea reală a sistemului de referință atașat formeii de rost din dreptul capului de sudare format de elemente care se deformează termic se poate calcula cunoscând

câmpul termic și folosind spre exemplu metoda elementului finit. Această situație se modifică în timp, odată cu deplasarea capului de sudare. Efectuarea în timp real a acestor calcule în așa mod, încât rezultatele lor să fie utilizabile în conducerea adaptivă a robotului de sudare este dificilă.

Determinarea experimentală a situației reale se realizează cu ajutorul senzorilor de rost. Pentru alegerea senzorului de rost și evaluarea cantitativă a fenomenului de deformări termice a rostului s-au efectuat experiențe ale căror desfășurare și rezultate se prezintă în continuare.

În vederea verificării influenței deformațiilor termice datorită sudării cu arc electric s-a pregătit două subansamble sub formă de profil "T" (vezi fig.5.30.)

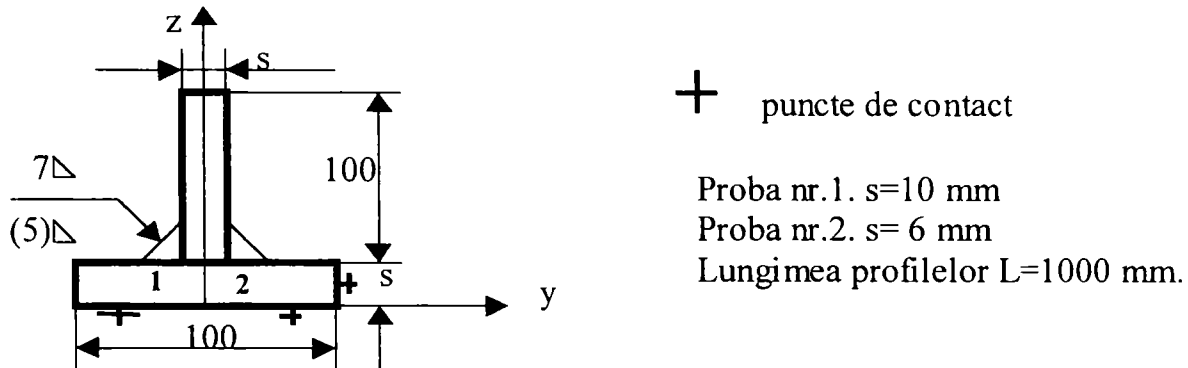


Fig.5.30. Secțiunea transversală a profilului "T".

Dimensiunile transversale au fost alese de 10 ori mai mici decât cele longitudinale.

Cele două componente pe partea inimii notate cu "2" au fost prinse cu sudură în prealabil. Subansamblul astfel obținut a fost situat într-un dispozitiv conceput și executat în acest scop.

Situarea profilului "T" în dispozitiv s-a realizat prin așezarea pe partea inferioară a tălpii în 4 puncte, ghidarea pe suprafața laterală longitudinală a tălpii, pe partea prinderii provizorie, iar ciocnirea s-a făcut pe suprafața frontală a tălpii. Fixarea profilului s-a realizat doar în direcția longitudinală a profilului cu ajutorul unui șurub, permițându-se doar deplasarea transversală a profilului după planul zOy datorită dilatării/contractării. Prin această soluție se imită situația și fixarea subansamblelor în dispozitive de lucru în cadrul unor celule de fabricate automatizate sau robotizate.

Dispozitivul special s-a mai dotat cu 8 comparatoare amplasate conform fig.5.31.

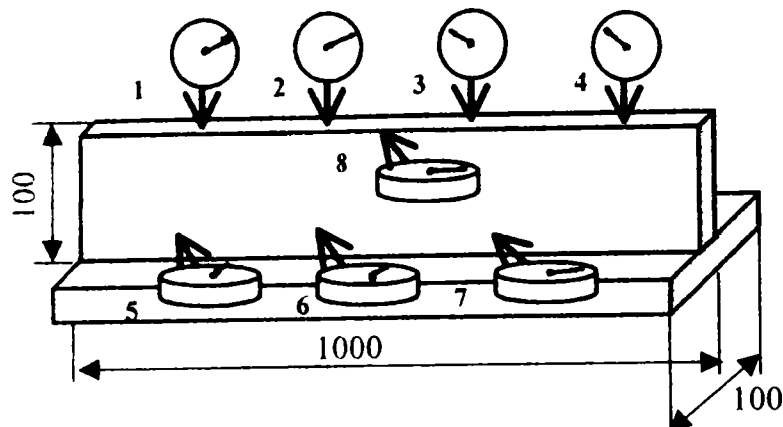


Fig 5.31. Amplasarea comparatoarelor pentru măsurarea deplasărilor în timpul experienței.

Patru comparatoare (1÷4) au fost amplasate pe partea superioară a inimii pentru măsurarea deplasărilor verticale, trei comparatoare (5÷7) pe partea laterală inferioară a inimii pentru măsurarea deplasărilor orizontale. Ambele direcții fiind în planul perpendicular pe axa longitudinală a profilului (Ox). Comparatorul nr.8. a fost amplasat pe partea laterală superioară a inimii în vederea măsurării deformației unghiulare respectiv pentru determinarea erorii de măsurare.

S-a sudat cordonul notat cu "1" pe profilul "T" cu grosimea componentelor $s=10$ mm. cu procedeul de sudare cu arc electric în mediu de gaz protector (Corgon =82%Ar+18% CO₂) (fig.5.30.). După răcirea profilului la temperatura mediului ambiant s-a sudat și cordonul notat cu "2".

Rezultatele măsurătorilor pentru profil "t" cu grosime $s=10$ mm au fost trecute în tabelul nr.5.2. Dimensiunile sunt în mm.

Tabelul nr.5.2. Rezultatele măsurătorilor experimentale pentru profilul T
Cordonul 1.

Nr. măsurătorii.	Nr. comparatorului							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1.	-0,10	-0,03	0,05	0,03	-0,70	-0,40	-0,10	0,00
2.	-1,50	-0,27	-0,15	0,00	-1,10	-1,30	-0,40	-0,20
3.	-1,80	-0,27	-0,65	-0,15	-1,35	-2,40	-1,40	-0,90
4.	-1,60	-1,04	-0,95	-0,30	-1,80	-2,80	-2,00	-1,70
5.	0,00	-0,79	0,17	-0,35	0,10	1,30	0,20	0,15

Cordonul 2.

Nr. măsurătorii.	Nr. comparatorului.							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1.	-0,22	-0,15	-0,10	0,00	-0,10	0,20	0,15	0,00
2.	-0,80	-0,70	-0,52	-0,15	-0,49	0,00	0,25	-0,05
3.	-1,13	-1,50	-0,80	-0,25	-0,49	-0,60	0,25	-0,10
4.	-1,00	-1,55	-1,20	-0,05	-0,40	0,20	0,35	0,05
5.	0,00	-1,40	-0,30	0,00	0,20	0,40	0,00	0,25

Pe baza rezultatelor măsurătorilor s-au ridicat diagramele din fig.5.32. indicând foarte clar migrarea punctelor care formează cordonul de sudură. Analizând aceste rezultate se constată că în timpul operației de sudare cu arc electric rezultă că, aceste puncte părăsesc locul lor deplasându-se până la 2,5÷3,5 mm.

Din compararea rezultatelor prezentate sub forma de diagrame pentru cele două cordoane "1" și "2" rezultă deplasări mai mari la primul. Acest lucru se explică prin faptul că după realizarea cordonului nr.1. profilul devine mai rigid, respectiv aproximativ același încălzire locală (parametri primari ai regimului de sudare sunt identici deci și energia liniară este aceeași) nu mai are acelaș efect ca în primul caz. Rețeaua cristalină modificată după o încălzire nu se mai transformă în același mod și măsură la a doua încălzire.

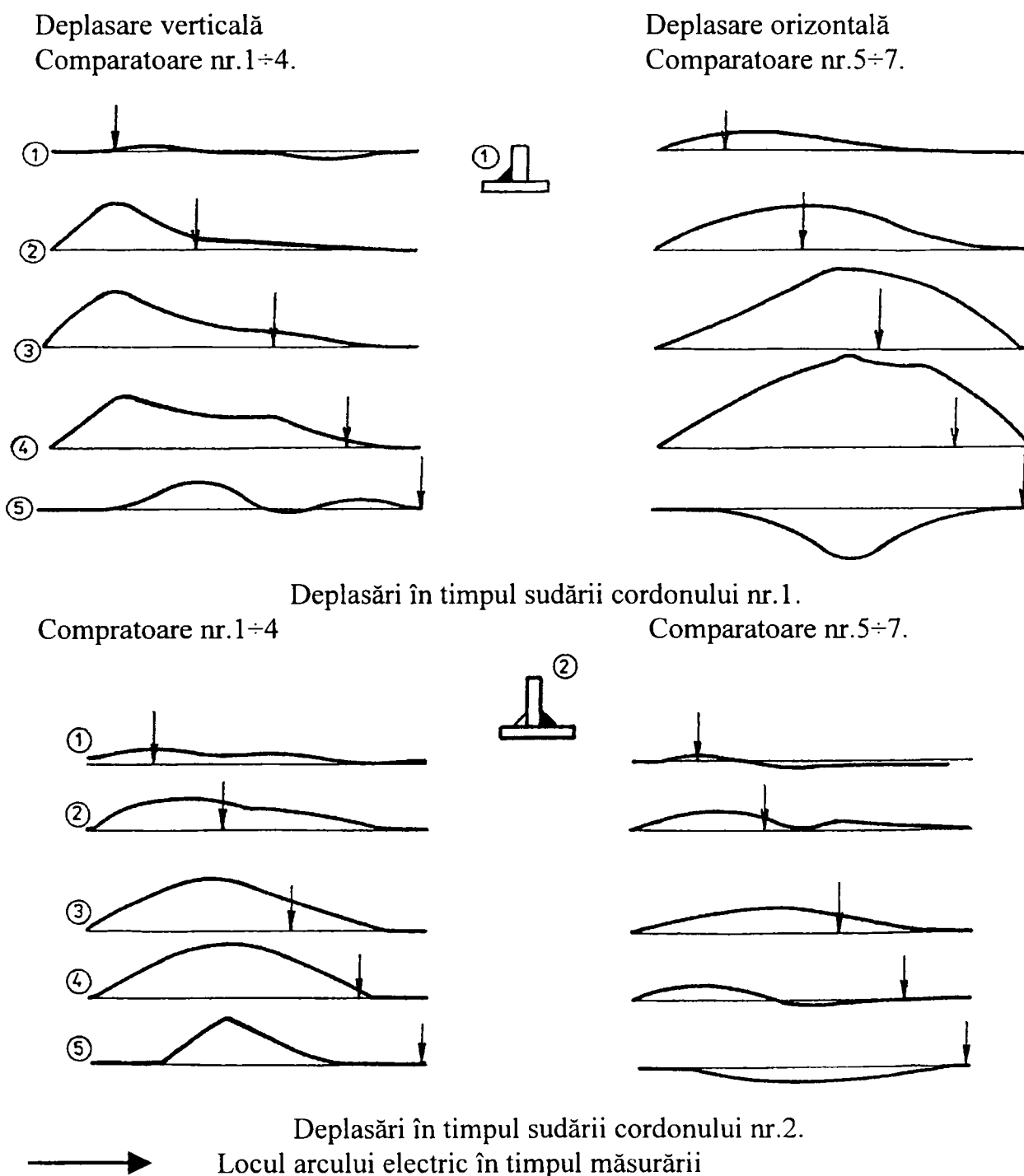


Fig.5.25. Diagramele deplasărilor ridicate pe baza tabelului nr.5.2.

5.5. CORELAȚII ÎNTRE EXACTITĂȚILE DE SITUAȚIE ALE SUBSISTEMELOR SISTEMELOR DE FABRICAȚIE PRIN SUDARE A SUBANSAMBLELOR DE VAGOANE DE CALE FERATĂ

5.5.1. Stabilirea relației de corelare între exactitățile de situație ale componentelor sistemului

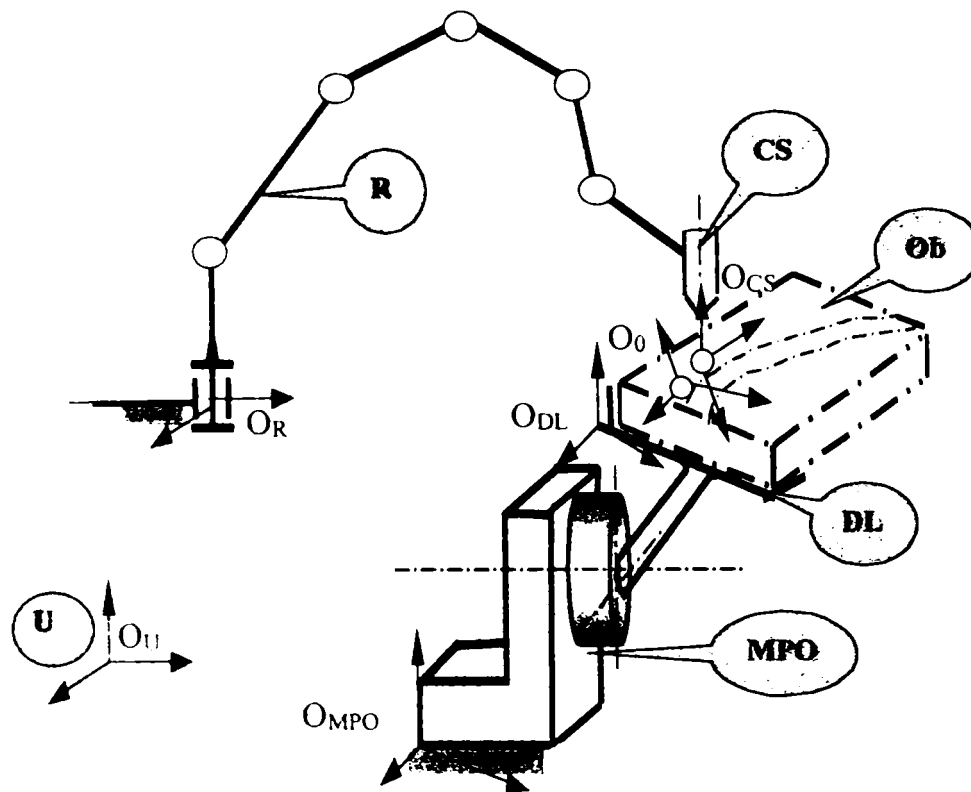


Fig.5.33. Schema situării relative a subsistemelor sistemului de fabricație prin sudare a subansamblelor de vehicule feroviare.

În fig.5.33. se prezintă schema situării relative a subsistemelor sistemului de fabricație prin sudare a subansamblelor vagoanelor de cale ferată. La fiecare subansamblu s-a atașat câte un sistem de referință, care în continuare se va denumi după originea sa. Astfel, elementului fix al robotului R se atașează sistemul de referință O_R , efecteurului final al robotului – capului de sudare CS-, O_{CS} , (originea sistemului final localizat în punctul extrem al electrodului), obiectului de lucru, O_0 , dispozitivului de lucru, O_{DL} , mesei de poziționare-orientare, O_{MPO} , iar halei în care este instalat sistemul (“universul”), sistemul de referință O_U .

Graful din fig.5.34. pune în evidență corelația dintre situațiile relative ale subsistemelor sistemului. În graf, nodurile reprezintă subsistemele iar laturile, corelația dintre 2 subsisteme. Pentru fiecare latură a grafului îi corespunde o matrice de trecere (tip T) de la sistemul de referință atașat unui subsistem la sistemul de referință atașat la celălalt subsistem., subsistemele în cauză reprezentând nodurile la cele două capete ale laturii. Graful prezintă pe această cale stabilirea unor relații între matricile de trecere de la un sistem la celălalt, definit ca mai sus.

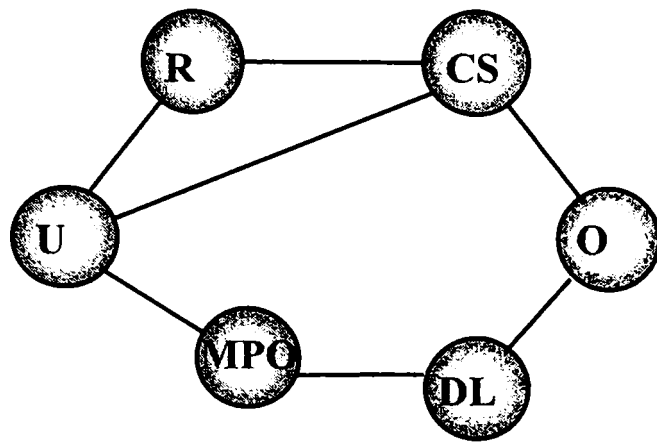


Fig.5 34.Graful corelației dintre situațiile subsistemelor sistemului de fabricație.

În sensul de mai sus:

$$\underline{{}^U T_{CS}} = \underline{{}^U T_R} \cdot \underline{{}^R T_{CS}} = \underline{{}^U T_{MPO}} \cdot \underline{{}^{MPO} T_{DL}} \cdot \underline{{}^{DL} T_O} \cdot \underline{{}^O T_{CS}} \quad (5.55.)$$

În consecință:

$$\underline{{}^O T_{CS}} = \underline{{}^O T_{MPO}^{-1}} \cdot \underline{{}^{MPO} T_{DL}^{-1}} \cdot \underline{{}^{DL} T_U^{-1}} \cdot \underline{{}^U T_R} \cdot \underline{{}^R T_{CS}} \quad (5.56.)$$

Elementele matricei $\underline{{}^O T_{CS}}$ variază în funcție de timp într-un mod determinat de desfășurarea procesului de sudare. Cum toate celelalte matrici care intră în expresia (5.56.) sunt constante, cu excepția elementelor matricei $\underline{{}^R T_{CS}}$, care la rândul lor sunt variabile în timp, expresia (5.56.) se poate scrie sub forma (5.57.)

$$\underline{{}^O T_{CS}}(t) = \underline{K} \cdot \underline{{}^R T_{CS}}(t) \quad (5.57.)$$

unde:

$$\underline{K} = \underline{{}^U T_{MPO}^{-1}} \cdot \underline{{}^{MPO} T_{DL}^{-1}} \cdot \underline{{}^{DL} T_U^{-1}} \cdot \underline{{}^U T_R} \quad (5.58.)$$

este o matrice cu elemente constante.

Expresia (5.57.) exprimă situarea-variabilă în timp- a capului de sudare în raport cu obiectul de lucru în funcție de situarea efectorului final în raport cu baza robotului.

Expresia (5.59.), dedusă din (5.57.)

$$\underline{{}^R T_{CS}}(t) = \underline{K}^{-1} \cdot \underline{{}^O T_{CS}}(t) \quad (5.65.)$$

permite programarea funcționării robotului pornind de la procesul tehnologic de sudare (care impune ${}^O T_{CS} = {}^O T_{CS}(t)$)

Situarea capului de sudare față de obiect, indicată de expresia (5.60.) este cea ideală:

$$\left({}^O T_{CS} \right)_{ideal} = \left(\underline{K} \right)_{ideal} \cdot \left({}^R T_{CS} \right)_{ideal} \quad (5.60.)$$

În realitate, unora dintre subsistemele care compun sistemul sunt proprii erori de situare (vezi paragrafele 5.3 și 5.4.). Ținând seama de aceste erori elementele matricei $\left(\underline{K} \right)_{real}$ vor avea valorile date de expresia:

$$\left(\underline{K} \right)_{real} = \underline{{}^U T_{MPO}^{-1}} \cdot \underline{E_{MPO}^{-1}} \cdot \underline{{}^{MPO} T_{DL}^{-1}} \cdot \underline{E_{dl}^{-1}} \cdot \underline{E_{dl}^{-1}} \cdot \underline{{}^{DL} T_U} \cdot \underline{{}^U T_R} \quad (5.67.)$$

La rândul său, robotul de sudare situează efectorul final cu eroarea exprimabilă prin matricea $\underline{E_R}$:

$$\underline{E_R} = \left({}^R T_{CS} \right)_{real} \cdot \left({}^R T_{CS} \right)_{ideal}^{-1} \quad (5.62.)$$

respectiv

$$\left({}^R T_{CS} \right)_{real} = \underline{E_R} \cdot \left({}^R T_{CS} \right)_{ideal} \quad (5.63.)$$

cu acestea

$$\left({}^O T_{CS} \right)_{real} = \left(\underline{K} \right)_{real} \cdot \left({}^R T_{CS} \right)_{real} \quad (5.64.)$$

Eroarea situării capului de sudare în raport cu obiectul de lucru se poate exprima din relația.

$$\left({}^O T_{CS} \right)_{real} = \underline{E_{CS}} \cdot \left({}^O T_{CS} \right)_{ideal} \quad (5.65.)$$

și a

$$\underline{E_{CS}} = \left({}^O T_{CS} \right)_{real} \cdot \left({}^O T_{CS} \right)_{ideal}^{-1} \quad (5.66.)$$

Înlocuind în expresia (5.66.) matricile calculate cu relațiile (5.64.), (5.61.), și(5.60.) se obține:

$$\underline{E_{CS}} = \underline{{}^U T_{MPO}^{-1}} \cdot \underline{\alpha \cdot E_{MPO}^{-1}} \cdot \underline{{}^{MPO} T_{DL}^{-1}} \cdot \underline{\beta \cdot E_{dl}^{-1}} \cdot \underline{\gamma \cdot E_{dl}^{-1}} \cdot \underline{{}^{DL} T_U} \cdot \underline{{}^U T_R} \cdot \underline{\varepsilon \cdot E_R} \cdot \left({}^R T_{CS} \right)_{real} \quad (5.67.)$$

unde:

$\alpha, \beta, \gamma, \varepsilon$ sunt coeficienți subunitari, determinabili experimental, care țin seama de faptul, că matricile de eroare care apar în expresie în partea dreaptă a semnelui egal nu vor avea simultan elementele lor de valoare maximă. Ca urmare a erorilor prezentate mai sus capul de sudare nu va ocupa situațiile ideale succesive în timp față de rostul de sudare.

Considerațiile prezentate mai sus se aplică atât în cazul prinderii prin sudare a componentelor, cât și la asamblarea lor definitivă prin sudare.

5.5.2. Efectele situației cu eroare a capului de sudare în raport cu rostul de sudare

În vederea studierii experimentale a efectelor situației cu eroare a capului de sudare în raport cu rostul de sudare s-a ales o îmbinare cap la cap a două table laminate de grosime $s=7$ mm. fără prelucrarea rostului adică o îmbinare în "I". Distanța dintre componente s-a stabilit la $b=2$ mm. (vezi fig.5.35.)

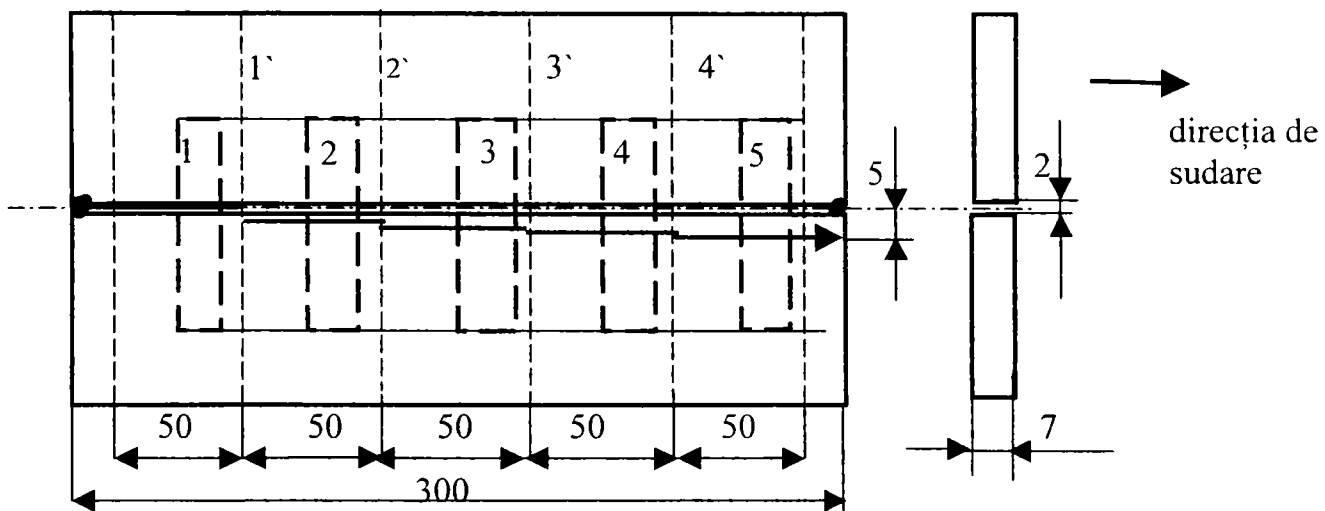


Fig.5.35. Forma și dimensiunile probei.

Componentele au fost prinse provizoriu cu sudură la cele două capete. Procedul de sudare ales a fost sudarea mecanizată cu arc electric în mediu de gaze protectoare (amestec de 82% Ar+18%CO₂). Diametrul sârmei electrod a fost de 1,2 mm. Regimul de sudare a fost astfel ales ca îmbinarea să nu fie cu pătrundere completă în vederea urmăririi fenomenelor în secțiunea și rădăcina cusăturii ($I_s=240$ A; $U_a=24$ V; $v_s=0,5$ m/min.).

Subansamblul prins provizoriu cu sudură a fost situat și fixat într-un dispozitiv pe pat de cupru, strângerea realizându-se cu două grinzi. Partea superioară a grinzilor de strângere a fost prevăzută cu șine de ghidare pentru un tractor de sudare. Situația subansamblului s-a realizat astfel ca rostul să fie perfect paralel cu aceste șine de ghidare. În dreptul șinei de ghidare s-a montat o riglă gradată. (vezi fig.5.36.)

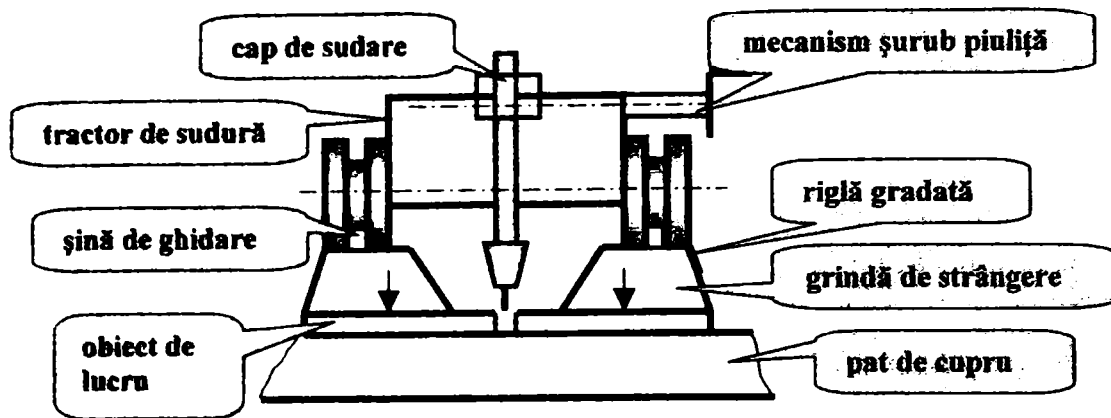


Fig.5.36.Schema modului de sudare a probei

Amorsarea arcului și începerea operației de sudare s-a făcut exact la mijlocul rostului. Când electrodul a ajuns în dreptul punctului 1' însemnat pe rigla gradată, aceasta s-a deplasat transversal cu 1,2 mm cu ajutorul mecanismului de acționare șurub piuliță conform fig.5.35 fără să se întrerupă procesul de sudare. Această operație a mai fost repetată încă de trei ori în dreptul punctelor 2'; 3'; 4'; ajungându-se în final la o distanță de 5mm între axa sârmei electrod și axa de simetrie a rostului.

În timpul operației de sudare nu s-a modificat regimul de sudare.

Din subansamblul sudat s-au prelevat 5 buc. epruvete (reprezentate cu linie întreruptă în fig.5.35.) notate cu 1; 2; 3; 4; și 5. Fiecare epruvetă a fost prelucrată pentru analiza macrostructurii (prin șlefuire) și suprafața șlefuită a fost atacată cu nital. Analizând cele 5 macrostructuri obținut (fig.5.37.) se poate reprezenta geometria cordoanelor realizate în

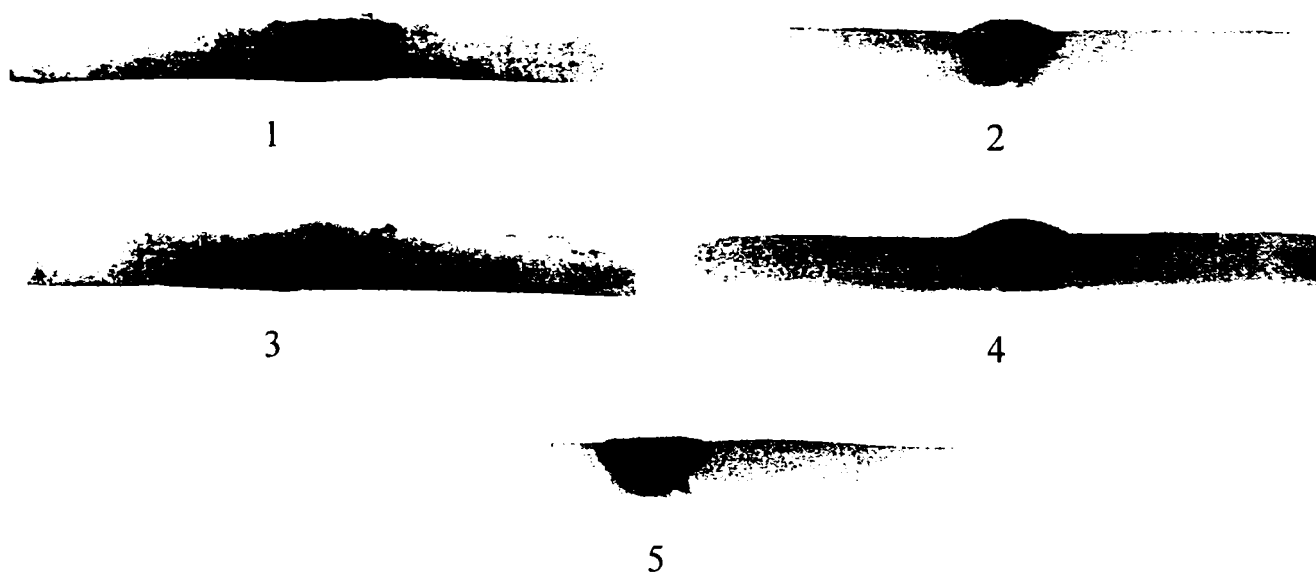


Fig.5.37.Macrostructurile celor 5 epruvete.

secțiunea transversală pentru cele cinci cazuri, adică cazul I când axa sârmei electrod este pe axa de simetrie a rostului; cazul II când este o distanță de 1,25 mm dintre axa sârmei electrod și axa de simetrie a rostului; cazul III când este o distanță de 2,50 mm dintre axa sârmei electrod și axa de simetrie a rostului; 3,75mm. cazul V când

este o distanță de 5,00 mm dintre axa sârmei electrod și axa de simetrie a rostului; (fig.5.38.)

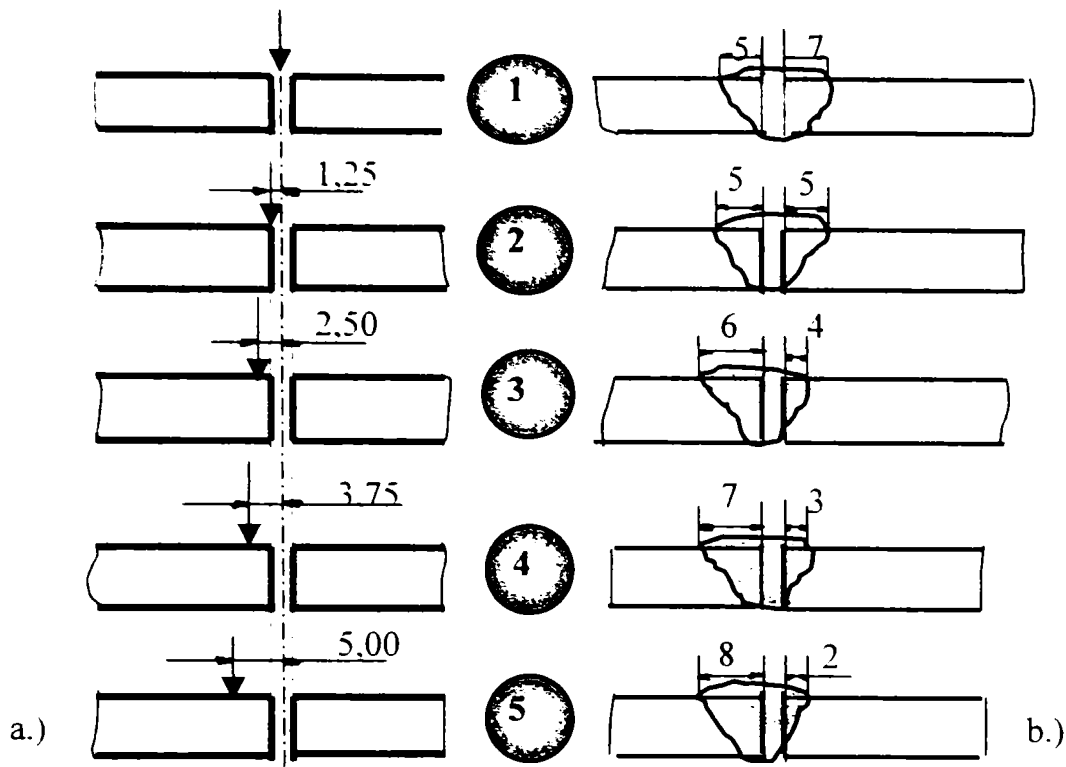


Fig.5.38. a.) Poziția vârfului sârmei electrod față de axa de simetrie a rostului.
b.) Forma și dimensiunile cordonului pe cele 5 epruvete.

Analizând cele 5 macrostructuri respectiv dimensiunile transversale ale cordonului în aceste faze, se poate constata că geometria cordonului este corespunzătoare din punct de vedere calitativ la primele 3 epruvete, adică în cazul când eroarea de situare a vârfului sârmei electrod este deplasată cu cel mult 2,5 mm față de axa de simetrie a rostului.

Paradoxal la epruvetele 4 și 5 aparent se constată o pătrundere mai mare decât la primele trei. După ruperea celor două epruvete (4 și 5) se vede însă că pătrunderea suplimentară este de fapt un appendice care a luat naștere prin scurgerea de metal topit din baia de sudură în rost, și care metal s-a solidificat pe muchia rostului.

Din acest experiment se poate trage concluzia că o situare eronată până la maximum $\pm 2,5$ mm a axei de simetrie a sârmei electrod față de axa de simetrie a rostului nu influențează negativ calitatea îmbinărilor sudate.

5.5.3. Corectarea erorii de situare a capului de sudare în raport cu rostul

Corectarea erorii de situare a capului de sudare în raport cu rostul se realizează (așa cum s-a arătat în paragraful 5.3.1.) prin acțiunea senzorului de rost. Senzorul de rost achiziționează informații pe baza cărora sistemul de conducere al robotului de sudare calculează elementele matricei $({}^oT_{CS})_{real}$ care descrie situarea capului de sudare în raport cu rostul, necesar a fi realizată în vederea executării corecte a operației de sudare la timpul considerat.

Sistemul de comandă al robotului calculează pe această bază situarea necesară a capului de sudare în raport cu baza robotului la timpul considerat, exprimată prin matricea de situare:

$$\left(\underline{R}T_{CS}\right)_{real} = \left(\underline{K}\right)_{real}^{-1} \cdot \left(\underline{O}T_{CS}\right)_{real} \quad (5.68.)$$

Cu ajutorul matricei $\left(\underline{R}T_{CS}\right)_{real}$ se calculează valorile funcțiilor de comandă pentru axele robotului de sudare, la timpul considerat.

Variația în timp ale elementelor matricei $\left(\underline{K}\right)_{real}$ se determină cu ocazia calibrării senzorului de rost.

Utilizând relația (5.68.), rezultă

$$\underline{E}_R = \left(\underline{K}\right)_{ideal}^{-1} \cdot \left(\underline{O}T_{CS}\right)_{real} \cdot \left(\underline{R}T_{CS}\right)_{ideal}^{-1} \quad (5.69.)$$

matricea eroare de situare a capului de sudare în raport cu sistemul de referință legat de baza robotului la timpul semnalului emis de către senzorul de rost. Valorile elementelor acestor matrici servesc -prin calcul cinematic invers- la calculul intensității semnalului de corecție a erorii de poziție pentru fiecare cuplă cinematică conducătoare a robotului.

Așa cum s-a arătat și la paragraful 5.5.1. considerentele de mai sus sunt valabile atât în cazul sudării elementelor componente ale subsamblelor de vehicule feroviare cât și în cazul prinderi lor provizorie prin sudare.

5.6. ASPECTE REFERITOARE LA CONDUCEREA AUTOMATĂ A PARAMETRILOR PROCESULUI DE SUDARE

5.6.1. Considerații generale

La procedeele de sudare mecanizate sub strat de flux și MIG-MAG arcul electric arde între vârful sârmei electrod care avansează cu o anumită viteză “ v_{ae} ” și piesa de sudat. Pe măsura ce sârma se topește cu viteza de topire “ v_t ” se stabilește o lungime de arc “ l_a ”. După modul de obținere a vitezei de avans a sârmei electrod “ v_{ae} ” se disting două cazuri:

$$\begin{aligned} v_{ae} &= ct \\ v_{ae} &= f(U_a) \end{aligned} \quad (5.70.)$$

adică când viteza de avans a sârmei electrod este constantă și când viteza de avans a sârmei electrod este funcție de tensiunea arcului. În ambele cazuri interesează maniera în care se realizează conducerea procesului. În context în continuare se procedează la o abordare calitativă, cunoscută în literatura de specialitate sub

denumirea de “stabilitate statică”, respectiv o abordare cantitativă la nivelul de modele matematice, funcții transfer și scheme bloc.

5.6.2. Aspecte calitative (stabilitate statică)

5.6.2.1. Funcționarea în regim $v_{ac}=const$

Viteza de avans a sârmei electrod v_{ac} fiind de sens contrar cu viteza de topire v_t se poate considera că atât timp cât există un echilibru între cele două viteze lungimea arcului “ l_a ” se menține constantă. Echilibrul se creează atunci când este satisfăcută egalitatea:

$$v_{ac}=v_t \quad (5.71.)$$

În (5.71.) [Mic 84]

$$v_t=k_i \cdot I_s =f(I_s) \quad (5.72.)$$

unde:

I_s este curentul de sudare;

k_i este coeficientul de autoreglare în funcție de curentul de sudare;

$$k_i = \frac{v_t}{I_s} = c \frac{\alpha_d}{d_e^2} = ct \quad (5.73.)$$

iar: c este o constantă;

α_d este coeficientul de depunere;

d_e este diametrul sârmei electrod;

Ori de câte ori relația (5.71.) nu este îndeplinită, va exista o abatere Δl_a de la lungimea prescrisă l_a^* a arcului (vezi fig.5.39.) redată de relația:

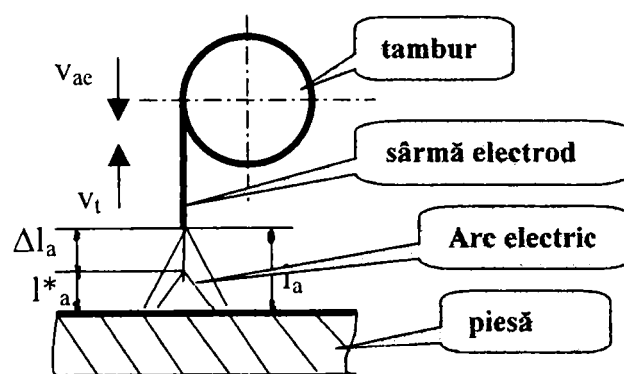


Fig.5.39.Schema de principiu a arcului electric.

$$\frac{d}{dt} \Delta l_a = v_t - v_{ac} \quad (5.74.)$$

De aici rezultă că dacă (5.71.) este îndeplinită, atunci

$$\Delta l_a = ct \quad (5.75.)$$

Dacă dintr-un motiv oarecare are loc o variație a lungimii arcului "l_a", adică

$$\frac{d\Delta l_a}{dt} \neq 0 \quad (5.76.)$$

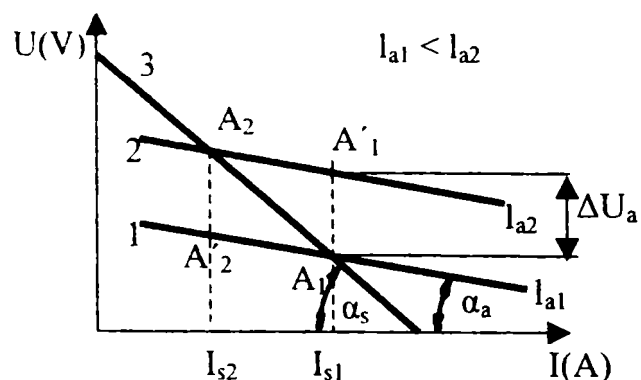
atunci înseamnă că egalitatea (5.71.) nu mai este îndeplinită și notând cu v_t' noua viteză de topire avem

$$v_t - v_{ac} \neq 0 \quad (5.77.)$$

$$v_t' \neq v_t \quad (5.78.)$$

Întrucât o egalitate de forma (5.81.) se poate stabili pentru diverse valori v_t=v_{ac} este necesară prevederea unui sistem de reglare care să impună stabilirea condiției (5.71.) asigurând Δl_a=0. Un astfel de sistem este prezentat în paragraful 5.6.3.2.

În vederea analizei intuitive a stabilității sistemului se consideră situația reprezentată în fig.5.40.



Unde:

-1,2 sunt caracteristicile statice ale arcului $U_a=f(I_a)$ electric pentru $l=l_{a1}=ct$ respectiv $l=l_{a2}=ct$.

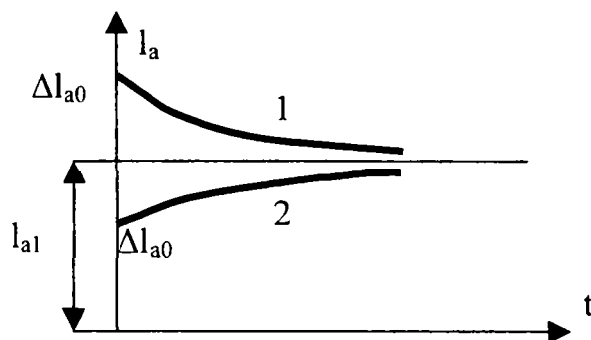
-3 este caracteristica exterioră a sursei de sudură $U_s =f(I_s)$

Fig.5.40. Reprezentarea punctelor de funcționare stabile.

În fig.5.41. este ilustrată calitativ potrivit modelului (5.74.), variația lungimii arcului în raport cu timpul în cursul unei proces tranzitoriu de restabilire a lungimii arcului, controlat de un sistem de reglare stabil. Curbele de restabilire, 1 și 2 corespund relației

$$l_a = l_{a1} \pm \Delta l_{a0} \cdot e^{-\frac{t}{T_{AR}}} \quad (5.79)$$

Pentru aprecierea stabilității este utilizat coeficientul:



Unde:

l_{a1} este lungimea staționară arcului,
 T_{AR} este constanta de timp de
 autoreglare ca e are valori
 $T_{AR} > 0$

$$T_{AR} = \frac{k_s}{k_i \cdot E_c} \quad (5.80.)$$

Fig.5.41. Procesul de restabilire a arderii stabile a arcului electric.(variante de caracteristici pentru valori inițiale $\Delta l_{a0} > l_{a1}$ (curba 1) ,respectiv $\Delta l_{a0} < l_{a1}$ (curba 2))

$$k_s = \text{tg} \alpha_s - \text{tg} \alpha_a \quad (5.81.)$$

În care α_s și α_a au semnificația din fig.5.40.

Revenind la fig.5.40. să presupunem că procesul de sudare are loc în punctul A_1 la o lungime l_{a2} a arcului (unde se intersectează caracteristica statică a arcului 1 corespunzător lungimii arcului l_{a1} cu caracteristica externă a sursei 3) și că în mod spontan-are loc o abatere de exemplu -o deformare a lungimii arcului $\Delta l_a = l_{a2} - l_{a1} > 0$ însoțită de o modificare simultană a tensiunii arcului de valoare ΔU_a . Acest lucru este ilustrat prin segmentul $\overline{A_1 A'_1}$ de valoare:

$$\overline{A_1 A'_1} = \Delta l_a \cdot E_c \quad (5.82.)$$

unde E_c este intensitatea câmpului electric în coloana arcului și $E_c = ct$. Instantaneu punctul de funcționare trece în A'_1 pe caracteristica 2 corespunzătoare lungimii $l_{a2} > l_{a1}$.

Caracteristica arcului 2 se intersectează cu caracteristica sursei 3 în punctul A_2 care va fi noul punct de funcționare.

În punctul A_1 la I_{s1} se obține

$$v_{t1} = k_i \cdot I_{s1}$$

în punctul A_2 la I_{s2} se obține

$$v_{t2} = k_i \cdot I_{s2} \quad (5.83.)$$

Întrucât $I_{s2} < I_{s1}$ rezultă că

$$v_{t2} < v_{t1} \quad (5.84.)$$

Deoarece $v_{ae} = ct.$ și $v_{t2} < v_{t1}$ în punctul A_2 de funcționare va scădea viteza de topire conform relației (5.73.) și vârful sârmei electrod se va apropia astfel de placă. Aceasta va determina ca lungimea arcului electric să scadă revenind la valoare “ l_{a1} ” față de “ l_{a2} ”. Deci procesul are tendința de stabilizare.

Analog se poate demonstra tendința de stabilizare pentru varianta $\Delta l_a < 0$.

În general se apreciază că acest proces de reglare este caracterizat de o constantă de timp T_{AR} așa cum s-a sugerat prin relațiile (5.79.) și (5.80.).

5.6.2.2. Funcționarea în regim $v_{ae} = f(U_a)$

O astfel de funcționare realizează în principiu adaptarea permanentă a vitezei de avans v_{ae} la lungimea prescrisă a arcului, lungimea măsurată în timp real prin căderea de tensiune U_a de arc.

În acest caz se poate scrie relația [MIC. 84.]:

$$v_{ae} = k_{an} \cdot (U_a - U_0) \quad (5.85.)$$

unde:

- U_a este căderea de tensiune pe arc;

- U_0 este o valoare prescrisă a tensiunii U_a ;

- k_{an} este factorul de amplificare al regulatorului sistemului de reglare automată a avansului sârmei electrod.

Din relația (5.85.) rezultă că viteza de avans a sârmei electrod este direct proporțională cu abaterea căderii de tensiune pe arc, și acest lucru este realizat de un regulator care urmărește prin intermediul unui element de măsurare tensiunea arcului U_a . Pe parcurs acțiunea regulatorului este astfel încât orice abatere Δl_a să se amortizeze în timp. De regulă se preferă o variație exponențială de forma [MIC.84]

$$\Delta l_a = \Delta l_{a0} \cdot e^{-\frac{t}{T_{AU}}} \quad (5.86.)$$

unde

$$T_{AU} = \frac{1}{E_c \cdot \left[\frac{k_i}{k_s} + k_{an} \left(1 - \frac{tg \alpha_a}{k_s} \right) \right]} = \frac{1}{E_c \cdot \left[(k_i - k_{an} \cdot tg \alpha_a) \frac{1}{k_s} + k_{an} \right]} \quad (5.87.)$$

Comparând relația (5.80.) cu (5.87.) se constată că

$$T_{AU} < T_{AR} \quad (5.88.)$$

De aici rezultă că amortizarea lungimii Δl_a în cazul $v_{ae} = f(U_a)$ se face mai repede

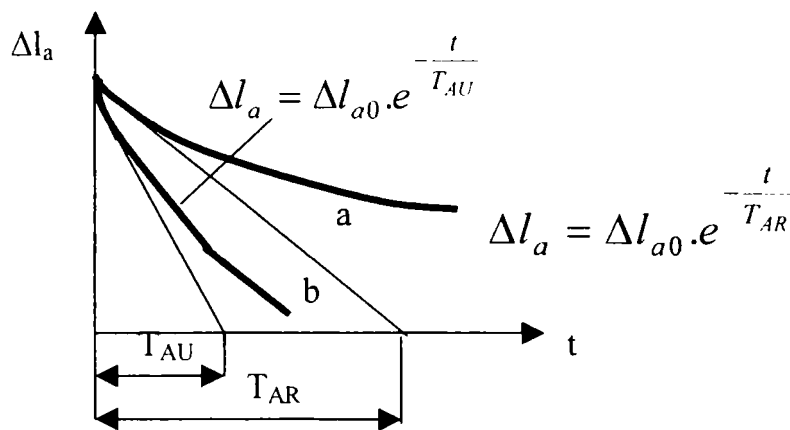


Fig.5.42. Compensarea proceselor de amortizare în cazurile: a.) $v_{ae} = \text{const}$; b.) $v_{ae} = f(U_a)$

decît în cazul $v_{ae} = ct$.

Întrucît

$$(k_i - k_{an} \cdot \text{tg} \alpha_a) \frac{1}{k_s} = \frac{k_i - k_{an} \cdot \text{tg} \alpha_a}{\text{tg} \alpha_s - \text{tg} \alpha_a} \quad (5.89.)$$

rezultă că valoarea constantei de timp T_{AU} poate fi modificată într-un sens dorit prin modificarea unghiului α_s adică prin intermediul caracteristicii exterioare a sursei. De regulă $k_i - k_{an} \cdot \text{tg} \alpha_a < 0$, astfel la creșterea unghiului α_s rezultă valoare mai mică a lui T_{AU} .

5.6.3. Aspecte cantitative ale sistemelor de reglare (modelare)

5.6.3.1. Modelarea sistemului de reglare în varianta $v_{ae} = f(U_a)$

În fig.5.43. este reprezentată schema funcțională a sistemului de antrenare a sârmei electrod în cadrul procedurii de sudare cu arc electric în mediul de gaze protectoare pentru $v_{ae} = f(U_a)$.

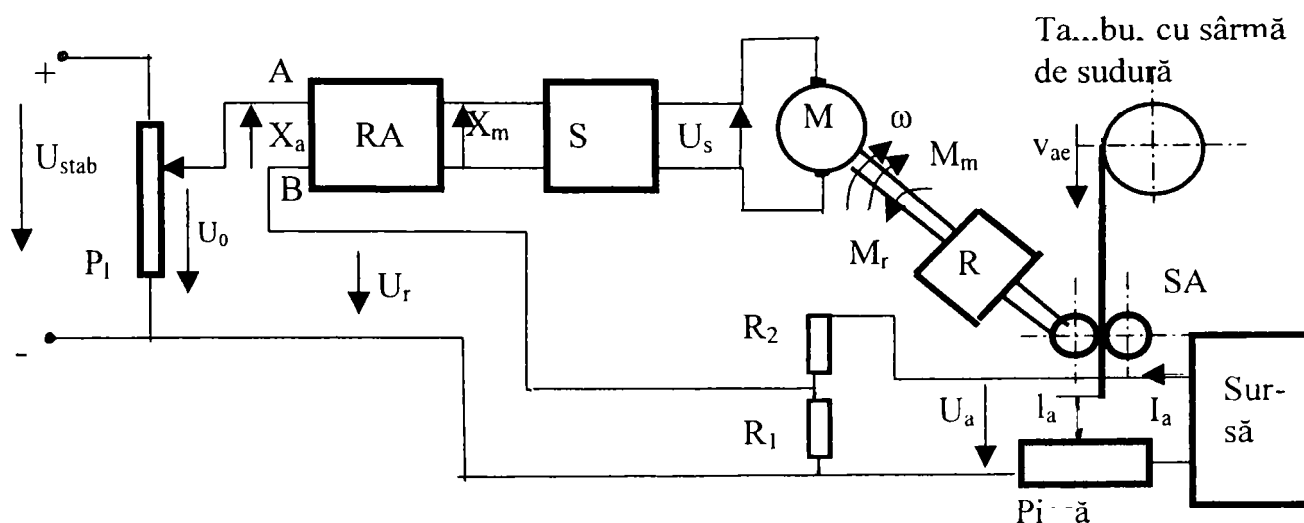


Fig.5.43. Schema electrică a dispozitivului de avans.

În schemă, mărimea reglată este lungimea l_a a arcului. Ea este măsurată indirect, prin intermediul tensiunii U_a și a divizorului de tensiune (punte tahometric) realizat cu rezistoarele R_1 și R_2 . În consecință, ca mărime de reacție se consideră tensiunea de pe divizor:

$$U_r = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_a \text{ sau } U_r = k_{EM} U_a \quad \text{cu} \quad k_{EM} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (5.90.)$$

Valoarea prescrisă a lui l_a se stabilește de către potențiometrul de prescriere P_1 alimentat de la o sursă de tensiune stabilizate la nivelul U_{stab} . Mărimea de conducere (de prescriere) este tensiunea U_0 .

Mărimea de comandă a regulatorului RA este tensiunea

$$X_a = U_r - U_0 \quad (5.91.)$$

rezultă din circuitul de comparare care apare prin modul de interconectare din figură.

Pentru amorsarea arcului sârma electrod se pune în contact cu piesa (se scurcircuitază circuitul de sudură). Rezultă:

$$U_a = 0$$

respectiv

$$X_a = -U_0 \leq 0 \quad (5.92.)$$

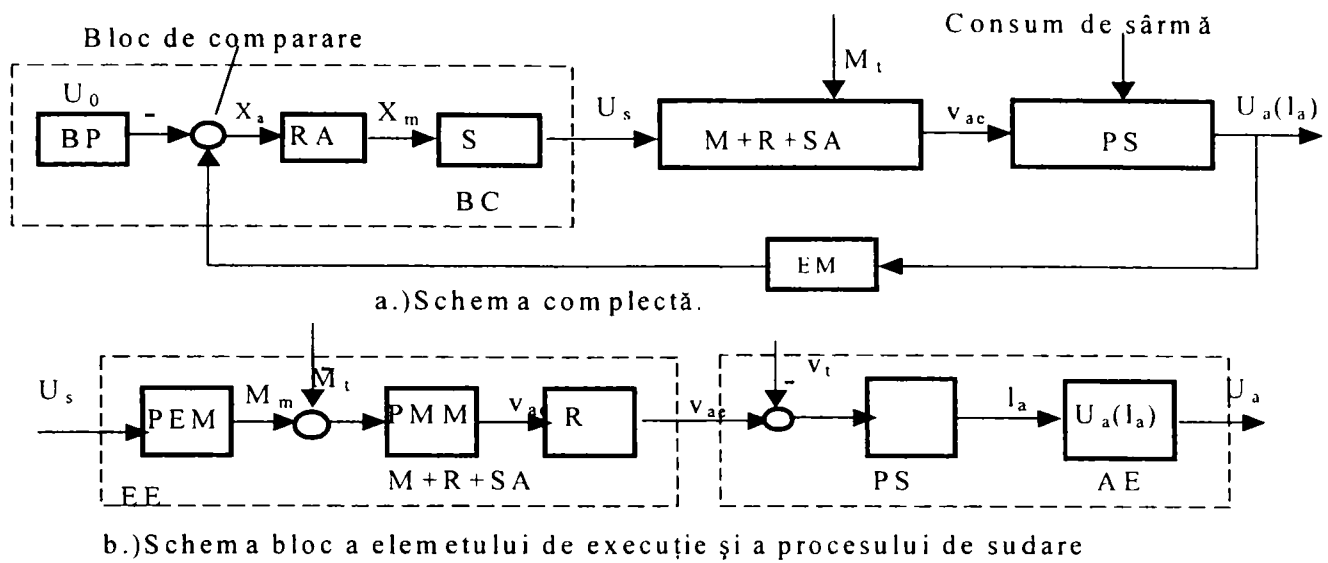
Întrucât tensiunea de intrare în regulator are o valoare negativă și tensiunea de ieșire U_s din amplificatorul S va avea tot o valoare negativă care schimbă sensul rotației motorului, respectiv al vitezei unghiulare ω . Motorul rotindu-se în sens invers, sârma este retrasă față de piesă facilitând amorsarea arcului electric.

Acțiunea de modificare a lungimii l_a continuă până când l_a ia valoare prescrisă prin nivelul U_0 .

Dacă din motive nedorite sub efectul unor mărimi perturbatoare, de exemplu frecări mai mari în cablul "bowden", viteza de avans a sârmei v_{ac} respectiv viteza unghiulară ω a arborelui motorului scad, dar viteza de topire v_t rămâne constantă (v_t este dată de relația (5.72.)) atunci va crește lungimea arcului electric " l_a " respectiv valoarea tensiunii arcului " U_a ".

În urma creșterii tensiunii arcului U_a , potrivit relației (5.90.) va crește valoarea lui U_r ; U_0 rămânând constantă va crește valoarea mărimii de intrare X_a în regulator. La fel, va crește mărimea X_m și în cele din urmă U_s . În acest caz motorul este alimentat cu o tensiune mai mare. Crescând viteza unghiulară a arborelui de ieșire din motor și readucând lungimea arcului respectiv tensiunea arcului la valoare prescrisă.

Schemei electrice din fig.5.43. îi corespunde schema bloc structurală din fig.5.44.



- | | |
|---|------------------------------------|
| BP-blocul de prescriere | RA-regulator preamplificator |
| S-amplificator | M-motor de curent continuu |
| R-reductor | SA-dispozitiv avans sârmă electrod |
| PS-proces de sudare | EM-element de măsurare |
| EE-element de execuție | BC-bloc de comandă |
| AE- arc electric | PMM-partea mecanică a acționării |
| PEM-partea electromecanică a acționării | |

Fig.5.44. Schema bloc structurală asociată schemei electrice de dispozitivului de avans sârmă

Schema poate fi reluată în vederea modelării matematice a sistemului ținând cont de dependențele care caracterizează funcționarea diferitelor elemente componente. Astfel:

- blocul reductor este caracterizat de dependența

$$v_{ae} = k_r \cdot \omega \quad (5.93.)$$

unde:

k_r este constanta de proporționalitate a mecanismului de antrenare;

- procesul de constituire al lungimii arcului este redată de dependența:

$$v_t - v_{ae} = \frac{dl_a}{dt} \quad (5.94.)$$

echivalentă cu:

$$l_a = \int (v_t - v_{ae}) dt \quad (5.95.)$$

ultima relație este sugerată în fig.5.44. prin blocul integrator;

■ caracteristica arcului $U_a(i_a)$ se consideră de tip proporțional [MIC 84] conform relației

$$U_a = E_c \cdot i_a \quad (5.96.)$$

Pentru elementul de măsurare este valabilă relația (5.90.) iar pentru blocul de compensare este valabilă relația (5.91).

Pentru regulator se adoptă o funcție de transfer $H_R(s)$ de tip proporțional.

Pentru elementul de amplificare se consideră tot un element proporțional cu temporizare de ordinul întâi:

$$T_D \cdot \dot{u}_s(t) + u_s(t) = K_D \cdot X_m(t) \quad (5.97.)$$

unde K_D este factor de amplificare și are valori $K_D = 1, 2, \dots, 10$,

În ceea ce privește motorul de c.c. se consideră modelul matematic al motorului de curent continuu cu excitație independentă (separată):

$$\begin{aligned} U_s &= R_a \cdot i_a + L \frac{di_a}{dt} + e \\ e &= k_E \cdot \omega \\ M &= k_i \cdot i_a \\ J \frac{d\omega}{dt} &= M - M_l \end{aligned} \quad (5.98.)$$

în care i_a , R_a și L sunt respectiv curentul, rezistența și inductanța indusului;

- e tensiunea electromotoare indusă în câmp de excitație constantă;

- k_E și k_i coeficienți de proporționalitate ce exprimă tensiunea electromotoare;

- M momentul activ în funcție de ω și i_a ;

- J momentul total de inerție.

Pe baza schemei bloc din fig.5.44. și a dependențelor anterioare rezultă schema bloc din fig.5.45. în care

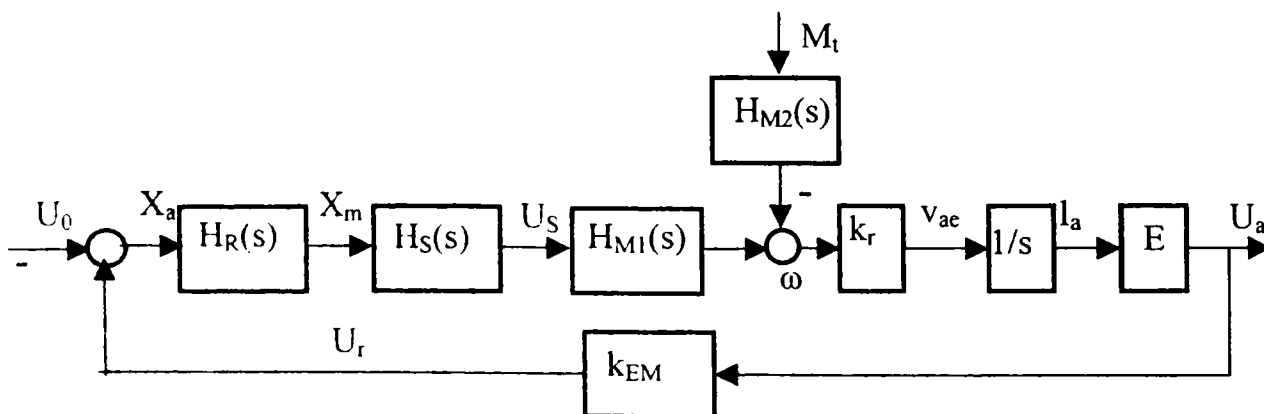


Fig.5.45. Schema bloc a funcțiilor de transfer

$$H_s(s) = \frac{k_S}{1 + s.T_D} \quad (5.99.)$$

este funcție de transfer a amplificatorului, iar

$$H_{M1}(s) = \frac{1}{k_E(1 + sT_M + s^2.T_M.T_S)} \quad (5.100.)$$

$$H_{M2}(s) = \frac{1 + s.T_S}{k_E.k_i.R_a.(1 + sT_M + s^2.T_M.T_S)} \quad (5.101.)$$

sunt funcții de transfer corespunzătoare motorului de curent continuu.

Observație:

Funcțiile de transfer date de relațiile (5.100.) și (5.101.) se obțin din modelul matematic al motorului de curent continuu care în domeniul operațional conduce la dependența:

$$\omega(s) = H_{M1}(s).U_S(s) - H_{M2}(s).M_r(s) \quad (5.102.)$$

$$\diamond T_S = \frac{L}{R_a} \quad (5.103.)$$

este constanta de timp mică (electrică) a motorului.

$$\diamond T_m = \frac{R_a.J_\Sigma}{k_E.k_i} \quad (5.104.)$$

este constanta de timp mare (electromecanică) a motorului.

Potrivit schemei din fig.5.45. rezultă că între intrări și ieșiri se stabilește o dependență de forma:

$$U_a(s) = H_{U_0}(s).U_0(s) - H_{M_t}M_t(s) \quad (5.105.)$$

în care.

$$H_{U_0}(s) = \frac{H_R(s).H_S(s).H_{M1}(s).k_r \frac{1}{s} .E}{1 + H_R(s).H_S(s).H_{M1}(s).k_r \frac{1}{s} .E.k_{EM}} \quad (5.106)$$

$$H_{M_1}(s) = \frac{H_{M_2}(s) \cdot k_r \cdot \frac{1}{s} \cdot E}{1 + H_R(s) \cdot H_S(s) \cdot H_{M_1}(s) \cdot k_r \cdot \frac{1}{s} \cdot E \cdot k_{EM}} \quad (5.107.)$$

Problema care se pune din acest punct de vedere este adoptarea formei funcției de transfer $H_R(s)$ a regulatorului și dimensionarea acesteia de așa manieră întrucât sistemul să rezulte stabil și cu o dinamică cât mai rigide în limitele disponibilității energetice existente.

5.6.3.2. Modelarea sistemului de reglare în varianta $v_{ae} = \text{const.}$

O altă schemă de reglare folosită se bazează pe obținerea mărimii de reacție pe baza unui alt principiu decât cel folosit în paragraful anterior. Schema este prezentată în fig.5.46. și folosește ca mărime de reacție tensiunea obținută în diagonala BD a unei punți de măsurare intercalate în circuitul de indus.

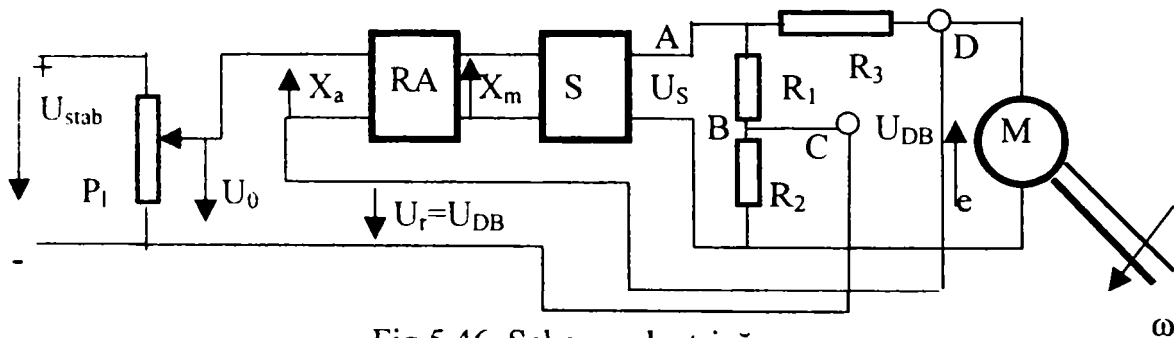


Fig.5.46. Schema electrică.

Potrivit [MIC.84.] tensiunea din această diagonală este:

$$U_{DB} = k_{EM} \cdot e \quad (5.108.)$$

în care:

$$k_{EM} = \frac{1}{1 + \frac{R_2}{R_1}} \quad (5.109.)$$

Pentru modelarea sistemului avem în vedere faptul că din a doua relație (5.98.) rezultă:

$$e(s) = k_E \cdot \omega(s) \quad (5.110.)$$

în care $\omega(s)$ are expresia (5.99).

Se obține schema bloc din fig.5.47. care evidențiază că în acest caz mărimea reglată este viteza de avans a sârmei. În consecință această structură poate fi utilizată în situațiile în care denivelările suprafeței sudate în lungul rostului sunt de valori neglijabile și nu se cumulează. Din acest motiv se consideră că schema este de

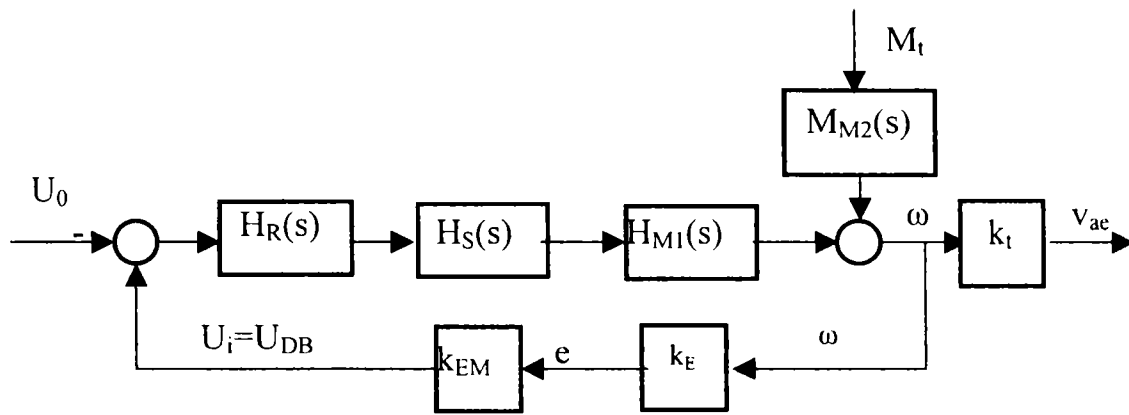


Fig.5.47. Schema bloc a sistemului de reglare în varianta $v_{ac} = \text{const}$.

importanță minoră și nu mai prezintă importanță precizarea dependențelor intrare-ieșire corespunzătoare.

Cap.6.APLICAȚII; SISTEME DE FABRICAȚIE FLEXIBILE A SUBANSAMBLELOR SUDATE DIN COMPONENTA VAGOANELOR REALIZATE ÎN CADRUL ÎNTRINDERII ASTRA-VAGOANE ARAD

6.1.CONSIDERAȚII GENERALE

În decursul activității de câteva decenii în domeniul elaborării de tehnologii de montare, sudare, redresare în construcția de vagoane marfă și călători, autorul a participat efectiv la conceperea și implementarea unor măsuri de îmbunătățire a productivității muncii prin mecanizarea dispozitivelor de lucru. Două dintre aceste mecanizări-automatizări au fost prezentate la cap.2., dar rezultatele lor nu au fost la nivelul așteptărilor.

Autorul a căutat printr-un studiu continuu al bibliografiei de specialitate cauzele care au condus la insuccesul mecanizărilor/automatizărilor amintite mai sus, mai ales ca din anul 1986 el a avut și ca sarcină specială de serviciu activitatea de a mecaniza și automatiza procesele tehnologice de sudare a ansamblelor, subansamblelor de vagoane.

Pentru a-și îmbunătăți baza de cunoștințe în anul 1988 autorul s-a înscris și a absolvit cursurile postuniversitare de "Roboți industriali" din cadrul Universității "Politehnica" din Timișoara.

Vizite de lucru la diferite întreprinderi din Germania, Austria, Slovacia și Ungaria, unde se lucrează cu roboți industriali în domeniul sudării cu arc electric au determinat o cotitură în gândirea autorului. Aceste vizite au demonstrat că este pe un drum bun, i s-au clarificat unele dubii și incertitudini și i-au insuflat curaj în luarea deciziilor, cu toate că părerile unor persoane din întreprindere nu erau de loc promițătoare, ba mai mult în multe cazuri au fost și atitudini dușmănoase față de progresul tehnic. A existat în uzina de VAGOANE Arad o grupă numeroasă de "suporteri" care așteptau eșecuri în activitatea de mecanizare/automatizare.

Pregătirea în cadrul doctoratului i-a permis autorului cunoașterea temeinică a rezultatelor cercetărilor și realizările tehnologice din domeniul tezei, elaborarea principiilor de bază și a unor realizări originale bazate pe aceste principii pentru automatizarea flexibilă a fabricației subansamblelor sudate din componenta vagoanelor.

Principiile de mai sus și metodele amintite au permis conceperea, executarea, punerea în funcțiune și testarea sub conducerea directă a autorului a unui număr de trei sisteme de fabricație flexibile pentru subansamblele sudate ale vagoanelor, la întreprinderea ASTRA-VAGOANE Arad.

În urma elaborării tehnologiei de grup (subcap.4.4.) au rezultat trei familii de subansamble la care procesul de automatizare-robotizare a operațiilor tehnologice nedemontabile de sudare se prevede a fi rentabilă. Pe baza tehnologiilor de grup respectiv proiectelor tehnice (prezentate la cap.4.) concepute s-a trecut la proiectarea

și execuția unor sisteme de fabricație (linii) automatizate-robotizate pentru montarea și sudarea subansamblelor de vehicule feroviare.

În continuare se prezintă în ordine cronologică instalațiile automate și celulele de fabricație robotizate proiectate și implementate în producție la ASTRA VAGOANE Arad sub conducerea autorului.

6.2. INSTALAȚIE DE SUDARE AUTOMATĂ SUB STRAT DE FLUX CU DOUĂ CAPETE DE SUDARE (ISAFCOL)

Ca prima aplicație s-a ales o instalație pentru fabricarea familiei longeroanelor centrale și laterale, a căror lungime depășește 10m, masa lor fiind între 1,0÷2,5 tone, iar lungimea cordoanelor de sudură este cuprinsă între 40÷100m.

În fig.6.1. se prezintă secțiunea transversală a “piesei ideale” a familiei de longeroane. În prima variantă (fig.6.1.a. și b.) el este asamblat din tălpile superioare T_s , inferioare T_i și inima I , care poate fi profil “I” cu tălpi paralele sau cu burtă de pește respectiv de tip cheson. În cea de a doua variantă (fig.6.1.c.), inima I este confecționată, dintr-un profil laminat I iar cele două tălpi T_s și T_i , din profile laminate Z.

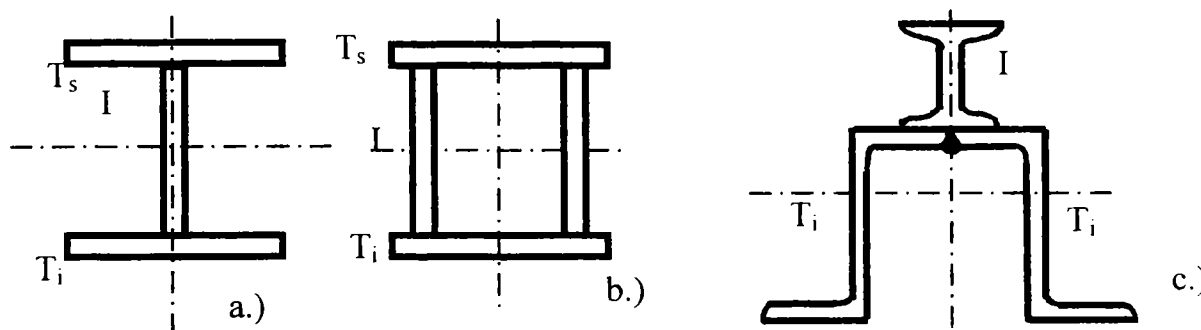


Fig.6.1. Secțiunea transversală a “piesei ideale” în două variante.

Componentele se assemblează și se prind provizoriu cu sudură în celula de montaj CM. În celula de sudare CS se realizează asamblarea lor definitivă prin sudură cu arc electric sub strat de flux.

Planul de amplasament al sistemului de fabricație este o variantă simplificată a schemei din fig.5.3. și este prezentat în fig.6.2.

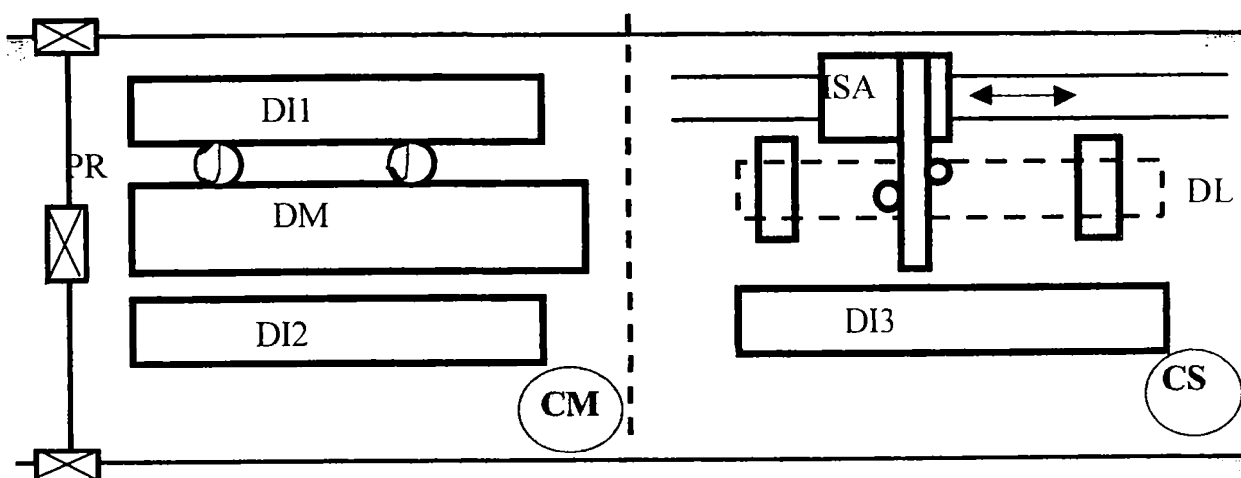


Fig.6.2. Planul de amplasament al sistemului de fabricație automat pentru montarea și sudarea longeroanelor centrale și laterale de vehicule de cale ferată.

Sistemul conține o celulă de montaj și prindere provizorie cu sudură (CM) și o celulă de sudare (CS). Celula de montaj cuprinde un dispozitiv de montaj și prindere provizorie (DM) cu sudură. Dispozitivul de montaj este servit de operatori umani (lăcătuș și sudori). Alimentarea dispozitivului cu componente respectiv extragerea din dispozitiv a subansamblelor montate se execută mecanizat cu un pod rulant (PR) de 5t. Componentele longeroanelor care sunt manevrate în timpul operației de montare au greutate cuprinse între 200÷700 daN. În dreptul dispozitivului de montare sunt amplasate două depozite intermediare DI1, DI2, prima pentru talpa inferioară și talpa superioară iar al doilea depozit servește pentru depozitarea inimilor longeroanelor.

Prinderea provizorie se execută de operatori umani (sudori) cu un procedeu de sudare manual sau semimecanizat.

Longeronul prins provizoriu cu sudură este transferat din dispozitivul de montat în depozitul intermediar (DI3) aflat în celula de sudare (CS) tot cu ajutorul podului rulant.

În paragraful 5.2.1. s-a prezentat un calcul tehnico-economic de unde a rezultat că nu este justificată utilizarea roboților industrial în celula de montare respectiv în subsistemul de manipulare. În acest caz un argument suplimentar poate fi considerat faptul că atât elementele componente (tălpi, inimi) cât și ansamblul prins provizoriu cu sudură sunt foarte grele. Pentru asemenea capacități portante mari nu se fabrică roboți industriali și dacă s-ar fabrica ar fi mult mai scumpe decât cele care s-au luat în calculele de mai sus.

Celula de sudare este compusă dintr-o instalație de sudarea automată (ISA) un dispozitiv de lucru (DL) și un depozit intermediar (DI3).

Din analiza geometriei cordoanelor la familia longeroane centrale și laterale rezultă că acestea sunt în general îmbinări de colț în linie dreaptă sau în linie frântă cu o lungime mare, toate încadrându-se în același plan, vertical sau orizontal.

Realizarea cordonului de sudare necesită deplasarea unui cap de sudare cu electrod și depozit de flux în lungul rostului. Această deplasare este efectuată cu ajutorul instalației de sudare automată (ISAFCOL)TT+2TTR. Ținând cont și de faptul că pentru a mări productivitatea muncii această instalație sudează cu două capete simultan dispozitivul de ghidare al instalației alese trebuie să aibă 8 grade de mobilitate (fig.6.3.) cu o arhitectură tip coloană cu un braț.

Instalația de sudare automată este de fapt un robot cu comandă secvențială, comandat de operatorul uman în regim de instalație de teleoperare. Mecanismul generator de traiectorie conține 6 cuple cinematice de translație, iar cele două mecanisme de orientare a capului sunt asigurate de cuple cinematice de rotație.

Cuplă cinematică conducătoare de translație **A** realizează deplasarea punctelor caracteristice **P1**; **P2** ale efectorilor finale (vârfului electrodului) paralel axa longitudinală a longeronului. Cuplele cinematice de translație **B**; **C1**; **C2** asigură deplasarea punctelor caracteristice perpendicular pe planul orizontal al longeronului. Cupla cinematică conducătoare **B** servește la situarea relativă a efectorilor finali în raport cu modulul de translație longitudinale, iar cuplele cinematice conducătoare **C1** și **C2** asigură poziționarea punctelor caracteristice **P1** și **P2**.

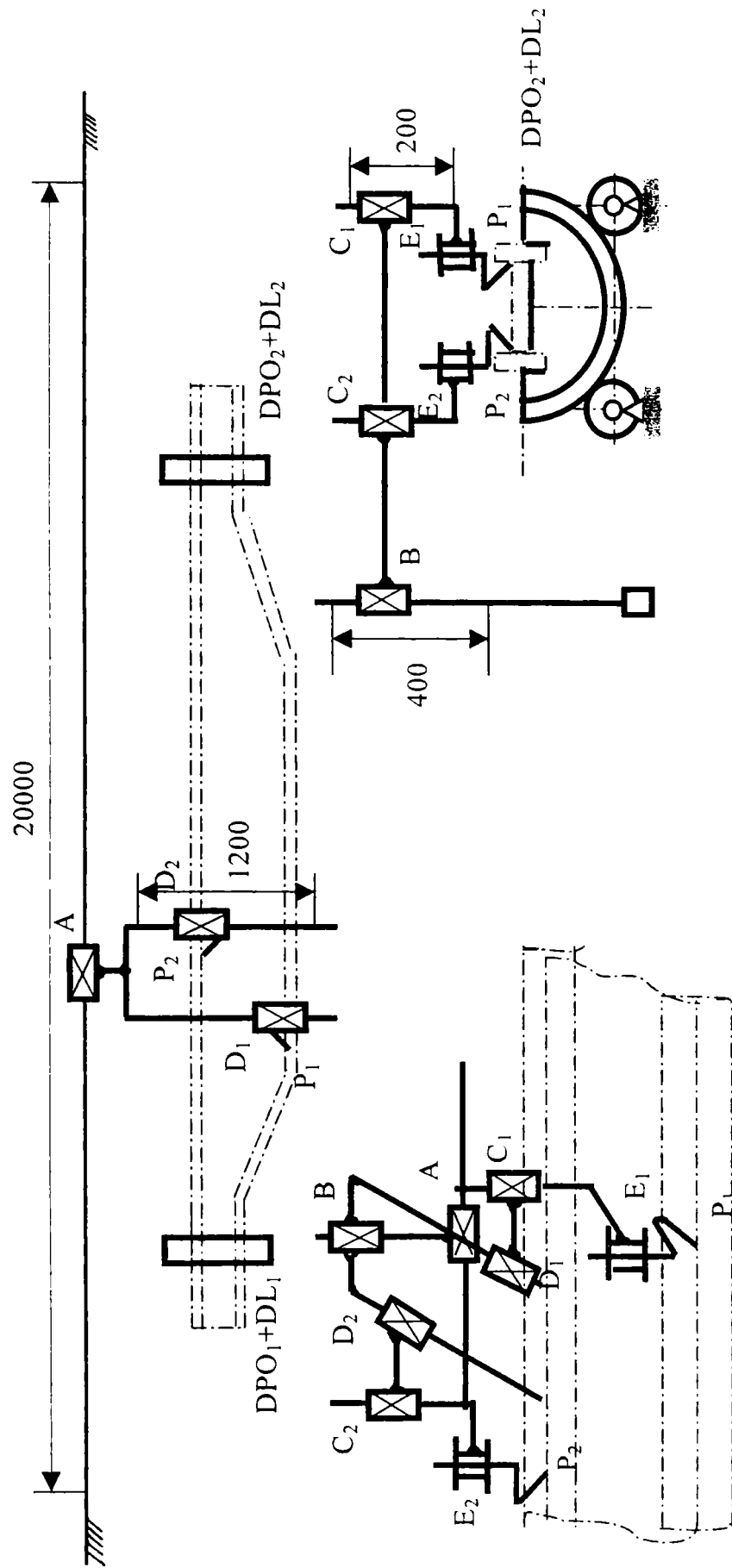


Fig.6.3. Schema cinematică de lucru a instalației de sudare automat ISAFCOL:

Cuplele cinematice **D1**; **D2** asigură deplasarea punctelor caracteristice perpendicular pe planul median a longeronului.

Mișcările de orientare ale dreptei caracteristice ale fiecărui efectorul final (axele sârmelor electrod din capetele de sudare) pentru dispunerea acesteia suprapusă cu poziția bisectoarei unghiului drept a cordonului de colț respectiv în vederea realizării unghiului " α " dintre dreapta caracteristică și fețele componentelor (paragraf 5.2.3., fig.5.4.respectiv fig.5.5.) sunt realizate cu cuplele cinematice conducătoare de rotație **E1**; **E2**.

Comanda acționării tuturor cuplelor cinematice se realizează manual prin acționarea butoanelor corespunzătoare aflate pe pupitru de comandă (fig.6.4.).

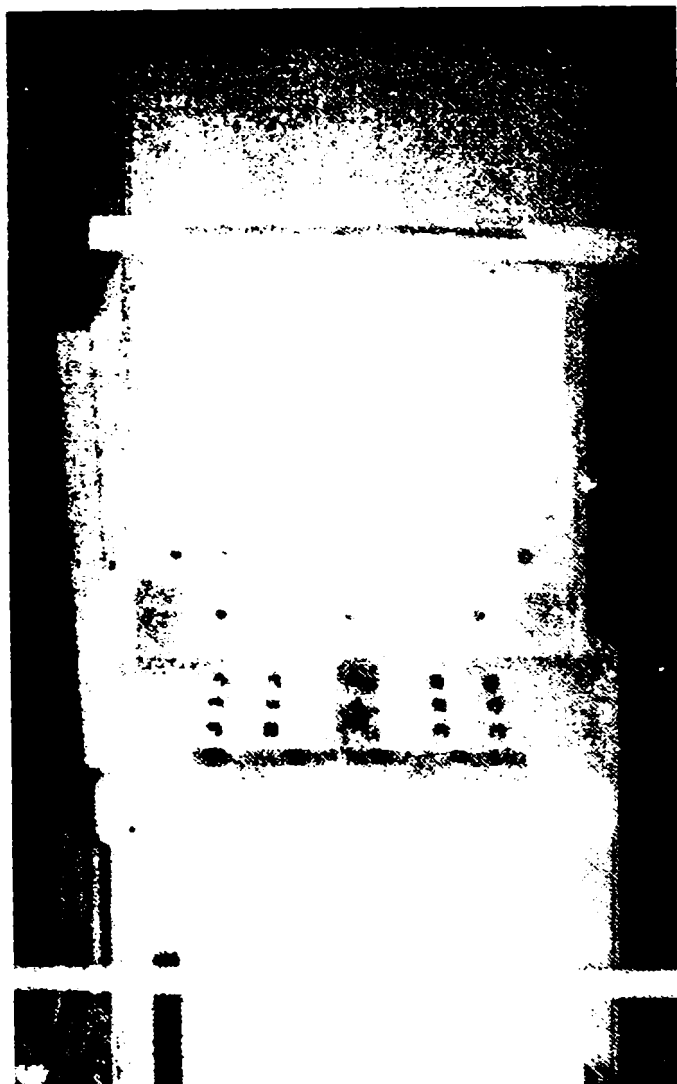


Fig.6.4.Pupitru de comandă ISAFCOL.

Panoul de comandă este format din trei părți, prima parte este instalată pe partea frontală a coloanei, iar a doua parte pe o masă înclinată montată pe coloană. A treia parte a panoului de comandă este montată într-o cutie mobilă suspendată, care se poate situa în apropierea celor două capuri de sudare sub strat de flux.

Pe partea superioară a panoului de comandă sunt montate două coloane de diode fotosensibile (LED) care indică direcțiile de deplasare de corecție a capurilor de sudare pe baza semnalelor primite de la senzori tactili cu care sunt dotate capurile de sudare, adică deplasările capului de sudare vertical și orizontal.

Sub LED-uri sunt amplasate de două ori 3 instrumente de măsurare, în ordine:
-ampermetru pentru măsurarea curentului de sudare;

- voltmetru pentru măsurarea tensiunii arcului electric;
- voltmetru gradat în unități de măsură a vitezei (cm/min) care indică viteza de sudare, pe baza tensiunii de excitație a motorului de curent continuu de antrenare a căruciorului.

Ultimul instrument (al șaptelea) în acest rând este un voltmetru care indică tensiunea rețelei după cuplarea instalației la rețea.

Sub aceste instrumente sunt montate o serie de becuri de semnalizare.

Pe masa înclinată dispozitivele de comandă sunt așezate în cinci coloane (anexa 5).

Se menționează că din cauze constructive, adică a montării pe cele două fețe (față-spate) a brațului a celor două capete de sudare sub flux acestea nu sunt în același plan, fapt care reclamă comanda lor separată și în regim automat.

Panou de comandă portabil cuprinde două joy-stick-uri, câte unul pentru fiecare cap de sudare. Cu ajutorul lor se poate situa punctul caracteristic în rost făcând deplasări pe plan vertical (sus-jos) cu cupla cinematică de translație C_1 (C_2) respectiv deplasări în plan orizontal perpendicular pe axa longeroanelor (stg-dr) cu cupla cinematică de translație D_1 (D_2). Panoul mai conține:

- buton pentru coborârea sârmei electrod pentru capul de sudare nr.1
- buton pentru coborârea sârmei electrod pentru capul de sudare nr.2
- buton pentru urcarea sârmei electrod pentru capul de sudare nr.1.
- buton pentru urcarea sârmei electrod pentru capul de sudare nr.2
- câte două butoane pentru comanda acționării cuplei cinematice de rotație E_1 și E_2 cu fiecare se realizează orientarea dreptei respectiv poziționarea punctului caracteristic.

Mișcarea relativă elementelor cuplei cinematice conducătoare **A** este acționată prin intermediul a două motoare:

- un motor asincron cu posibilitatea inversării sensului de rotație, asigură viteza de deplasare rapidă în vederea situării aproximative a efectoarelor finale la începutul cordoanelor de sudare;

- un motor de curent continuu care asigură poziționarea finală a punctelor caracteristice (vârful electrozilor) respectiv realizarea vitezei de sudare.

Motoarele sistemului de acționare ale cuplei cinematice conducătoare de translație **A** mai pot fi comandate și automat, asigurându-se o viteză de deplasare constantă egală cu viteza de sudare.

Mișcările relative ale elementelor celorlalte cuple cinematice sunt acționate de câte un motor de curent continuu și servesc pentru orientarea dreptei caracteristice și poziționarea a punctului caracteristic al efectorului final (sârmei electrod).

Mișcările relative ale elementelor cuplelor cinematice de translație **C1**; **C2**; **D1**; **D2** pot fi comandate fiecare în parte în timpul operației de sudare pe baza semnalelor emise de câte un senzor tactil electromecanic de urmărire a rostului de sudare într-un plan perpendicular pe direcția de sudare.

Senzorul tactil conține o tijă care poate executa o mișcare de rotație în jurul unei axe S care este fixată în carcasa senzorului (fig.6.5).

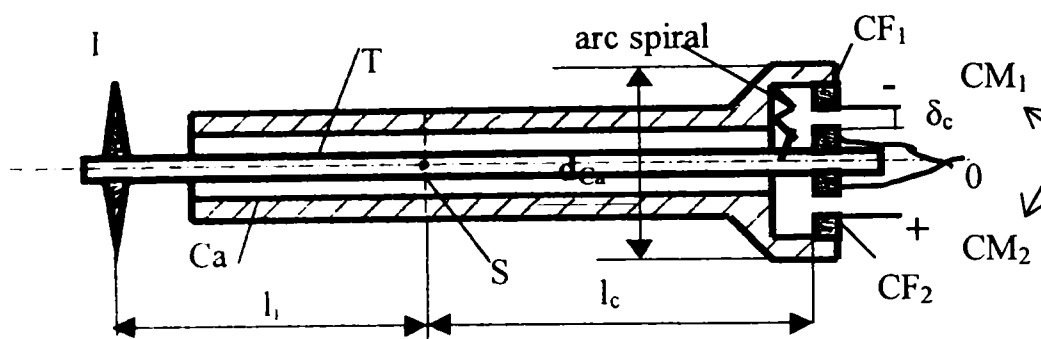


Fig.6.5.Schema de principiu a senzorului tactil electric.

Partea inferioară a tijei este prevăzută cu un inel din material izolator care este în contact cu suprafața componentei a cărei formă geometrică o urmărește senzorul ca urmare a acțiunii de apăsare a unui arc elicoidal. Partea superioară a tijei este prevăzută cu două contacte electrice legate electric între ele așezate decalat cu un unghi de 180° . În interiorul carcasei senzorului, în dreptul contactelor de pe tijă sunt montate alte două contacte electrice. Contactele de pe tijă, respectiv de pe carcasa senzorului sunt legate la bornele unei surse de curent continuu. Carcasa senzorului este fixată pe capul de sudare înaintea arcului electric. În cazul când punctul caracteristic (vârful electrodului) se găsește pe linia mediană a rostului partea superioară a tijei este la distanță egală de cele două contacte. Orice abatere față de această direcție de deplasare conduce la închiderea unuia dintre contacte. Semnalul dat prin închiderea unor contacte electrice comandă punerea în mișcare a motorului de antrenare a unei anumite cuple cinematice conducătoare, de exemplu D1 (corecție în planul orizontal) sau E1 (corecție în plan vertical).

Cupla cinematică de translație A este realizată sub forma unui cărucior (1) (fig.6.6.) care se deplasează pe o pereche de șine de cale ferată, mișcarea fiind acționată de cele 2 motoare amintite mai sus prin intermediul unei transmisii un angrenaj pinion-cremalieră (2).

Pe platforma căruciorului sunt fixate cele două surse de sudare de curent continuu (3) necesare alimentării celor două capete de sudare electrică sub strat de flux.

Cremaliera este montată împreună cu șine de ghidare într-un canal orizontal construit în podeaua halei industriale.

Căruciorul este prevăzut cu o coloană verticală (4). În interiorul coloanei se găsește un locaș cu ghidaje aferente în care se deplasează vertical brațul dublu (5). Transmisia mecanică care transmite mișcarea la braț dublu este realizată cu un mecanism șurub piuliță.

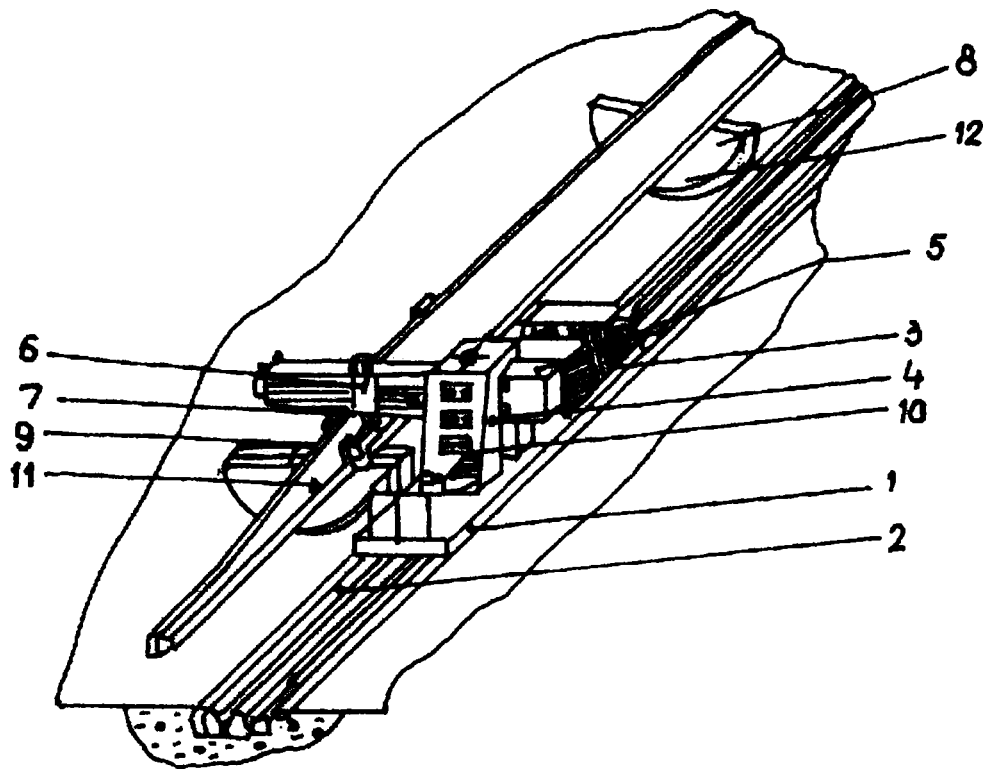


Fig.6.6.Schema de execuție a instalației de sudare automată ISAFCOL.

Cele două fețe ale brațului sunt prelucrate sub formă de ghidaj pe care se deplasează câte o sanie orizontală (6), iar în raport cu fiecare sanie orizontală se deplasează în mod similar câte o sanie verticală (7) Mișcările relative ale elementelor cuplurilor cinematice respective sunt acționate prin intermediul unor mecanisme șurub piuliță.

Pe partea frontală a coloanei este amplasat pupitrul de comandă al instalației (10) (fig.6.5.).

Capetele de sudare sunt montate pe niște elemente care formează cu săniile verticale câte o cuplă cinematică de rotație (cu axă verticală, deci cuplă de pivotare).

Longeronul de sudat (11) este plasat cu rostul pentru cordonul longitudinal paralel cu direcția de deplasare a instalației. Ele se montează într-un dispozitiv de lucru (12) fixat pe dispozitivul de poziționare-orientare (8) care permite și întoarcerea longeronului cu 180^0 pentru a se executa cordoane de îmbinare și pe partea opusă.

Atât dispozitivul rotativ de poziționare-orientare cât și dispozitivul de lucru (fig.5.17.) sunt jumelate permițând astfel introducerea și extragerea longeroanelor. Ele sunt închise în timpul poziționării-orientării și deschise în timpul sudării longeroanelor.

Diametrul maxim al cercului în care se înscrie secțiunea “longeronului subansamblu ideal: “ este dat de valorile maxime a mărimilor “H” și “B” conform tabelului din anexa nr.4. și se calculează cu relația (6.1):

$$D_e = \sqrt{H^2 + B^2} = \sqrt{718^2 + 700^2} = 1003mm \quad (6.1.)$$

Soluția constructivă cea mai simplă pentru dispozitivele de lucru pentru această familie de subansamble este o placă circulară jumelată (divizată diametral în două părți) a cărei diametru este de 1400 mm. Fiecare parte se situează în raport cu cealaltă cu câte două știfturi. Fiecare parte este fixată cu câte o îmbinare cu șurub pe dispozitivul de poziționare-orientare. În interiorul părților (semiplăcilor) se decupează un locaș având forma secțiunii transversale a subansamblului de sudat. Pentru fiecare variantă de subansamblu de sudat se confecționează câte două astfel de plăci și se montează pe aceeași masă de poziționare-orientare. În fig.6.7. este reprezentat dispozitivul de lucru pentru longeronul nr. 15. din anexa 4.

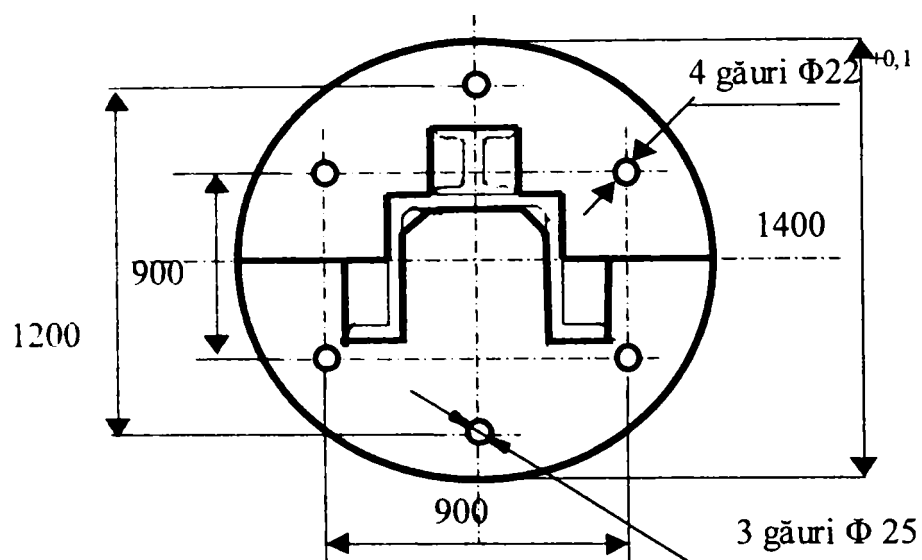


Fig.6.7. Dispozitivul de lucru pentru longeron central.

La cele două capete ale longeroanelor sunt montate câte un dispozitiv de ancorare a acestora cu o preîncordare bine stabilită în vederea reducerii tensiunilor și deformațiilor remanente rezultate în urma operației de sudare.

În fig.6.8. se prezintă planul de amplasament aproximativ (layout) a celulei flexibile de sudare longeroane la care instalația automată (ISA) manipulează doar scula (două capete de sudare sub strat de flux). Instalația de aducere subansamble (Iam) respectiv instalația de evacuare a subansamblelor sudate (Iep) este constituită dintr-un pod rulant deasupra instalației flexibile de sudare automată, comandate de către operator sudor. Mișcările dispozitivului de orientare-poziționare (MPO), care face corp comun cu dispozitivul de lucru (DL), sunt comandate de către operatorul uman.

Cu SCSF s-a notat sistemul de comandă al sistemului de fabricație.

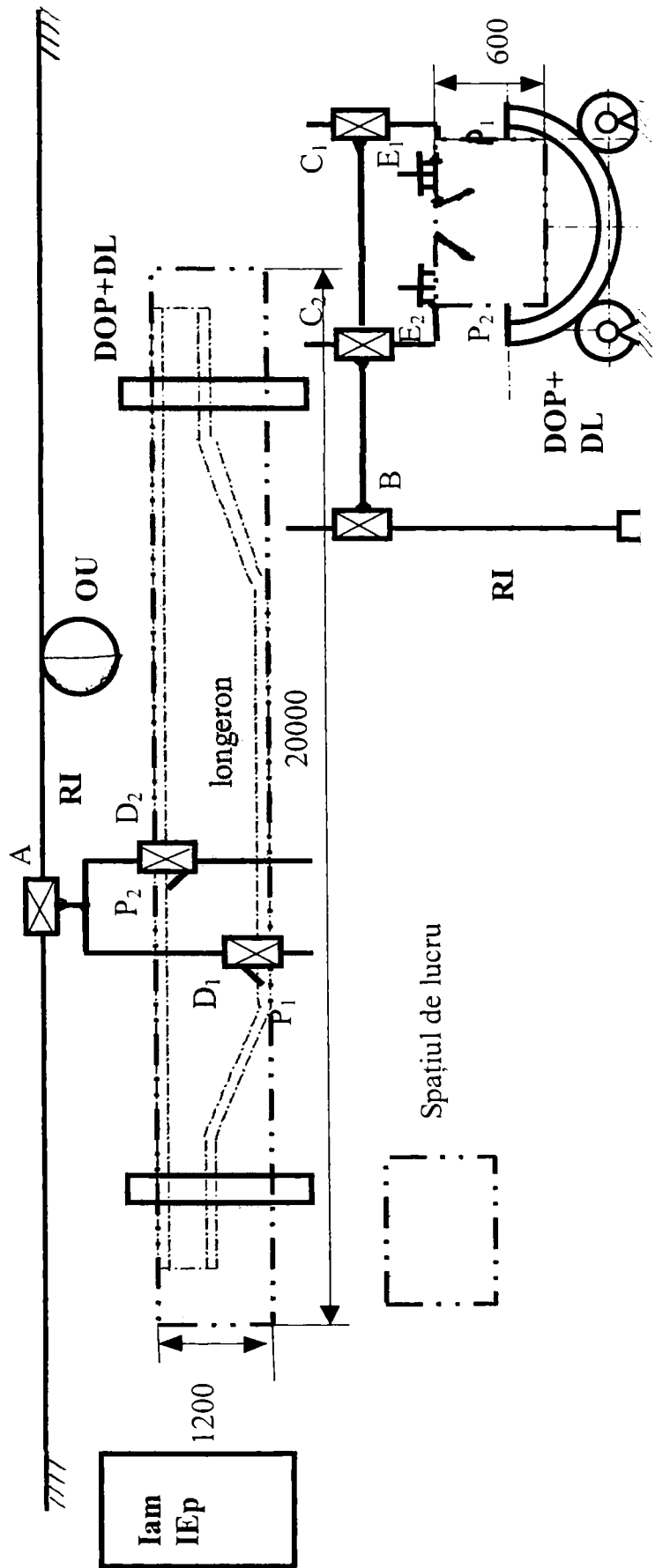


Fig.6.8. Layout-ul celulei flexibile de sudare longeroane și spațiul de lucru al robotului

În fig.6.9. se prezintă schema bloc a sistemului de fabricație flexibilă a longeroanelor de vehicule feroviare.

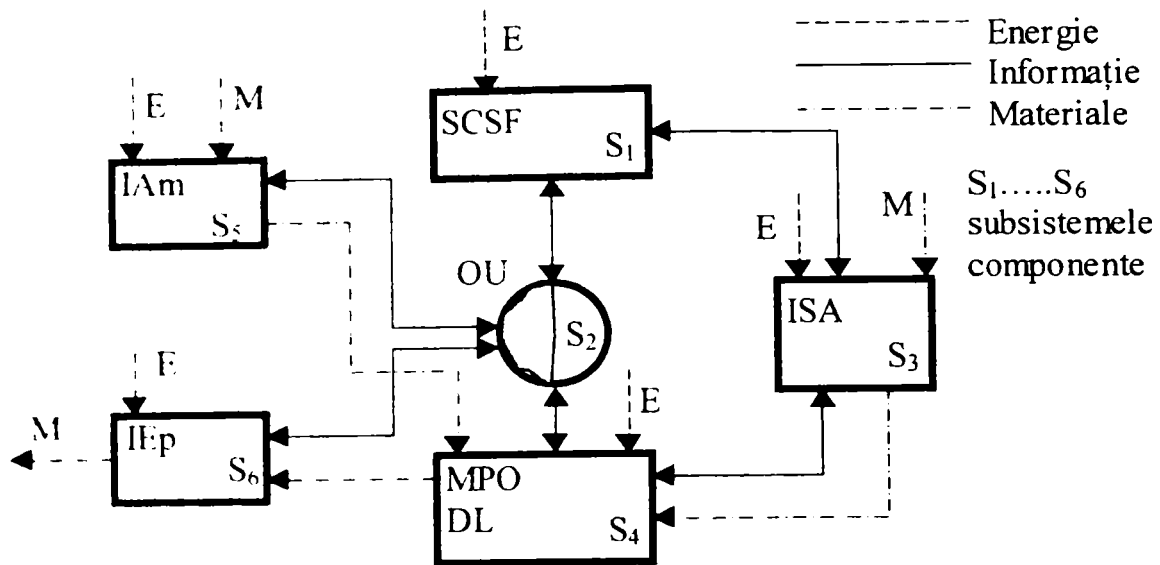


Fig.6.9. Schema bloc a sistemului de fabricație flexibilă a longeroanelor de vehicule feroviare.

În fig.6.10. se prezintă schemele bloc ale componentelor sistemului de fabricație din fig.6.9.

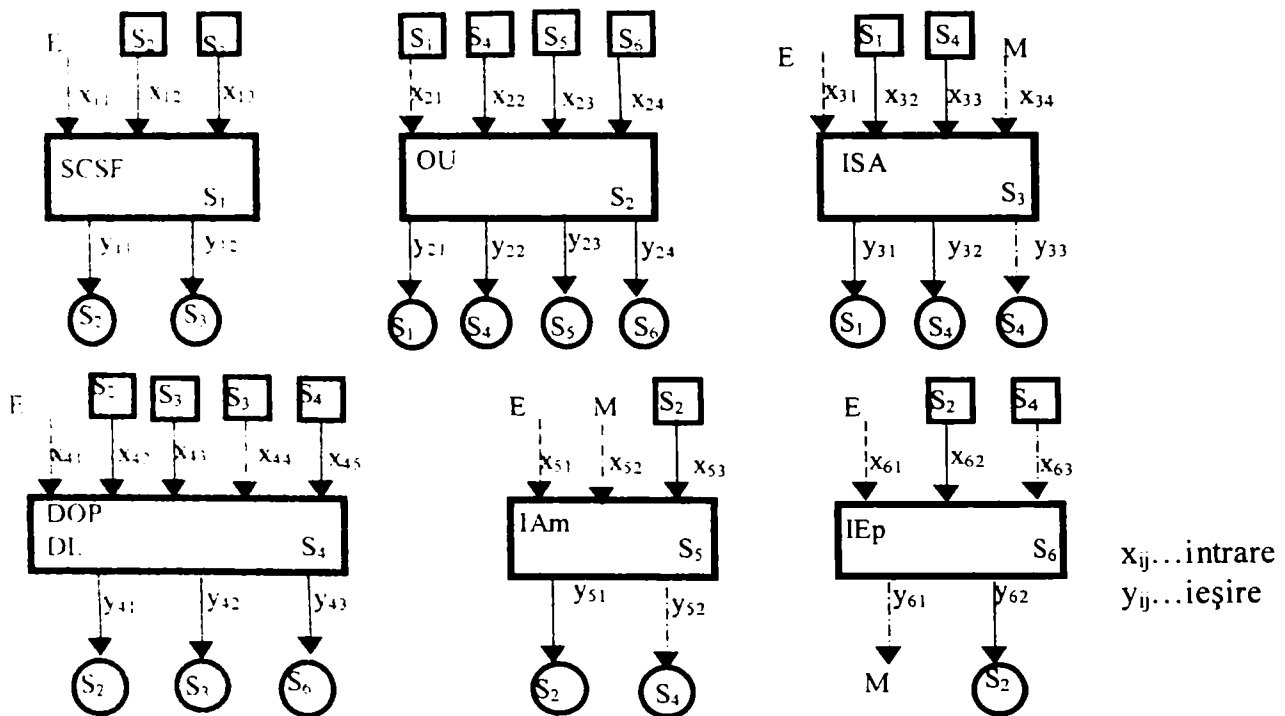


Fig.6.10. Schemele bloc ale componentelor sistemului de fabricație din fig.6.9.

Matricea de structură K_{STR} a sistemului de fabricație prezentate în fig.6.9.-6.11. este dată de relația (6.2).

$$\underline{K}_{STR} = \begin{bmatrix} 0 & \underline{K}_{12} & \underline{K}_{13} & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K}_{21} & 0 & 0 & \underline{K}_{24} & \underline{K}_{25} & \underline{K}_{26} \\ \underline{K}_{31} & 0 & 0 & \underline{K}_{34} & 0 & 0 \\ 0 & \underline{K}_{42} & \underline{K}_{43} & 0 & 0 & \underline{K}_{46} \\ 0 & \underline{K}_{52} & 0 & \underline{K}_{54} & 0 & 0 \\ 0 & \underline{K}_{62} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6.2)$$

Expresiile matricelor de cuplare corespunzător notațiilor din fig.6.9-6.11. sunt:

$$\underline{K}_{12} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \underline{K}_{13} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \underline{K}_{21} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{K}_{24} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \underline{K}_{25} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \underline{K}_{26} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{K}_{31} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \underline{K}_{34} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \underline{K}_{42} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{K}_{43} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \underline{K}_{46} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \underline{K}_{52} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{K}_{54} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \underline{K}_{62} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.3.)$$

Din tabelul centralizator al dimensiunilor longeroanelor centrale și laterale (anexa nr.4.) rezultă că pentru realizarea tuturor îmbinărilor sudate spațiul de lucru al robotului trebuie să fie un paralelogram cu dimensiunile 690x514x17274 mm. Instalația a fost proiectată pentru spațiul de lucru 20000x1200x600 mm.

Dimensiunile paralelipipedului determină cursele mișcărilor relative ale elementelor cuplurilor cinematice conducătoare de translație A, B și D. Poziția spațiului de lucru a instalației de sudare impune situarea relativă a dispozitivului de lucru DL față instalație (fig 6.8.)

În fig.6.11. se prezintă ciclograma sistemului de fabricație de sudare automată pentru longeronul central cu secțiunea "I" utilizat în construcția de vehicule feroviare poziția 6 din anexa nr.1.

Ciclul de sudare a longeronului este cel descris în continuare.

Operatorul uman (OU) ajutat de podul rulant (PR) și folosind o longrină (dispozitiv de ridicat) alimentează dispozitivul de lucru (DL) cu un longeron montat și prins provizoriu cu sudură. Longeronul se ancorează la cele două capete.

Cum cele două puncte caracteristice ale sculelor (capetelor de sudare) nu se găsesc în același plan transversal, se completează partea dreapta a longeronului cu un profil "T" cu dimensiuni identice cu cele ale longeronului. Ca urmare, talpa profilului "T" va avea grosimea de 16 mm și lățimea de 150 mm, respectiv inima profilului "T" va avea 8 mm grosime și 26 mm lățime, lungimea profilului "T" fiind de 450 mm. Adaosul este montat și prins provizoriu cu sudură în dispozitivul de montat longeronul central. El este necesar pentru ca ambele puncte caracteristice ale efectorului final să poată fi poziționate în același timp.

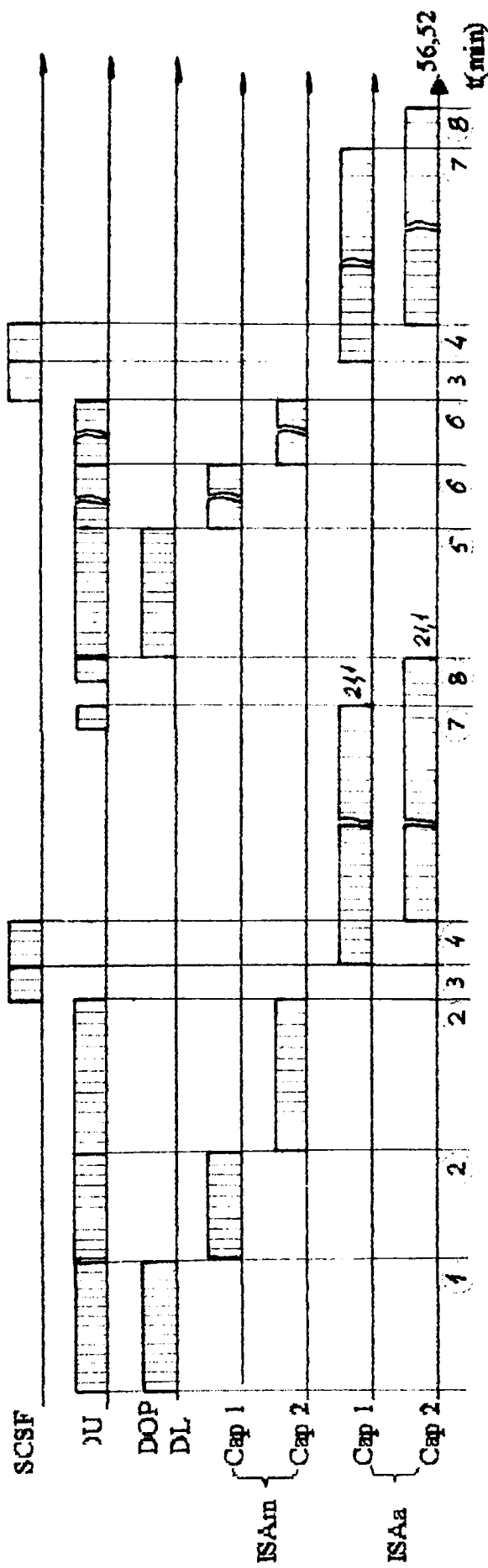
Cele două capete de sudare se poziționează independent prin comenzi manuale și se dă comanda de pornire a instalației de sudare automată.

Pentru început se amorsează arcul electric pentru sudarea îmbinării tălpii inferioare cu inima și după parcurgerea unei lungimi de cca. 400 mm se amorsează arcul electric pentru sudarea tălpii superioare cu inima. Comenzile de amorsare a arcului electric sunt date de către operatorul uman.

După terminarea operației de sudare pe o parte a cordoanelor 1 și 2 (fig.6.12.) instalația revine în poziția inițială și operatorul uman defixează cele două ancore respectiv închide dispozitivul de lucru și dispozitivul rotativ.

Cele două dispozitive se rotesc mecanizat cu 180° situând longeronul în poziția a doua de sudare (pe cealaltă parte).

Operatorul uman deschide cele două dispozitive, fixează din nou cele două ancore, poziționează cele două capete de sudare și repetă operațiile descrise mai sus.



Fazele ciclului:

1. Validare obiect în DL.
2. Validare situarea punctului caracteristic 1 și 2 pentru cordonul 1 și 2.
3. Comanda de începere ciclu de sudare pentru electrodul 1.
4. Comanda de începere ciclu de sudare pentru electrodul 2.
5. Validare întors obiect
6. Validare situarea punctului caracteristic 1 și 2 pentru cordonul 3 și 4.
7. Sfârșit cordon nr. 1.
8. Sfârșit cordon nr. 2.

Fig.6.12.Ciclograma sistemului de fabricație de sudare automată pentru longeronul central cu secțiunea 'T' utilizat în construcția de vehicule feroviare.

1...4. numerotarea
cordoanelor de sudură

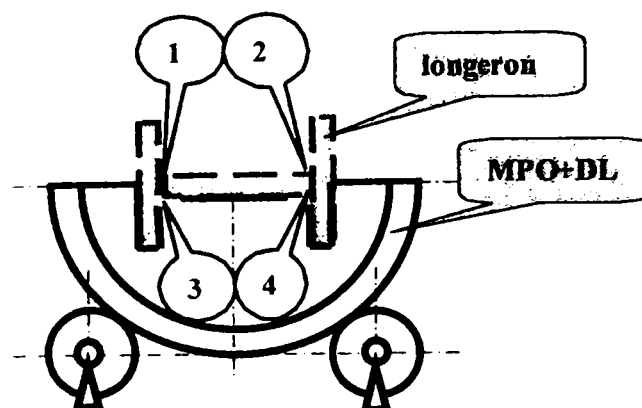


Fig.6.12. Pozițiile cordoanelor de sudură și poziția longeronului
în dispozitivul de lucru la prima secvență de sudare.

După ce s-au executat cordoanele 3 și 4, longeronul este extras din dispozitivul de lucru și introdus în dispozitivul intermediar de depozitare al celei de montare a șasiului vagonului.

Timpul de validare a situării longeronului în dispozitivul de lucru este de 2 min. În acest interval operatorul uman verifică poziția de așezare a longeronului în dispozitivul de lucru respectiv poziția de ancorare la cele două capete.

Poziționarea punctelor caracteristice în punctele de începere a operației de sudare se execută de către instalația de sudare automată comandat manual de către operatorul uman. Acest timp este de 2 min. pentru fiecare punct caracteristic în parte.

În vederea realizării celor două cordoane de sudură (1 și 2) instalația de sudare automat trebuie să parcurgă o distanță L care este dat de relația (6.4)

$$L = l_c + l_a \quad (6.4)$$

unde:

l_c lungimea îmbinării între talpa superioară și inimă este:

$$l_c = 12297 \text{ mm}$$

iar distanța de parcurs de către punctului caracteristic pe adaos fără amorsarea arcului electric este:

$$l_a = 400 \text{ mm}$$

ca urmare

$$L = 12297 + 400 = 12697 \text{ mm}$$

Parametrii regimului de sudare calculat pentru această aplicație sunt:

Intensitatea curentului de sudare $I_a = 575 \text{ A}$;

Tensiunea arcului electric $U_a = 32 \text{ V}$;

Viteza de sudare $v_s = 60 \text{ cm/min}$

Timpul de sudare pentru un cordon este dat de relația (6.5).

$$t = \frac{l_c}{v_s} = \frac{1269,7}{60} = 21,1 \text{ min} \quad (6.5)$$

Timpul de parcurgere a distanței de 400 mm pe adaos este dat de relația (6.6).

$$t_a = \frac{l_a}{v_s} = \frac{40}{60} = 0,66 \text{ min} \quad (6.6)$$

Timpul total de sudare a instalației de sudare automată este dat de relația (6.7)

$$T=t+t_i=21,1+0,66=21,76 \text{ min} \quad (6.7).$$

Se menționează că în zonele înclinate a îmbinării tălpii inferioare cu inima viteza de sudare este mai mare. În acest sens operatorul uman va mări curentul de sudare și viteza de avans sârmă electrod astfel încât, cantitatea de metal depus să fie identică la cele două arcuri electrice.

Pentru sudarea longeronului confecționat din două profile “Z” și un profil “I” ciclograma este mai simplă. Pe de o parte dispozitivul de poziționare-orientare și dispozitivul de lucru servesc doar pentru situarea longeronului care de data aceasta nu se mai rotește cu 180^0 , pe de altă parte în această instalație se sudează doar cele două îmbinări dintre profilul “I” și profilele “Z” sudate în prealabil cap la cap de a lungul lor.

Instalația prezentată este invenția autorului și a fost pus în funcțiune în ASTRA- VAGOANE Arad în 1991

O fotografie a instalației este prezentat în fig.6.13.

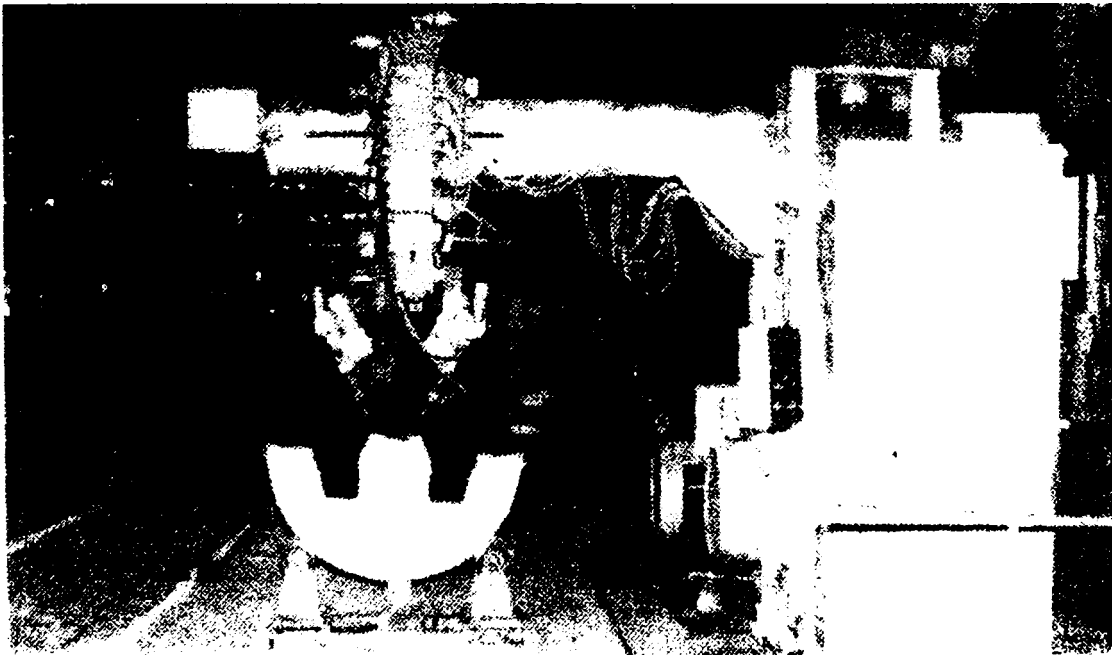


Fig.6.13.Vedere frontală a instalației de sudare automată a longeroanelor cu două capete de sudare.

Calculul erorii sensorului tactil se determină pe baza dimensiunilor prezentate în fig.6.14.

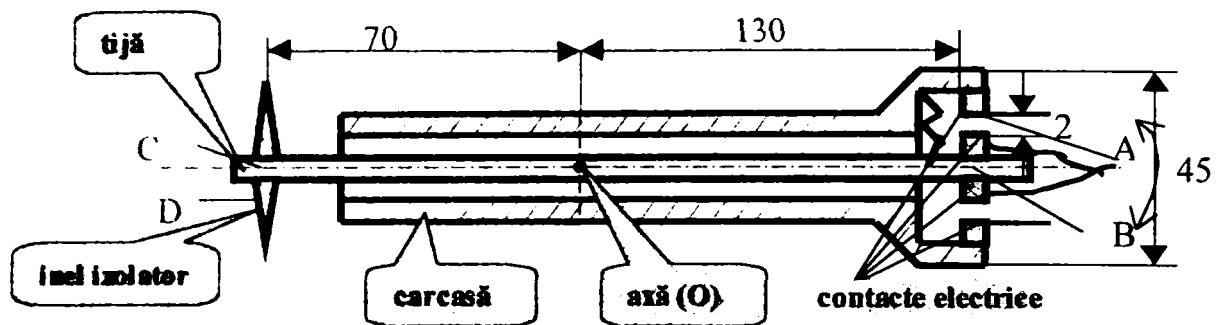


Fig.6.14.Dimensiunile principale ale sensorului tactil electric.

Tija sensorului tactil se rotește în jurul axei (punctului O). Unghiul de rotație este limitat de distanța dintre contactele de pe tija și contactele electrice de pe carcasa sensorului dreptul părții superioare a tijeii. Din asemănarea triunghiurilor dreptunghice OAB și OCD

$$\Delta OBA \approx \Delta OCD \quad (6.8.)$$

Se calculează distanța CD în limitele căruia partea inferioară a sensorului poate efectua mișcări fără să emite semnale de comandă în vederea corectării traiectoriei punctului caracteristic (vârful sârmei electrod)

$$\frac{OB}{OC} = \frac{AB}{CD} \quad (6.9)$$

de unde rezultă:

$$CD = \frac{OC \cdot AB}{OB} = \frac{70.2}{130} = 1,16mm \quad (6.10)$$

Această valoare conform paragrafului 5.5.2. încă nu influențează negativ calitatea îmbinărilor sudate.

6.3.CELULĂ ROBOTIZATĂ PENTRU SUDAREA SUBANSAMBLELOR MICI ÎN CONSTRUCȚIA VAGOANELOR DE CALE FERATĂ

6.3.1. Sinteza structurală și cea a planului de amplasament a celulei de fabricație

În urma elaborării tehnologiei de grup (subcapitolul 4.4) s-a constituit grupa a III-a (vezi fig.4.9 și anexa 2) conținând subansamble de tip balamale, lagăre, suportul arcului, tamponane, etc. A doua aplicație realizată S.C.ASTRA VAGOANE Arad a fost celula pentru sudarea acestor subansamble.

Datorită faptului că subansamblele în cauză fac parte din diferite ansamble ale unui vehicul feroviar (sunt multe și foarte diferite) sistemul conceput conține numai celulă flexibilă de sudare, montarea și prinderea provizorie cu sudură a componentelor făcându-se în diferite secții și ateliere.

Ca și punct de plecare pentru realizarea aplicației s-au ales cele două subansamble ale tamponanelor vagoanelor marfă (tijă cu taler, tijă cu placă de bază) deoarece pentru toate comenzile de vagoane marfă existente în perioada respectivă din punct de vedere dimensional și a formei geometrice ele erau foarte apropiate.

Celula de sudare concepută este compusă dintr-un robot industrial de tip RIP 6,3 de fabricație românească (Automatica București), cu 5 axe. Acest robot industrial nu este adaptiv, neavând sistem de urmărire a geometriei reale a rostului, în consecință el nu poate prelua sarcini complexe.

Efactorul final al robotului este un cap de sudare făcând parte dintr-o instalație de sudare cu impulsuri prevăzută cu sistem de comandă sinergică tip ARISTO –400 produsă de firma ESAB.

Celula mai cuprinde două mese de poziționare-orientare (MPO_1 ; MPO_2) de tip MPR-500 fabricate la IMPS Oradea. Pe platoul meselor de poziționare-orientare sunt montate câte un dispozitiv de lucru (DL_1 ; DL_2) specifice unor sau mai multor obiecte de lucru.

Tot în cadrul celulei se află sistemul de comandă a sistemului flexibil (SCSF) respectiv depozitele intermediare DI_1 ; DI_3 pentru obiecte montate și prinse provizoriu cu sudură și depozitele intermediare DI_2 ; DI_4 pentru obiecte sudate.

Echipamentele sunt organizate în două posturi de sudare, primul conținând MPO_1 ; DL_1 ; DI_1 ; DI_2 , iar cel de al doilea MPO_2 ; DL_2 ; DI_3 ; DI_4 , servite amândouă de același robot industrial.

Datorită performanțelor mai slabe ale robotului industrial, celula este utilizată în general doar pentru sudarea îmbinărilor cap la cap și de colț circulare și mai rar pentru sudarea cordoanelor liniare.

Robotul industrial conlucrează cu masa de poziționare-orientare la realizarea cordoanelor circulare asigurând situarea efectorului final cu poziționarea vârfului electrodului punctul caracteristic într-un punct aflat în planul median al rostului și orientarea drepte caracteristice (axa de simetrie centrală a capului de sudare) după bisectoarea unghiului rostului astfel încât să realizeze unghiul “ α ” cu linia “medie” a rostului (paragraf 5.2.3., fig.5.4. respectiv fig.5.5.)

Planul de amplasament a celulei este reprezentat în fig.6.15.

Nu este justificată utilizarea în celulă a unui robot industrial de manipulare și nici a unei instalații aducătoare și de evacuare din cauza considerentelor prezentate în cadrul aplicației subcapitolul 6.2.

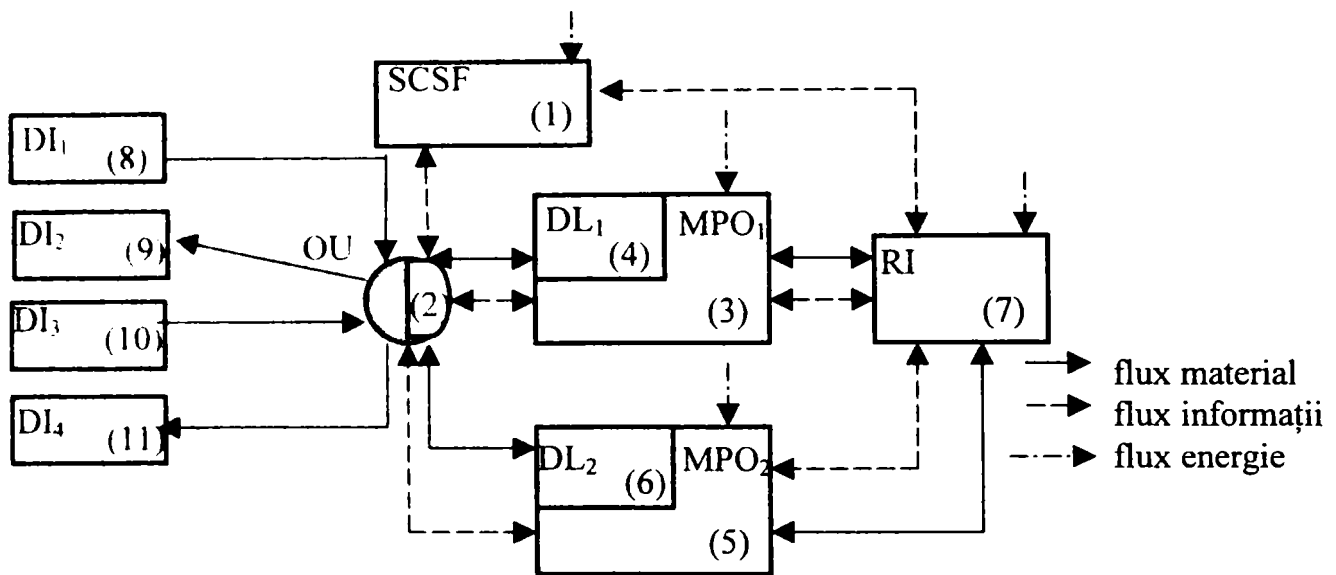


Fig. 6.16. Schema bloc celulei robotizate de sudare a obiectelor mici.

Schema bloc a celulei robotizate de sudare a obiectelor mici este reprezentat în fig.6.16.

Matricea de structură K_{STR} a sistemului de fabricație din fig.6.15. și fig.6.16. are următoarea expresie:

$$\underline{K}_{STR} = \begin{bmatrix}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{K}_{1,7} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \underline{K}_{2,1} & 0 & \underline{K}_{2,3} & \underline{K}_{2,4} & \underline{K}_{2,5} & \underline{K}_{2,6} & 0 & 0 & \underline{K}_{2,9} & 0 & \underline{K}_{2,11} \\
 0 & \underline{K}_{3,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{K}_{3,7} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \underline{K}_{4,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \underline{K}_{5,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{K}_{5,7} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \underline{K}_{6,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \underline{K}_{7,1} & 0 & \underline{K}_{7,3} & 0 & \underline{K}_{7,5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \underline{K}_{8,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \underline{K}_{10,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix} \quad (6.11)$$

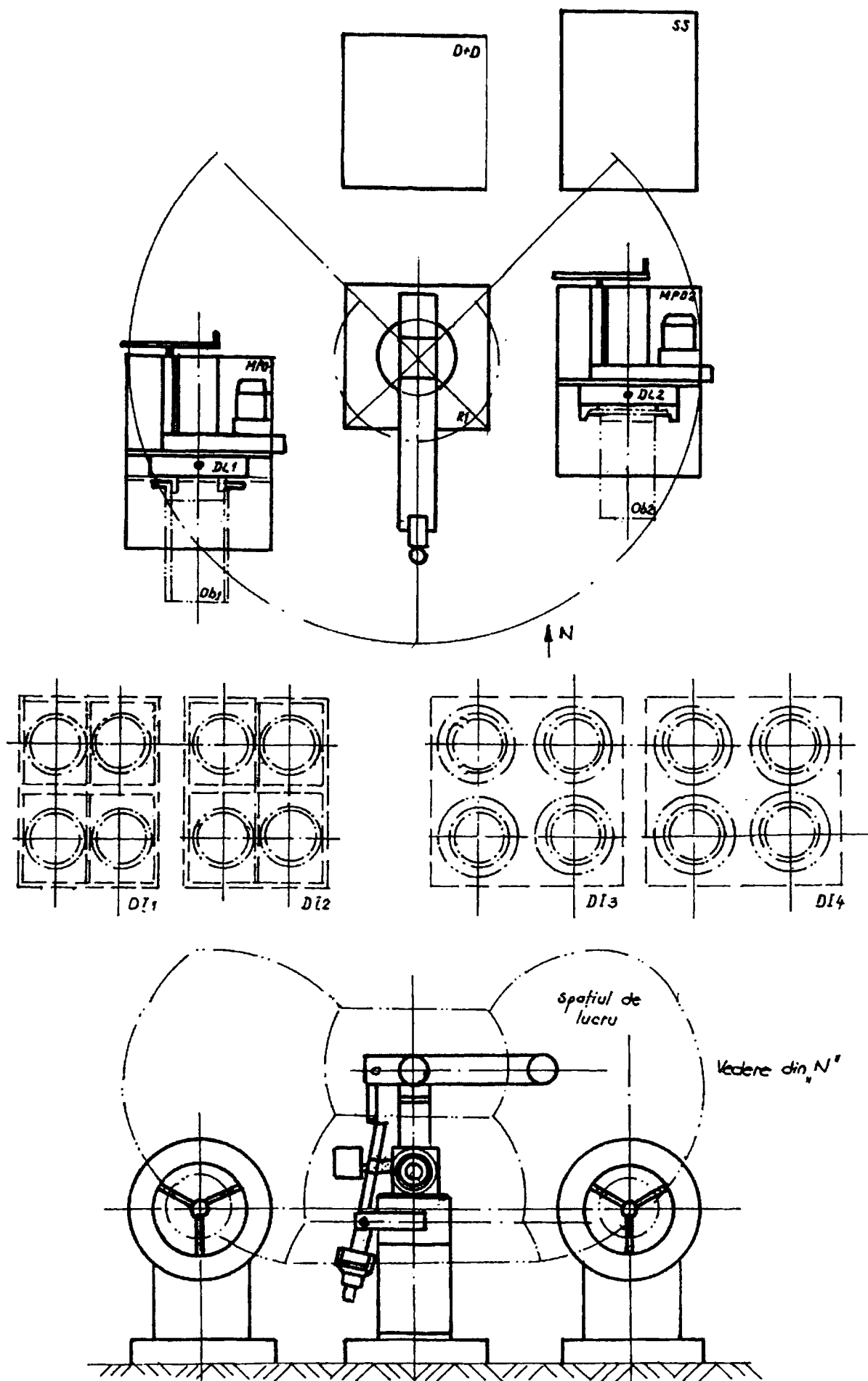


Fig.6.15. Planul de amplasament al celulei de sudare obiecte mici.

Matricele de cuplare ale componentelor (6.3.2), elementele nenule ale matricii de structură se deduc pe baza schemei bloc și a schemelor complementare prezentat în fig.6.17.

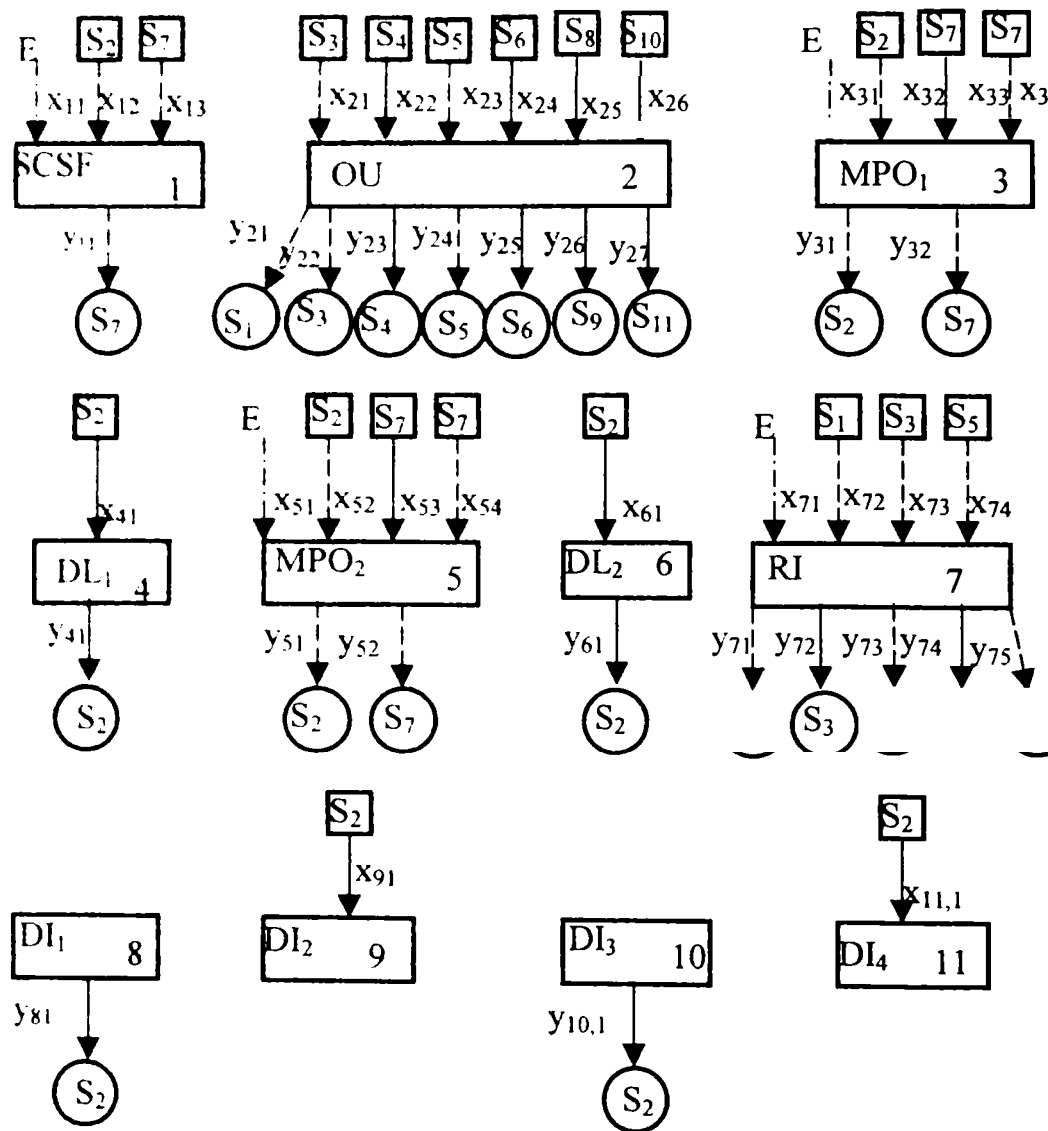


Fig. 6.17. Scheme bloc complementare.

$$\underline{K}_{1,7} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{K}_{2,1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{K}_{2,3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{K}_{2,4} = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$\begin{aligned} \underline{K}_{2,5} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \underline{K}_{2,6} &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0] \\ \underline{K}_{2,9} &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0] & \underline{K}_{2,11} &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1] \\ \underline{K}_{3,2} &= \begin{bmatrix} 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} & \underline{K}_{3,7} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} & \underline{K}_{4,2} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} & \underline{K}_{5,2} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \underline{K}_{5,7} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} & \underline{K}_{6,2} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} & \underline{K}_{7,1} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \underline{K}_{7,3} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \underline{K}_{8,2} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} & \underline{K}_{10,2} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (6.12)$$

6.3.2. Soluții constructive-funcționale ale componentelor celulei de fabricație pentru sudarea obiectelor de lucru mici

6.3.2.1. Considerații generale

Se exemplifică funcționarea celulei prin descrierea modelului de realizare a sudării subansamblelor corp tampon de vagon marfă în două variante cea cu tijă cu taler fig.6.18.a și respectiv cea cu tijă cu placa de bază fig.6.18.b.

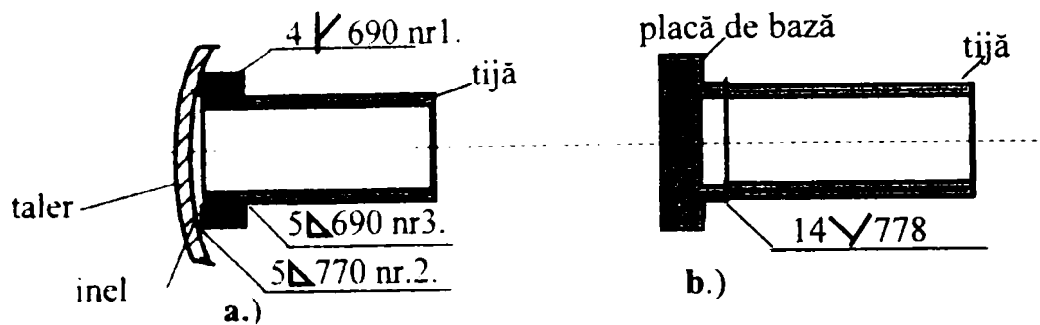


Fig. 6.18. a.) tija cu taler; b.) tija cu placa de bază.

Tija cu taler se realizează prin îmbinarea prin sudură a trei componente: tija este îmbinată cu taler printr-un cordon de colț (nr.1.), acoperit ulterior cu un inel îmbinat cu tija printr-un cordon de colț (nr.3.) și cu talerul printr-un cordon jumătate "y" (nr.2).

Tija cu placa de bază se realizează prin îmbinarea a două componente; tija este îmbinată cu placa de bază printr-un cordon cap la cap.

6.3.2.2. Robotul industrial

Robotul industrial care servește celula flexibilă de fabricație este un robot RIP 6.3 (de fabricație AUTOMATICA București) destinat automatizării proceselor tehnologice din industrie cu condiții grele de muncă.

El poate executa diverse operații tehnologice precum: sudură continuă cu arc electric în mediu de gaz protector, servirea unor mașini-unelte și utilaje, operații generale de manipulare a unor piese sau scule.

Robotul industrial asigură manipularea unei sarcini de maxim 6,3 daN pe un traseu programat de echipamentul de conducere a robotului "CONTROL R".

RIP 6,3 are o structură RRRRR cu acționarea electrică a cuplelor cinematice conducătoare (axelor) ale dispozitivului de ghidare. Motoarele de acționare sunt motoare de curent continuu cu rotor disc tip SMU 750 pentru axele I-III respectiv motoare de curent continuu cu motor disc tip SMU 180 pentru axele IV-V.

Spațiul de lucru este delimitat de suprafețe sferice și plane. Dimensiunile caracteristice în secțiune transversală sunt $630 \times 750 \text{ mm}^2$ iar în secțiune orizontală un arc de 270° .

Exactitatea de repetibilitate în poziționarea punctului caracteristic este de $\pm 0,5 \text{ mm}$.

Parametrii programabili ai robotului industriali sunt poziția și viteza relativă a elementelor cuplelor cinematice conducătoare pe fiecare axă. În timpul funcționării acești parametri sunt în permanență urmăriți și reglați de echipamentul de conducere, prin informații primite și traductoare incrementale de poziție (poziția relativă a elementelor cuplelor cinematice motoare în raport cu poziția de sincronizare) de la tahogeneratoare de tip TG1 (viteza relativă a elementelor cuplelor cinematice conducătoare).

Puterea maximă absorbită de sistemul de acționare al robotului industrial 4kVA (pentru cele 5 axe).

Temperatura de exploatare recomandată este în limitele $+5\div+45^{\circ}\text{C}$.

Se prescrie o funcționare în condiții fără șocuri.

În fig.6.19. se prezintă schema cinematică a dispozitivului de ghidare robotului industrial tip RIP 6,3 și dimensiunile principale ale spațiului de lucru.

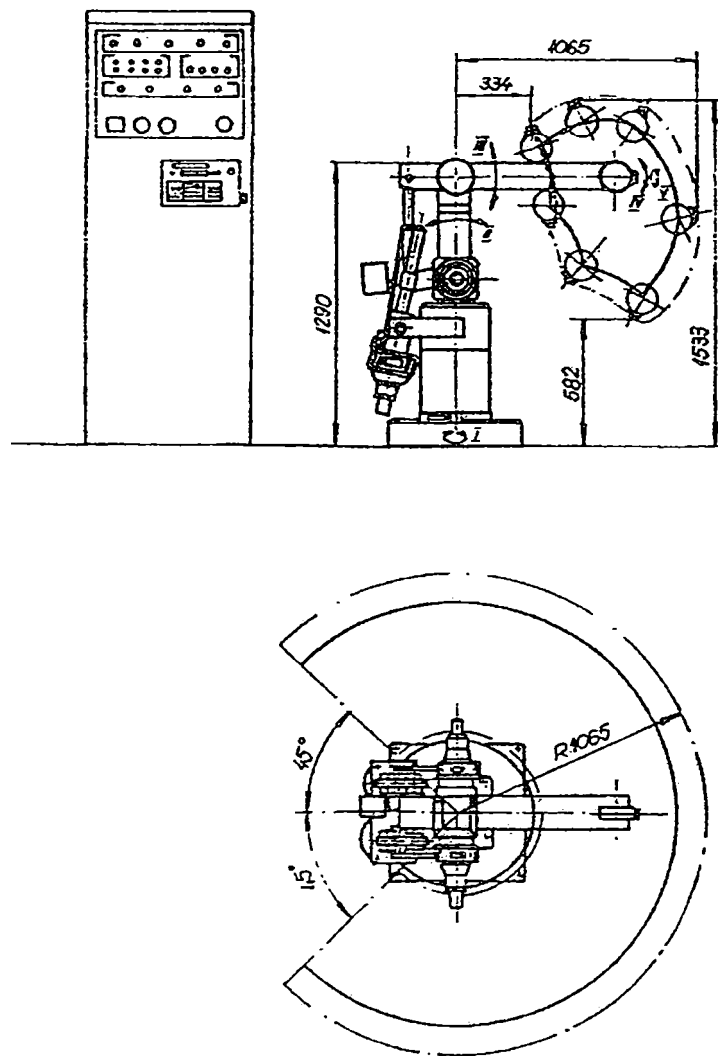


Fig.6.19.Schema cinematică a dispozitivului de ghidare și spațiul de lucru a robotului.

6.3.2.3. Mesele de poziționare-orientare

Celula cuprinde două mese de poziționare-orientare de tip MPR-500 cu două grade de mobilitate fabricate la IMPS-Oradea, destinate situării dispozitivelor de lucru conținând obiecte de lucru din cadrul familiei obiectelor de lucru mici.

Masa de poziționare-orientare având o cuplă cinematică conducătoare de rotație (1) cu mișcare relativă a elementelor acționată de un motor electric de curent continuu realizează mișcarea relativă obiect de lucru-electrod cu viteza de sudare necesară pentru obiectul respectiv.

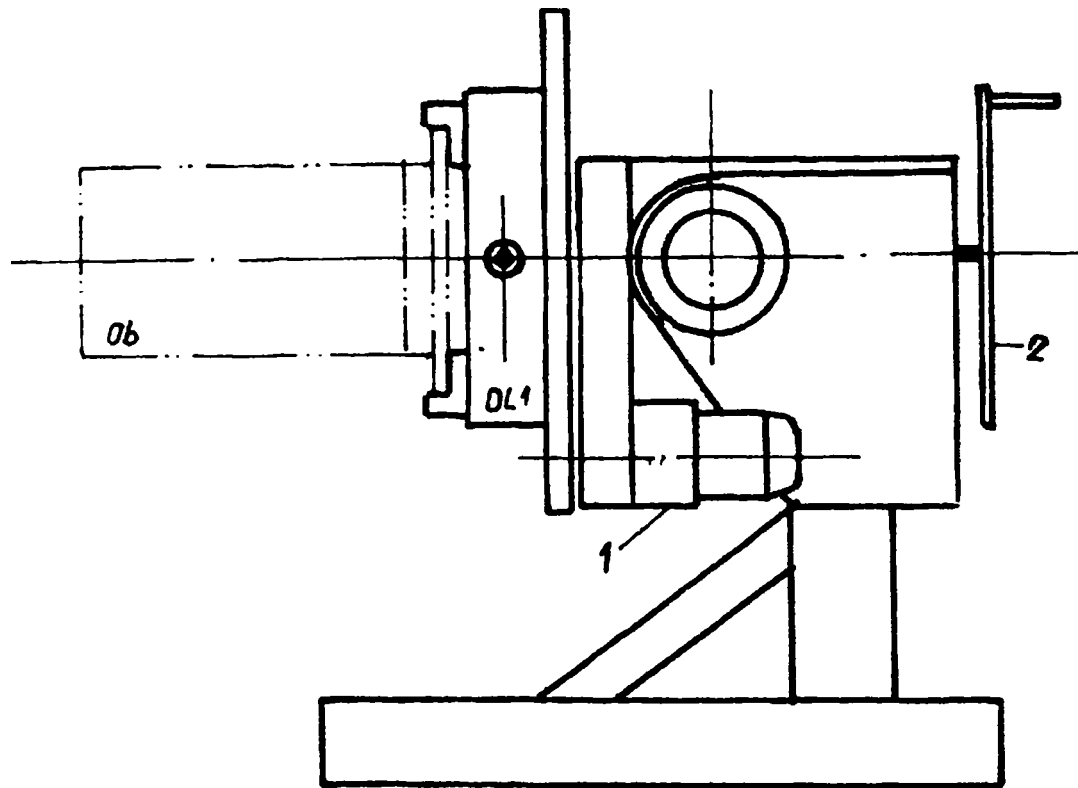
Masa de poziționare-orientare mai este prevăzută cu un dispozitiv de basculare (2) cu o cursă unghiulară de 135° permițând situarea îmbinărilor de colț a obiectului

de lucru în poziție de "jgheab" care asigură condiții optimale de executare a sudării. Acționarea dispozitivului de basculare este manuală.

Poziționarea platourilor meselor se sesizează de către, sisteme de comandă folosindu-se în acest scop senzori tactili de tip limitatoare electromecanice de capăt de cursă.

Fiecare platou este prevăzut cu câte doi senzori tactili; prima emite spre SCSF semnal de posibilitate de începere a operației de sudare, iar al doilea emite spre SCSF semnal că vârful electrodului a ajuns la sfârșitul cordonului

În fig.6.20. se prezintă schematic masa de poziționare-orientare.



6.20. Schema mesei de poziționare-orientare.

6.3.2.4. Dispozitivele de lucru

Dispozitivele de lucru se montează pe platoul meselor de poziționare-orientare și sunt destinate situării corecte și fixării obiectelor de lucru în timpul operației de sudare. În cazul aplicației prezentate se utilizează ca dispozitiv de lucru mandrine universale. Strângerea și destrângerea obiectului de lucru se realizează manual de către operator uman, pentru tijă cu taler cu ajutorul unor bacuri de strângere din exterior (fig.6.18.a.) respectiv pentru tija cu placă de bază cu ajutorul unor bacuri de strângere din interior (fig.6.18.b.).

6.3.2.5. Depozitele intermediare

Celula este prevăzută cu patru depozite intermediare, câte două pentru fiecare post de sudare. Fiecare depozit este format dintr-o paletă specială confecționată în acest scop (vezi fig.6.15.)

Introducerea/extragerea acestor palete în/din celula flexibilă se realizează cu ajutorul unor poduri rulante cu care este dotat hala industrială unde s-a organizat celula de fabricație flexibilă de sudat obiecte mici în construcția de vehicule feroviare.

6.3.3. Funcționarea sistemului de fabricație și ciclograma lui

6.3.3.1. Pregătirea funcționării de durată a celulei

La începutul funcționării de durată a sistemului operatorul uman conectează echipamentul de comandă a robotului industrial, cele două mese de poziționare-orientare respectiv pupitrul de comandă a celulei de fabricație flexibilă la sursa de energie electrică.

În continuare se conectează manual sursa de sudare MIG-MAG cu impulsuri și instalație de răcire (în circuit închis) a sursei de sudare.

Se verifică apoi dacă robotul industrial este într-o poziție retrasă, astfel încât să permită alimentarea dispozitivelor de lucru cu obiecte de lucru. Dacă poziția robotului industrial nu este corespunzătoare, adică el împiedică accesul la dispozitivele de lucru, se comandă manual mișcări corespunzătoare de retragere ale robotului.

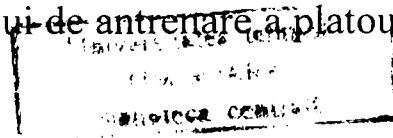
6.3.3.2. Ciclograma celulei de sudare (fig.6.21.)

Ciclograma celulei este reprezentată în fig.6.21.

unde:

- SCSF sistem de comandă a sistemului flexibil
- RI robotul industrial
- SS sursă de sudură
- MPO₁ masa de poziționare-orientare 1
- GP butelie cu gaz de protecție
- MPO₂ masa de poziționare orientare 2
- DAE dispozitiv avans al electrodului

Operatorul uman introduce manual primul obiect de lucru (tija cu placa de bază fig.6.18.b) în dispozitivul de lucru DL₁ al primei mese de poziționare-orientare MPO₁ în vederea situării respectiv fixării "1". Validarea existenței obiectului în dispozitivul de lucru se realizează de către același operator uman cu ajutorul unui microîntrerupător care emite comandă de pornire a motorului de antrenare a platoului mesei de poziționare-orientare.



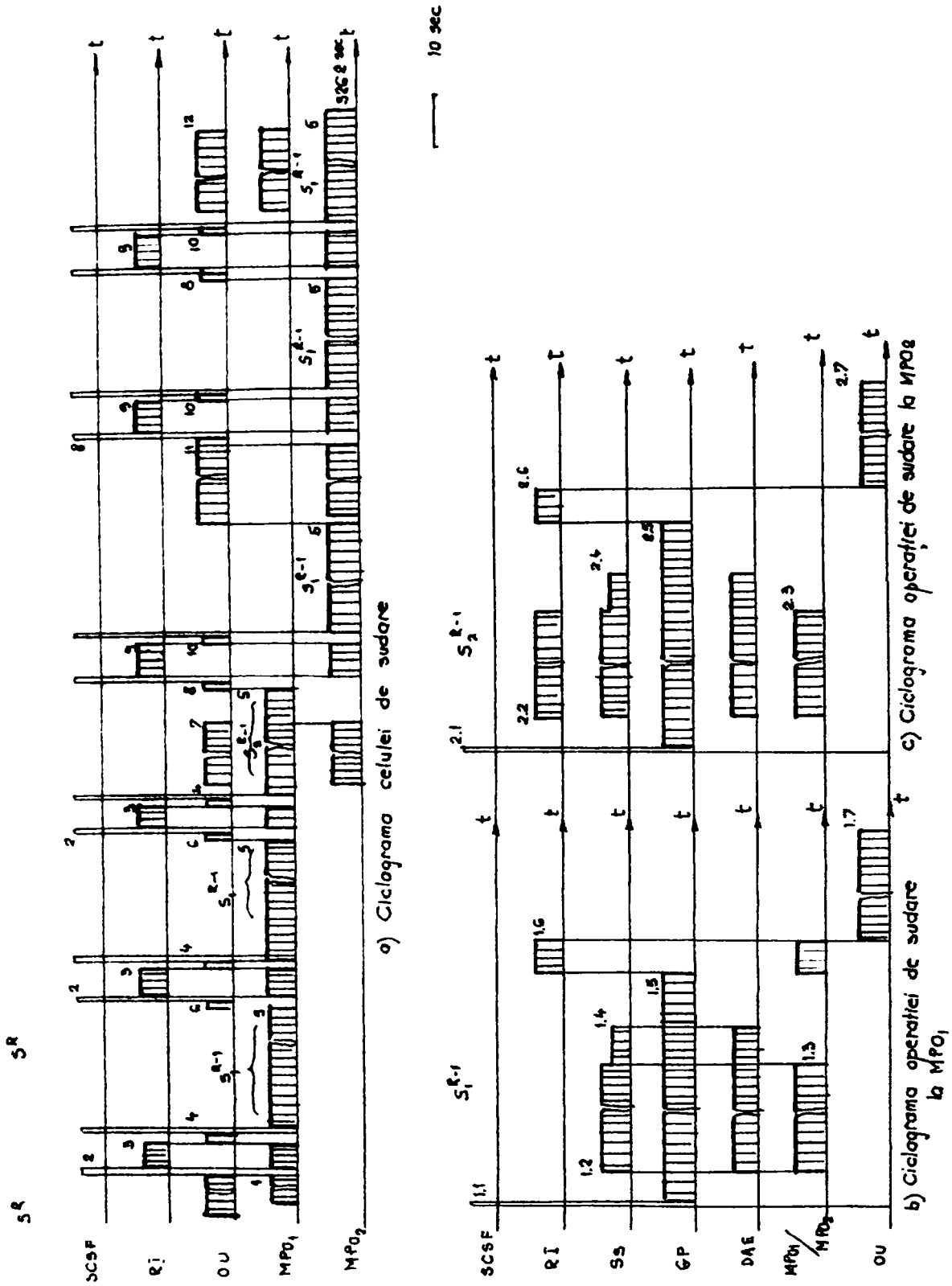


Fig.4.21. Ciclograma de functionare a sistemului de fabricatie pentru unele componente ale unui tampon

Sistemul de comandă al sistemului de fabricație (SCSF) constând din sistemul de comandă al robotului industrial emite comandă de începere a ciclului "2". Robotul industrial execută situarea capului de sudare (poziționarea punctului caracteristic și orientarea drepte caracteristice) deasupra rostului, iar masa MPO₁ cu dispozitivul de lucru efectuează mișcarea relativă a obiectului de lucru de rotație în raport cu electrodul ("3"). Prin apăsarea butonului unui microîntrerupător OU emite un semnal către SCSF care la rândul său emite comanda de declanșare a ciclului operației de sudare ("4").

Operația de sudare a primelor două straturi se desfășoară conform ciclogramei subsistemului (S_1^{R-1}). Amplasarea straturilor este reprezentată în fig.6.22.

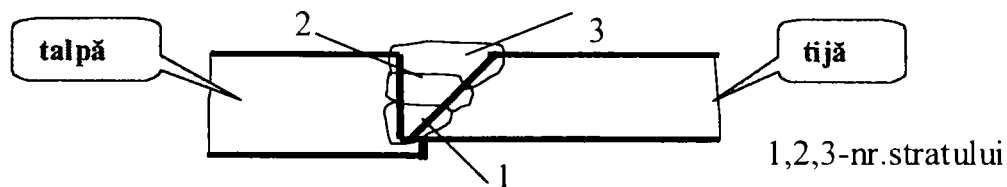


Fig. 6.22. Îmbinarea tijă placă de bază.

Odată cu ocuparea poziției de începere a sudurii cordonului de către punctul caracteristic RI se oprește ("3"). Prin acționarea butonului microîntrerupătorului OU emite către SCSF un semnal pentru declanșarea operației de sudare ("1.1"). SCSF emite comandă pentru deschiderea electroventilului care asigură cu un debit de 12 l/min amestec de gaz de tip **Corgon** (care este un amestec de 82% Ar și 18% CO₂) de protecție a locului de amorsare al arcului electric.

Releul de întârziere cuplează sursa de sudare după 6 sec., dispozitivul de avans al sârmei electrod amorsând arc electric. Odată cu amorsarea arcului electric se pornește mișcarea de rotație a platoul mesei de poziționare-orientare cu o viteză unghiulară egală cu viteza de sudare ("1.2").

În momentul când punctul caracteristic ajunge la sfârșitul cordonului, acest lucru este sesizat de către senzorul tactil de sesizat capăt de cursă și platoul mesei de poziționare-orientare se oprește ("1.3"). Sursa de sudare și dispozitivul de avans al sârmei electrod vor alimenta în continuare arc electric până aceasta va umple craterul final al cordonului, intensitatea curentului fiind în acest timp 70% din valoarea intensității curentului de sudare. După umplerea craterului final, se oprește dispozitivul de avans electrod respectiv se decuplează SS ("1.4").

Un releu de întârziere mai ține deschis electroventilul de alimentare cu gaz de protecție a băii de metal topit încă 10 sec ("1.5"). În acest interval de timp baia de sudură se solidifică și se răcește până la o temperatură la care oxigenul din aerul înconjurător nu mai are efect dăunător. După închiderea ventilului robotul industrial se ridică în poziția de așteptare ("1.6"). În această poziție de așteptare OU execută calibrarea lungimii libere a sârmei electrod și curățirea manuală a capului de sudare, după care protejează de stropi de metal duza de conducere a gazului protector și duza de conducere a sârmei electrod cu un spray silionic ("1.7").

În continuare OU acționează din nou asupra butonului microîntrerupătorului care emite un semnal către SCSF care la rândul lui comandă din nou declanșarea

pregătirii ciclului de sudare pentru stratul 2 ("6"). Care constă din două mișcări diferite:

-RI ocupă poziția de începere a operației de sudare prin situarea capului de sudare;

-MPO₁ ocupă și ea poziția de începere prin rotirea platoului în sens invers sensului de sudare cu 10⁰. ("3").

Prin acționarea butonului microîntrerupătorului OU emite semnal către SCSF pentru declanșarea operației de sudare conform ciclogramei subsistemului S_1^{R-1} ("1.1"–"1.7")

Pentru realizarea stratului trei se parcurg punctele "6"; "8"; "3"; "4" din S^R respectiv ciclograma de sudare a subsistemului S_1^{R-1} cu o deosebire în timpul operației de sudare electrodul execută mișcare de pendulare, realizată de către robotul industrial. În acest sens ciclograma operației de sudare este prezentat sub forma subsistemului S_2^{R-1} ("2.1"–"2.7") fig 6.21.

În timpul operației de sudare a primului obiect de lucru OU introduce manual al doilea obiect de lucru (tija cu taler fig.6.18.a.) în dispozitivul de lucru al mesei de poziționare-orientare MPO₂ "7". Validarea existenței obiectului de lucru în dispozitivul de lucru se realizează și în acest caz cu ajutorul unui microîntrerupător. După terminarea sudării primului obiect de lucru cel de al doilea post de sudare este pregătit pentru pornirea ciclului de sudare.

OU acționează butonul microîntrerupătorului de pe MPO₂ pe baza semnalului recepționat SCSF comandă pregătirea celulei flexibile pentru un nou ciclu ("8"). Robotul industrial situează capul de sudare deasupra rostului pentru executarea cordonului nr.1.(fig.6.18.a.) la cel de al doilea obiect de lucru, respectiv platoul MPO₂ ocupă poziția de start ("9").

OU acționează din nou butonul același microîntrerupător care emite semnal către SCSF pentru comanda declanșării operației de sudare ("10").

Ciclul de sudare se desfășoară conform ciclogramei subsistemului S_1^{R-1} .

După terminarea sudării primului cordon de colț OU montează inelul de rigidizare ("11"), validează cu ajutorul butonului microîntrerupătorului execuția operației de montare și SCSF emite comandă de pregătire a celulei pentru un nou ciclu de sudare ("8"). Robotul industrial situează capul de sudare deasupra cordonului nr.2. (fig.6.18.a.) al celui de al doilea obiect de lucru respectiv poziționează platoul MPO₂ ("9").

OU acționează din nou același buton a microîntrerupătorului care emite semnal către SCSF pentru comanda declanșării operației de sudare a cordonului nr.2. ("10").

Ciclul operației de sudare se desfășoară conform ciclogramei subsistemului S_1^{R-1} .

Sudarea cordonului nr.3. (fig.6.18.a.) se execută parcurgând punctele ("8"); ("9"); ("10") din ciclograma sistemului S^R respectiv întreaga ciclogramă a subsistemului S_1^{R-1} .

În timpul desfășurării operației de sudare OU schimbă obiectul de lucru la primul post de lucru ("12"). După terminarea operației de sudare a obiectului de lucru în postul nr.2, postul de lucru nr.1. este din nou pregătit pentru un nou ciclu de sudare.

Durata efectivă a sudării cordoanelor și a straturilor cât și ciclurile de sudare pentru fiecare cordon și strat sunt prezentate în tabelul 6.3.1.

Tabelul 6.3.1. Duratele efective a sudării cordoanelor.

Nr. cordon conform fig.6.18.a și fig.6.18.b	Viteza de sudare (cm/min)	Timpul de sudare ("1.2"÷"1.4"; "2.2"÷"2.4") (sec).	Timpul ciclului de sudare aferent ("1.1"÷"1.7"; "2.1"÷"2.7") (sec).
Nr.1 fig.a.	21	197	338
Nr.2 fig.a.	21	220	361
Nr.3 fig.a	21	197	338
Strat 1 fig.b	35	120	261
Strat 2 fig.b	33	132	273
Strat 3 fig.b	4	1155	1296

Total 2867 sec

Parametrii regimurilor de sudare pentru fiecare cordon în parte sunt centralizate în tabelul 6.3.2.

Tabelul 6.3.2. Parametrii regimurilor de sudare.

Nr.cordon conform fig.6.18.a și fig.6.18.b.	Intensitatea arcului electric (A)	Tensiunea arcului (V)	Viteza de avans sârmă (m/min)	Viteza de sudare (cm/min)	Amplitudinea mișcării de pendulare (mm)
Nr.1 fig.a	260	23	5,5	21	-
Nr.2 fig.a	260	23	5,5	21	-
Nr.3 fig.a	260	23	5,5	21	-
Strat 1 fig.b	280	25	7	35	-
Strat2 fig.b	300	28	7,5	33	-
Strat 3 fig.b	320	32	8	4	±3

Durata totală a ciclului de funcționare a celulei este de 3262 sec. Această durată a rezultat din însumarea duratei de 2867 sec (rezultată din însumarea duratelor ciclurilor subsistemelor S_1^{R-1} și S_2^{R-1}), intervalele de timp necesare pentru încărcarea/descărcarea dispozitivelor de lucru, respectiv emiterea semnalelor către SCSF.

Timpul necesar de execuție a tijeii cu taler respectiv tijeii cu placă de bază în variantă manuală, adică sudarea manuală cu electrozi înveliți într-un dispozitiv rotativ de sudare normat conform normativelor republicane existente la S:C: ASTRA-VAGOANE Arad este de 273,6 min.

Acest timp înglobează numai fazele care se execută și în celula de prelucrare-sudare prezentat mai sus. Aceste faze sunt introducerea obiectelor de lucru în dispozitivul rotativ de sudat, operația de sudare, rotirea manuală a platului dispozitivului rotativ, curățirea de zgură a cordoanelor, montarea inelului și extragerea subansamblului sudat din dispozitiv și depunerea în depozitul intermediar.

Comparând timpii la cele două variante de execuție, adică cea manuală 273,6 min cu cea realizat în celula flexibilă de fabricație 54,36 min rezultă o creștere a productivității muncii cu 503%.

6.3.3.3. Sinteza planului de amplasament al celulei de fabricație

Sinteza planului de amplasament al celulei s-a făcut ținând cont de necesitatea intersecției spațiilor de lucru ale componentelor sistemului între care există traseu de material.

În fig.6.15. s-a prezentat spațiul de lucru al robotului industrial. Se observă că acest spațiu de lucru intersectează spațiile de lucru ale celor două mese de poziționare-orientare MPO_1 și MPO_2 , conținând volumele cordoanelor care urmează a fi depuse pe subansamblele ce se sudează în dispozitiv.

S-a verificat că spațiile de coliziune ale componentelor celulei nu se intersectează.

Componentele celulei de comandă s-au amplasat respectând cerințele privind traseul cât mai scurt pentru conductorii afectați schimbului de informații.

Depozitele intermediare și subsistemele sistemului de fabricație au fost astfel amplasate încât lungimile traseelor obiectelor de lucru de manipulat respectiv timpii de transfer a acestora să fie minime.

S-a ținut cont de asemenea și de evitarea pericolului de accidentări prin strivire datorită pozițiilor relative necorespunzătoare ale componentelor sistemului.

În fig.6.21. se prezintă ciclograma de funcționare a celulei. Timpii aferenți funcționării diferitelor componente s-au stabilit pornind de la datele procesului tehnologic de sudare a fiecărui cordon și strat în parte, timpii de manipulare a obiectelor de lucru, timpii de deplasare a capului de sudare de către robotul industrial, timpii de montare a unor componente.

6.3.4. Calculul erorilor de situare relativă a obiectelor de lucru în raport cu robotul

Datorită performanțelor modeste ale robotului industrial mai ales faptului că aceasta nu este dotat cu comandă adaptivă, este de prisos dotarea celulei cu senzori de căutare a începutului și sfârșitului de cordon respectiv senzori de urmărirea rostului în timpul operației de sudare.

Corectarea abaterilor de montaj a componentelor obiectelor de lucru, a abaterilor de situare a obiectelor de lucru în raport cu robotul, abaterile apărute în timpul operației de sudare, etc. este executată de către OU cu ajutorul dispozitivului de basculare a platoului meselor de poziționare-orientare.

Unele componente a celulei (RI, MPO) au fost astfel alese ca erorile de situare proprii lor să fie minime. Componentele proiectate și executate în societatea ASTRA-VAGOANE (DL) au fost astfel realizate ca abaterile dimensionale să fie minime.

Prin cele arătate mai sus erorile apărute în timpul operației de sudare pot fi corectate eficient de către operatorul sudor asigurându-se astfel un nivel calitativ ridicat produselor executate în această celulă flexibilă de fabricație la o productivitate a muncii ridicată față de prelucrare tehnologică clasică.

6.4.CELULĂ FLEXIBILĂ ROBOTIZATĂ PENTRU SUDAREA SUBANSAMBLELOR MIJLOCII ÎN CONSTRUCȚIA VAGOANELOR DE CALE FERATĂ

6.4.1. Sinteza structurală și a planului de amplasament a celulei de fabricație

Pe baza principiilor stabilite în paragraful 4.4.1. subansamblele studiate din peste 50 de vagoane feroviare fabricate la S:C.ASTRA-VAGOANE ARAD au fost grupate în trei familii. În prima familie au fost grupate traversele, longeroanele intermediare, stâlpii etc. ale căror lungime nu depășesc 3000 mm.

În perioada conceperii aplicației ASTRA-VAGOANE avea de executat o comandă pentru execuția unui număr mare de boghiuri Y25. Aplicația se referă la sudarea a două subansamble ale acestui boghiu, longeronul lateral și traversa crapodinei, ambele făcând parte din familia nr.1. stabilită în paragraful 4.4.1. anexa nr.3. (poz. 26 și poz 27)

Celula de sudare este compusă dintr-un robot industrial tip VO1 de fabricație OTC Japonia, o instalație de sudare MIG-MAG prin impulsuri cu comandă sinergică de tip TRMW 500 de fabricație OTC Japonia, un modul de translație lungă pentru mărirea spațiului de lucru al robotului industrial, două mese de poziționare-orientare de construcție indigenă, dispozitive de lucru, sistemul de conducere al sistemului de fabricație, depozite intermediare, un țarc pentru butelii de gaze protectoare. Sistemul este organizat în două posturi de lucru.

Planul de amplasament a celulei este reprezentat în fig.6.23.

unde:

- D+D-dulap de comandă și display;
- SS-sursa de sudare;
- RI-robot industrial;
- TR-modul de translație lungă;
- DC-dispozitiv de curățat mecanic capul de sudare;
- SCSF-sistemul de conducere al sistemului de fabricație;
- MPR1-masă de poziționare-orientare pentru longeron;
- MPR2-masă de poziționare-orientare pentru traversă;
- Ob1+DL1 obiectul de lucru nr.1 (longeron) cu dispozitivul de lucru aferent;
- Ob2+DL2 obiectul de lucru nr.2. (traversă) cu dispozitivul de lucru aferent;
- DI.1. -DI.2. depozite intermediare (palete) pentru subansamble montate și sudate provizoriu și pentru subansamble sudate;
- 1,2,3 și 4-poziții fixe de lucru a RI.

Sistemul de comandă al robotului industrial joacă în același timp și rolul sistemului de comandă al sistemului de fabricație.

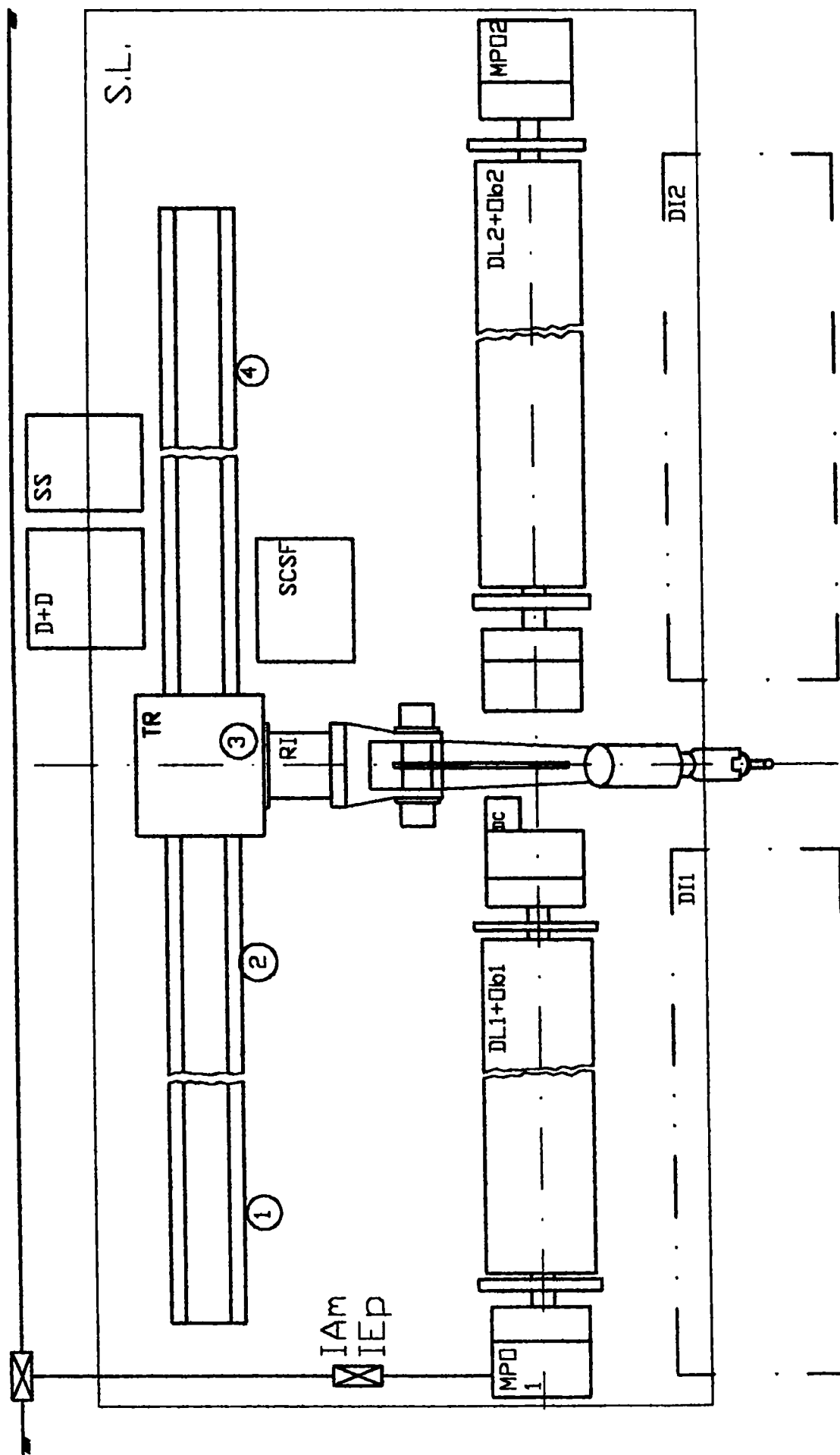


Fig. 6.4. Planul de amplasament a celei de sudare subsansamble boghiu Y25

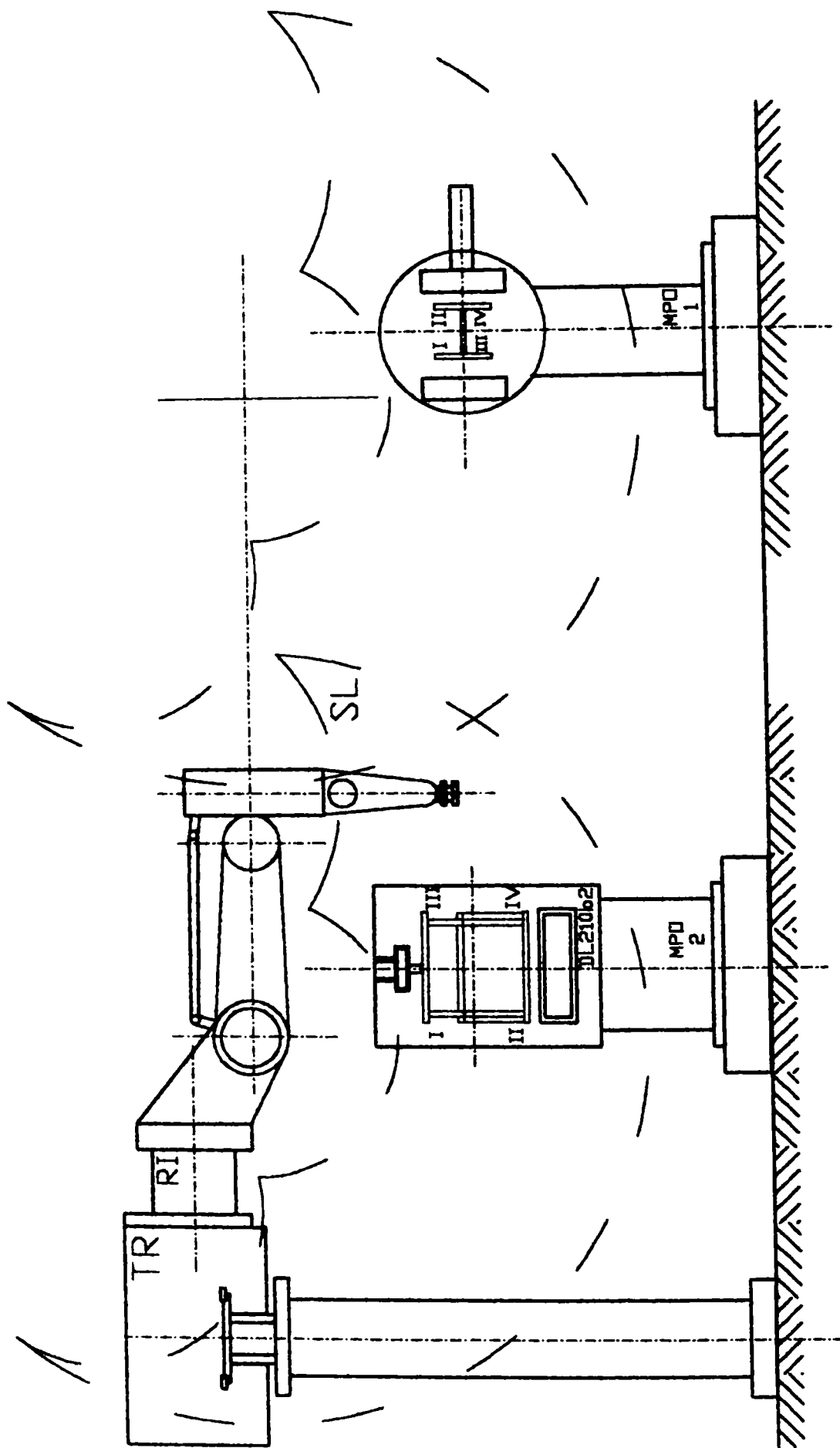


Fig. 6.4. Planul de amplasament a celei de sudare subansamble boghiu Y25 (vedere laterala)

Schema bloc a celulei este reprezentată în fig.6.24.

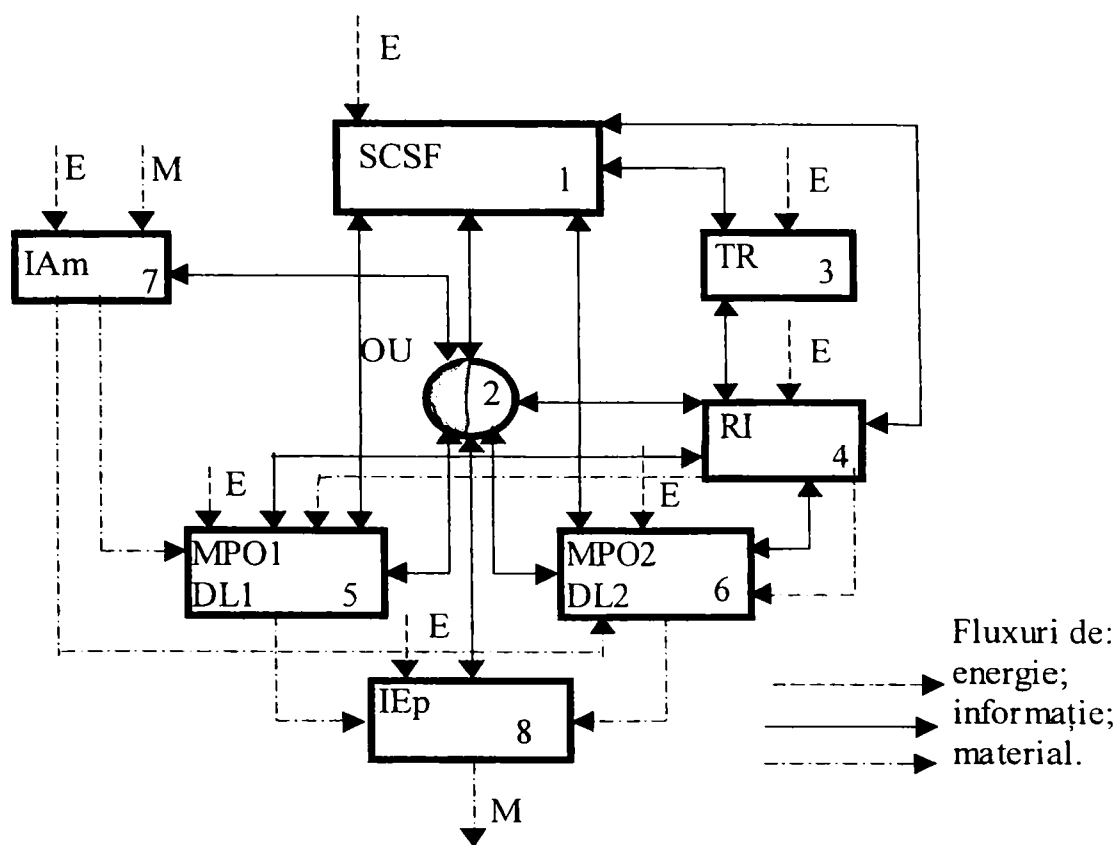


Fig. 6.24.. Schema bloc a aplicației.

Schema bloc a sistemului prezintă modul de cuplare a elementelor celulei flexibile de sudare obiecte de tip longeron și de tip transversă. Pe baza acestei scheme se deduc matricile de cuplare ale componentelor și matricea de structură a sistemului.

Pe baza schemelor complementare prezentate în fig.6.25. și a matricei de structură se prezintă matricea de structură (6.4.1)

$$K_{STR} = \begin{bmatrix} 0 & \underline{K_{12}} & \underline{K_{13}} & \underline{K_{14}} & \underline{K_{15}} & \underline{K_{16}} & 0 & 0 \\ \underline{K_{21}} & 0 & 0 & \underline{K_{24}} & \underline{K_{25}} & \underline{K_{26}} & \underline{K_{27}} & \underline{K_{28}} \\ \underline{K_{31}} & 0 & 0 & \underline{K_{34}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K_{41}} & \underline{K_{42}} & \underline{K_{43}} & 0 & \underline{K_{45}} & \underline{K_{46}} & 0 & 0 \\ \underline{K_{51}} & \underline{K_{52}} & 0 & \underline{K_{54}} & 0 & 0 & 0 & \underline{K_{58}} \\ \underline{K_{61}} & \underline{K_{62}} & 0 & \underline{K_{64}} & 0 & 0 & 0 & \underline{K_{68}} \\ 0 & \underline{K_{72}} & 0 & 0 & \underline{K_{75}} & \underline{K_{76}} & 0 & 0 \\ 0 & \underline{K_{82}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6.13.)$$

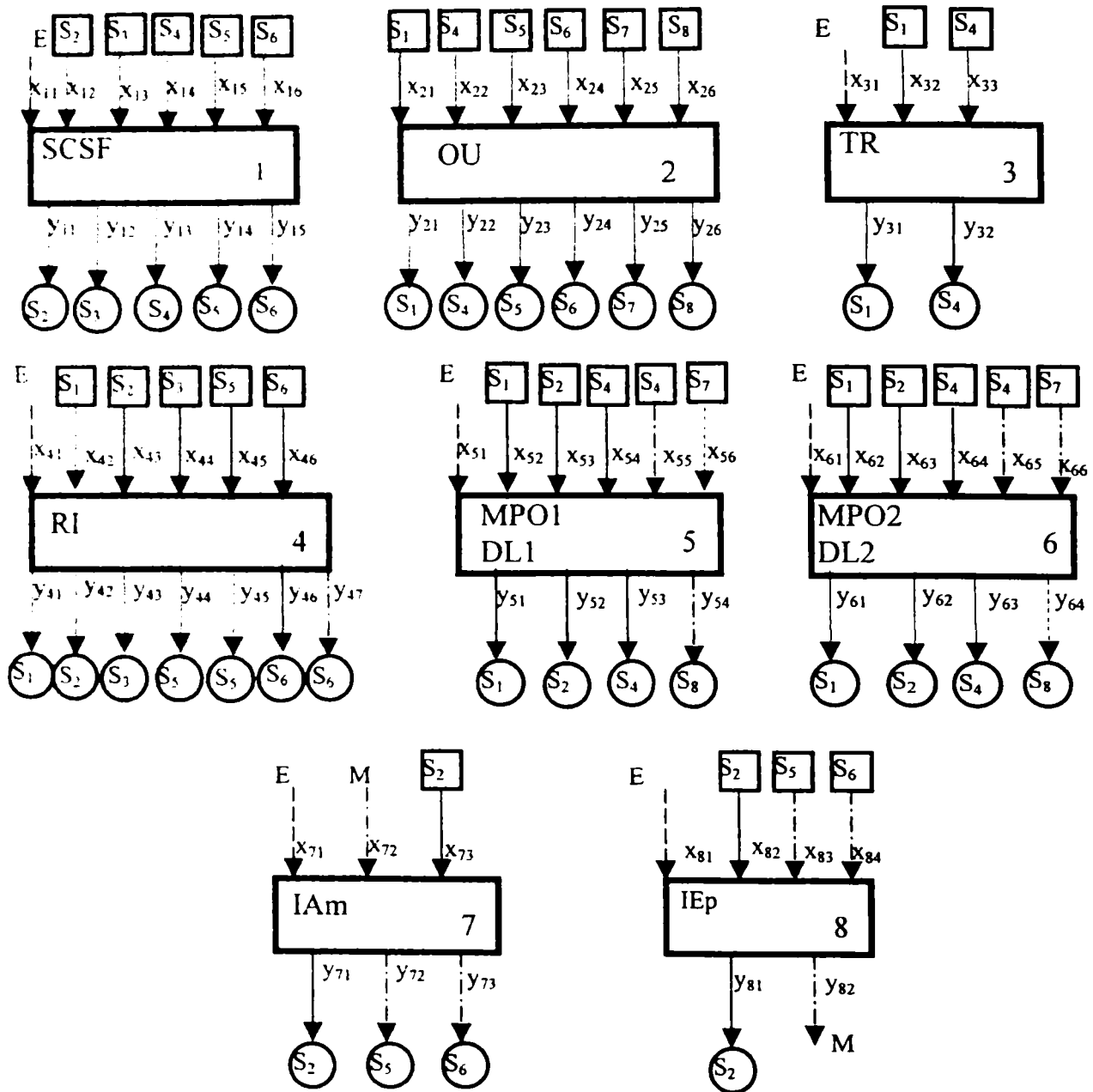


Fig.6.25. Scheme bloc complementare ale fig.6.24.

$$\underline{K}_{12} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \underline{K}_{13} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \underline{K}_{14} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

6.4.2. Soluții constructive-funcționale ale componentelor celulei de fabricație pentru sudarea longeronului și traversei crapodinei pentru boghiu Y25

6.4.2.1. Robotul industrial

Robotul industrial care servește celula de fabricație este un robot OTC-V01, având structura RRRRRR, acționarea electrică sarcina utilă 10daN, și exactitatea de repetabilitate de poziționare de $\pm 0,1\text{mm}$. Puterea instalată este 3410W (pentru cele 6 axe). Spațiul de lucru are volumul $3,25\text{ m}^2 \times 340^0$. Temperatura de exploatare este recomandată să se situeze între $0-40^0\text{C}$.

În fig.6.26. se prezintă schema cinematică a dispozitivului de ghidare a robotului și dimensiunile principale ale spațiului de lucru, unde "P-punct" reprezintă punctul caracteristic al efectorului final

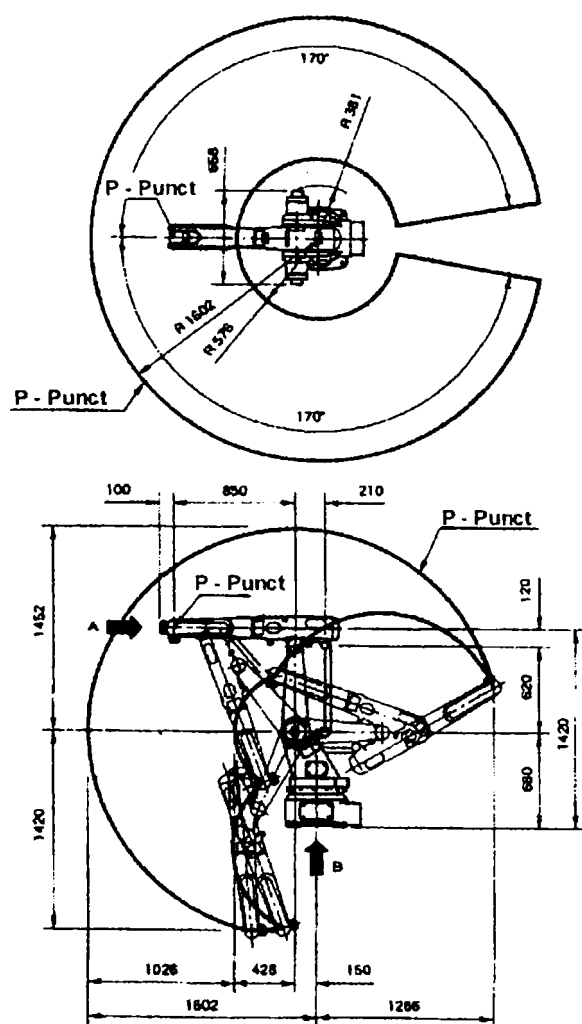


Fig.6.26. Schema cinematică și spațiul de lucru al robotului industrial V01.

Pentru mărirea volumului spațiului de lucru, robotul industrial este montat în poziție suspendată pe căruciorul unui modul de translație lungă de construcție indigenă. Pe această cale spațiul de lucru acoperă două posturi de lucru.

6.4.2.2. Modulul de translație lungă

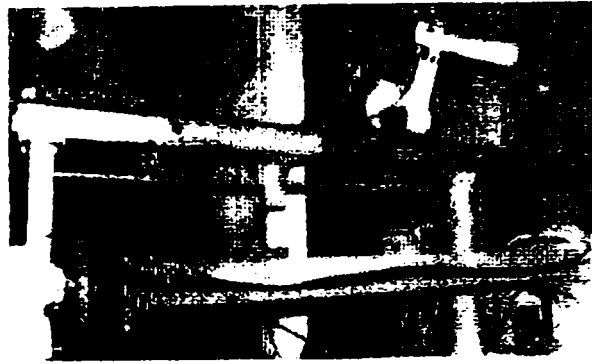


Fig.6.27. Modulul de translație lungă.

Modulul de translație lungă (fotografii anexa6) se compune din:

- căruciorul de translație care se deplasează pe o șină fixă, fiind ghidat prin intermediul a 12 role dinte care 6 fixe și 6 reglabile. Acționarea căruciorului se realizează prin intermediul unui motor de curent alternativ trifazat și a unei transmisii mecanice reductor, -roată dințată,- lanț cu role și zale scurte. Motoreductorul este de construcție MÄDLER GmbH tip SK22-90L/4 ($n=40\text{rot}/\text{min}$; $M=358\text{Nm}$; $p=1,5\text{kW}$); căruciorul este prevăzut cu o placă într-un plan vertical destinată montării robotului industrial;

- suportul translației care asigură deplasarea căruciorului ce susține robotul, pe o lungime 7,5 m la cota de 2360 mm deasupra bazei stâlpului; suportul translației este sprijinit pe 3 stâlpi;

- ansamblul limitatorilor de translație-asigură poziționarea căruciorului în cele 4 poziții de lucru al robotului industrial cu ajutorul unor senzori inductivi de proximitate, care emite semnale pe baza cărora sistemul de comandă al celulei emite la rândul ei comanda pentru frânarea mișcării respectiv oprirea motorului de acționare a modulului de translație.

Pentru poziționarea finală și fixarea căruciorului în poziția de lucru s-a prevăzut un dispozitiv de indexare cu un pneumomotor liniar, echipat cu senzori inductivi de proximitate pentru confirmarea pozițiilor pistonului. Protecția împotriva depășirii limitelor cursei de translație este asigurată de limitatoare electromecanice de capăt de cursă și de limitatoare mecanice (tampoane).

Translația are 4 poziții fixe de lucru. Primele două (1,2) pentru sudarea longeronului a treia (3) poziție este de repaus respectiv poziția de curățire automată a capului de sudare, iar ultima (4) pentru sudarea traversei crapodinei.

În fig.6.27.se prezintă fotografia modulului de translație lungă.

6.4.2.3. Masa de poziționare-orientare.



Fig.6.28. Masa de poziționare-orientare.

Au fost utilizate 2 mese de poziționare-orientare destinate rotirii și situării dispozitivelor de lucru conținând longeronul lateral respectiv traversa boghiului Y 25.

Aționarea mesei se realizează prin intermediul unui motor de curent alternativ trifazat și a unei transmisii mecanice formate din reductor-transmisie, prin curele trapezoidale. Motoreductorul este de construcție MÄDLER GmbH tip SK53-90L/4 ($n=10\text{rot/min}$; $M=1432\text{Nm}$; $p=1,5\text{kW}$).

Poziționarea platourilor meselor se face cu ajutorul unor senzori inductivi de proximitate, semnalele cărora determină emiterea unor comenzi pentru frânarea, respectiv pentru oprirea motorului în două (pentru longeron) respectiv trei poziții (pentru traversă) de încărcare-extragere și sudură.

Pentru poziționarea fină, respectiv protecția contra depășirii cursei de rotire a platourilor sunt prevăzute câte un dispozitiv de indexare cu pneumomotor liniar echipate cu senzori inductivi pentru confirmarea pozițiilor pistonului și câte un limitator electromecanic de capăt de cursă.

În fig.6.28. se prezintă fotografia unei mese de poziționare-orientare utilizate.(anexa 6)

6.4.2.4. Dispozitive de lucru.

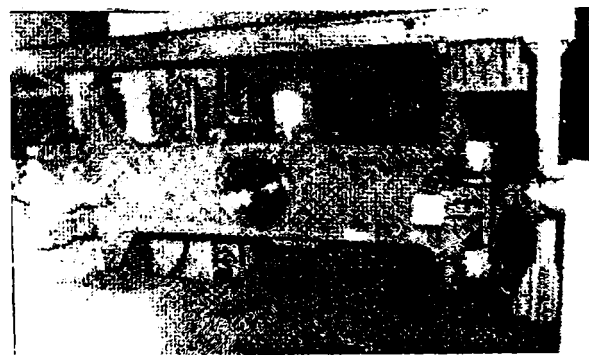
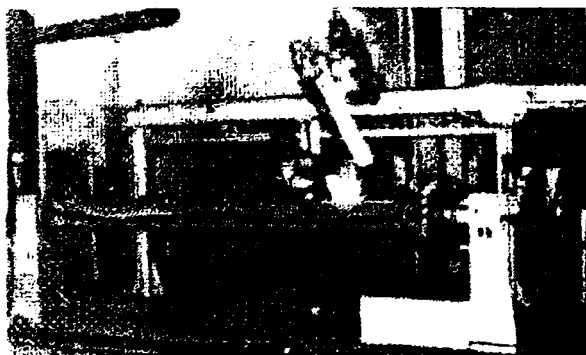


Fig.6.29. Dispozitiv de lucru pentru longeron. Fig.6.30. Dispozitiv de lucru pentru traversă

Dispozitivele de lucru se montează între platourile meselor de poziționare-orientare și sunt destinate situării și fixării obiectelor în timpul operației de sudare. Strângerea obiectelor se realizează prin intermediul unor elemente de strângere

rapidă acționate de trei (pentru traversă), respectiv două (pentru longeron) pneumotoare liniare echipate cu senzori inductivi de proximitate, pentru sesizarea stărilor de “strâns” sau “desfăcut”.

Prin “obiect (de lucru)” se înțelege în continuare subansamblul montat și sudat provizoriu care se sudează definitiv în celulă.

În fig.6.29. și fig.6.30. se prezintă dispozitivul de lucru pentru longeron respectiv traversă.

6.4.2.5. Dispozitiv de curățat capul de sudare

Dispozitivul este compus din două unități

Prima unitate execută o curățire mecanică prin ruperea și îndepărtarea stropilor din interiorul duzei de conducere a gazului protector cu ajutorul unei scule perie de sârmă confecționată din oțel arc care este acționat de un pneumomotor rotativ. Pornirea respectiv oprirea pneumomotorului este comandată prin atingere de către capul de sudare mișcat de către robotul industrial a unui buton acționarea căreia determină deschiderea sau închiderea a unui ventil.

A doua unitate este de fapt un injector pneumatic care îndepărtează particolele desprinse prin acțiunile primei unități cu ajutorul unei jet de aer comprimat uzinal (6 bar.) emițând în suspensie un lichid siliconic care pulverizat fiind pe suprafețele duzelor de contact respectiv de dirijare a gazelor de protecție împiedică lipirea stropilor metalici în timpul sudării.

Dispozitivul de curățat capul de sudare se vede în fig.6.28. în fața mesei de poziționare-orientare.

6.4.2.6. Pupitru central de comandă

Pupitrul este destinat dispunerii centralizate a dispozitivelor de transmitere de către operatorul uman (OU) a comenzilor către robotul industrial, mesele de poziționare-orientare, modulul de translație lungă și dispozitivele de lucru care intră în componența celulei de fabricație flexibile. Comenzile de deplasare (translație) și de rotire (mese de poziționare-orientare) sunt date în regim “automat” sau în regim “manual”.

6.4.2.7. Panouri locale

Instalația are două panouri locale, montate pe cele două mese de poziționare-orientare ele asigură comenzile de strângere-desfacere a obiectelor de lucru (longeron, traversă, etc.) în dispozitivele de lucru. Aceste comenzi sunt în regim “manual”. Panourile locale sunt vizibile în fig.6.29. și 6.30.

6.4.3. Funcționarea sistemului de fabricație și ciclograma lui

6.4.3.1. Prezentare generală

Operatorul uman conectează pupitrul de comandă a celulei de fabricație flexibilă la sursa de energie electrică. Pentru funcționarea în regim manual sau automat, este necesar ca alimentarea cu aer comprimat să fie corespunzătoare (aerul să aibe cel puțin 5 bar presiune).

Echipamentul de comandă a robotului industrial (implicit automat echipamentul pentru sudare adaptivă) se conectează la sursa de energie electrică. OU conectează manual sursa de sudare MIG-MAG cu impulsuri cu comandă sinergică, respectiv instalație de răcire a sursei de sudare la sursa de energie electrică. Instalația de răcire fiind în circuit închis se verifică dacă în rezervorul acestuia există suficient amestec apă distilată+antigel, și după nevoie se va completa conținutul rezervorului.

Se verifică apoi dacă robotul industrial este în poziție de așteptare (3), astfel încât mesele de poziționare-orientare să poată fi deplasate respectiv obiecte de lucru să poate fi introduse în dispozitivele de lucru fără pericolul de coliziune cu robotul industrial; în caz contrar se vor emite comenzi manuale pentru eliminarea acestor deficiențe.

Dacă este necesar, se comandă, utilizând butoanele de pe pupitru de comandă deplasarea platourile meselor de poziționare-orientare în pozițiile de încărcare-extragere a obiectului de lucru.

Încărcarea și extragere a obiectului de lucru se execută de către operatorul uman cu ajutorul unui pod rulant.

După ce cele două mese de poziționare-orientare au fost încărcate cu obiecte de lucru, operatorul uman apasă pe butonul "VALIDARE PIESĂ PRINSĂ" a unui întrerupător, din acest moment panoul local rămâne inactiv până la confirmarea de către robot ca piesa a fost sudată.

În faza următoare prin apăsarea butonului "AUTO" a unui alt întrerupător se comandă începerea regimului de funcționare automată a robotului industrial pe baza programului ("job") întocmit anterior.

Ciclograma sistemului de fabricație flexibilă este prezentată în fig.6.31.

Operatorul uman comandă IAM (pod rulant) cu care alimentează DL1. cu un obiect de lucru Ob1 (longeron) ["1"]. OU comandă de pe panoul local al MPO1. fixarea obiectului de lucru Ob1. Validarea situației și fixării obiectului de lucru Ob1 este realizată de semnalul transmis spre SCSF de către senzorul inductiv de proximitate aflat pe tija pneumomotorului liniar de fixare ["2"].

OU trece SCSF din regim manual în regim automat și comandă declanșarea ciclului de sudare al primului obiect de lucru Ob1.["3"]

Căruciorul translației lungi deplasează robotul industrial RI de la poziția de repaus și curățire a capului de sudare 3 în poziția de lucru 1. Oprirea, indexarea și validarea indexării poziției căruciorului sunt executate pe baza semnalelor date de senzori inductivi de proximitate montate pe cărucior respectiv pe pneumotorul liniar de indexare a căruciorului ["4"].

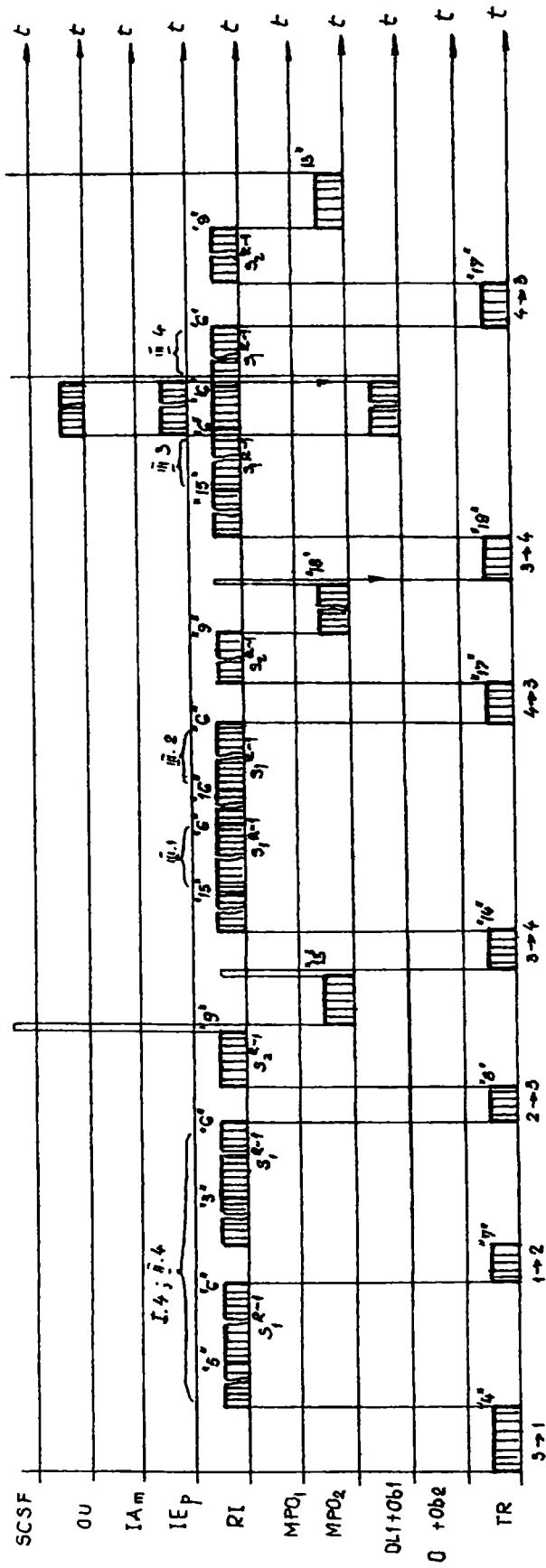
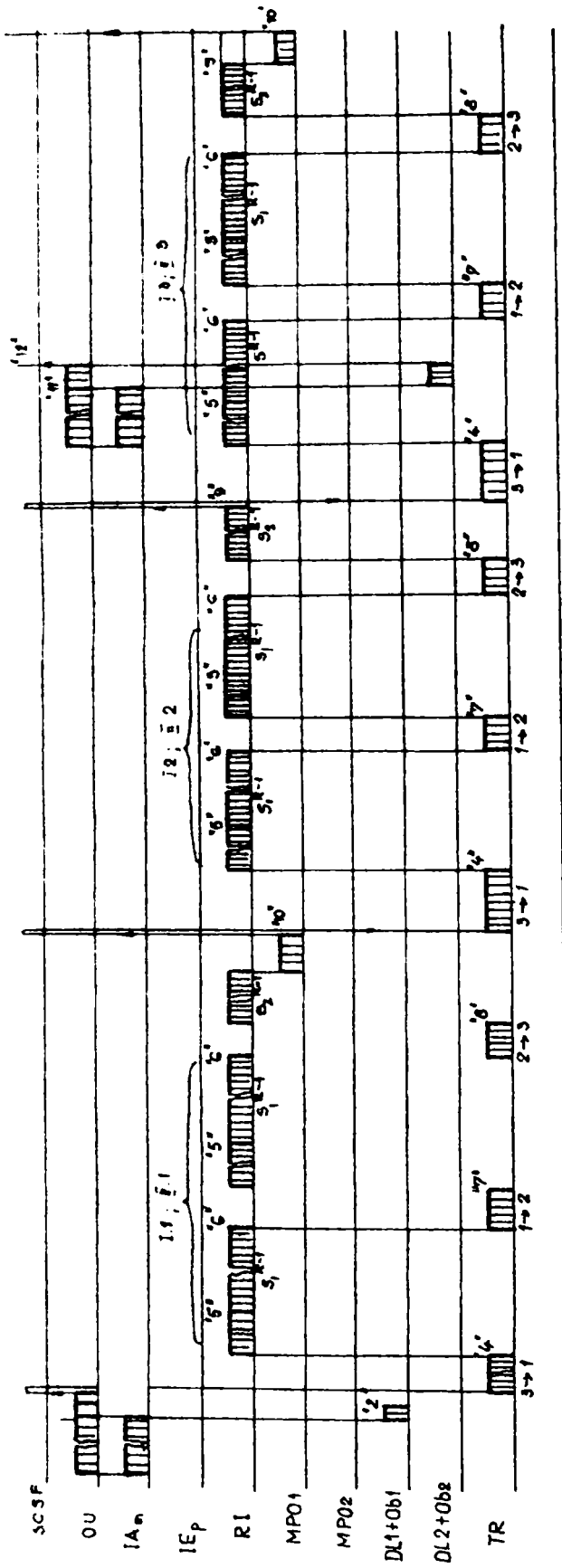
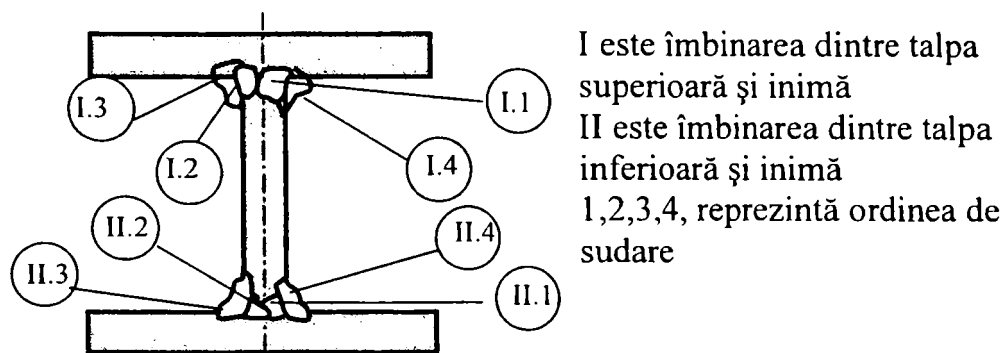


Fig.6.31. Ciclograma sistemului de fabricație flexibilă pentru sudarea subsansamblelor lonjeron și traversa apodinei boghiului Y 25.

În urma validării indexării căruciorului în poziția de lucru 1, SCSF va comanda pornirea ciclului de căutare de către RI cu ajutorul senzorului tactil ["5"] (fig.6.32.) a începutului primei jumătăți a traiectoriei rosturilor I.1 și II.1. reale (poz 27 din anexa 3.).



I este îmbinarea dintre talpa superioară și inimă
 II este îmbinarea dintre talpa inferioară și inimă
 1,2,3,4, reprezintă ordinea de sudare

Fig. 6.32. Ordinea de sudare a longeronului lateral.

Îmbinările sudate dintre tălpi și inimă trebuie să fie realizate cu o pătrundere completă pe toată secțiunea inimii. Astfel din punctul de vedere al calculului de rezistență ele sunt considerate ca îmbinări cap la cap și nu îmbinări de colț.

Din punct de vedere tehnologic fiecare îmbinare (I., II.) dintre o talpă și inimă se realizează prin două cordoane pe cele două părți a inimii și la rândul lor fiecare cordon se execută prin două straturi (1,4 respectiv 2,3). În fig.6.32. numărul straturilor se confundă și cu ordinea de sudare.

Timpii fazelor de căutare a traiectoriilor reale ale rosturilor pentru cele două obiecte de lucru (longeron, traversă) sunt indicate în tabelul 6.4.1.

Tabelul 6.4.1. Timpii fazelor de căutare a traiectoriilor reale.

Nr. cordon conform fig.6.32. și fig.6.35.	Timpul de căutare (sec)
I.1; II.1	65
I.2; II.2	65
I.3; II.3	65
I.4; II.4.	65
III.1; III.3	44
III.2, III.4.	54

Operația de sudare a celor două rădăcini ale semistraturilor se desfășoară conform ciclogramei subsistemului (S_3^{R-1}) ["6"].(fig.6.33.)

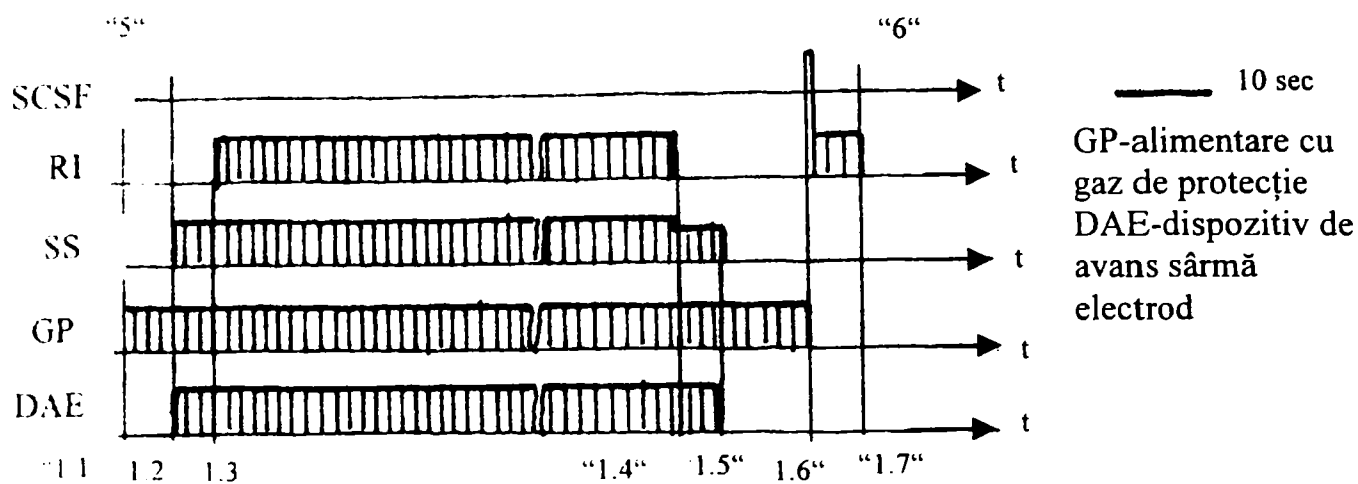


Fig.6.33. Ciclograma subsistemului de sudare S_3^{R-1} .

Durata efectivă a sudării straturilor cât și ciclurilor de sudare pentru fiecare cordon pentru longeron și traversa crapodinei sunt prezentate în tabelul 6.4.2.

Tabelul 6.4.2. Durata efectivă a sudării și ciclurile de sudare pentru fiecare strat.

Nr. strat conform fig.6.32. și 6.35.	Viteza de sudare în cm/min	Timpul de sudare (1.3.-1.4.) în sec.	Timpul ciclului de sudare (1.1.-1.7.) în sec.
I.1; II.1.	30	603	634
I.2; II.2.	50	366	397
I.3; II.3.	24	751	782
I.4; II.4.	24	751	782
III.1; III.3	24	550	581
III.2; III.4.	30	456	487

Pe baza semnalelor primite de la senzorul tactil sistemul de comandă al RI calculează traiectoria reală a celor două semistraturi respectiv punctul de început și sfârșit real de cordon, după care poziționează punctul caracteristic și orientează dreapta caracteristică în dreptul punctului de început de cordon.["1.1"]

În dreptul poziției de început a sudării stratului RI se oprește și dă comanda pentru deschiderea electroventilului care asigură cu un debit de amestec de gaz protecție locului de a amorsare a arcului electric. În vederea protecției băii de metal topit se utilizează un amestec de gaz format din 82%Ar+18% CO₂ care se livrează sub denumirea de Corgon.

Releul de întârziere cuplează sursa de sudare după 6 sec, respectiv dispozitivul de avans al sârmei electrod amorsând arcul electric ["1.2"]. După încă 5 sec pornește și mișcarea de către RI a capului de sudare în lungul rostului real ["1.3."]

Operația de sudare se execută de la mijloc spre extremitățile longeronului pentru reducerea tensiunilor și deformațiilor remanente

În momentul când punctul caracteristic al efectorului final ajunge la sfârșitul cordonului deplasarea RI se oprește ["1.4"]. Sursa de sudare și dispozitivul de avans

al sârmei electrod va alimenta în continuare arcul electric până ce se completează craterul final. Intensitatea curentului fiind 70% din valoarea curentului de sudare. După umplerea craterului de sfârșit de cordon se oprește dispozitivul de avans sârmă electrod respectiv se decuplează SS [“1.5.”]

Un releu de întârziere mai ține deschis electroventilul de alimentare cu gaz de protecție a băii de metal 10 sec. [“1.6.”] În acest interval baia de sudură se solidifică și se răcește la o temperatură la care nu mai are efect dăunător oxigenul din aerul înconjurător. RI. deplasează punctul caracteristic în poziție de așteptare a poziției de lucru 1 a căruciorului translației lungi.[“1.7.”]

SCSF. emite comandă de deplasare a căruciorului translației lungi din poziția 1 de lucru în poziția 2 de lucru [“7.”]. Conform punctelor “5” și “6” din ciclograma sistemului S^R respectiv ciclogramei subsistemului de sudare S_3^{R-1} se realizează sudarea a doua parte a rădăcinii a celor două semicordoane I.1 și II.1.

SCSF emite comandă de deplasare a căruciorului translației lungi din poziția 1 de lucru în poziție 3 de curățire a capului de sudare [“8.”]. Operația de curățire a capului de sudare se desfășoară după ciclograma subsistemului S_4^{R-1} (9) din fig.6.34.

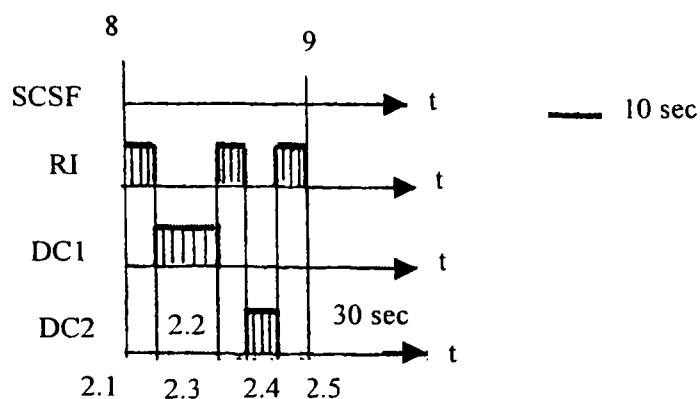


Fig.6.34.Ciclograma subsistemului de curățat capul de sudare S_4^{R-1}

RI deplasează capul de sudare în dreptul primei unități a dispozitivului, cea de curățire mecanică a capului de sudare [“2.1.”] Apăsând cu duza de conducere a gazului protector asupra butonului ventilului de alimentare cu aer comprimat a pneumomotorului rotativ, o sculă de așchiere (perie de sârmă) îndepărtează stropii de metal lipiți pe suprafața duzei de conducere a gazului protector [“2.2.”]

RI eliberează butonul ventilului pneumomotorului și deplasează capul de sudare în dreptul celei de a doua unități a dispozitivului de curățat cap de sudare [“2.3.”] Și în acest caz capul de sudare atinge un buton care deschide ventilul de alimentare a injectorului pneumatic, care îndepărtează printr-un jet de aer comprimat particulele metalice desprinse la prima unitate [“2.4.”].

După aceste operații RI revine în poziția de repaus [“2.5.”] [“9.”]

RI emite comandă de rotire cu 180^0 a DL1+Ob1 prin intermediul MPO1. Oprirea, poziționarea și indexarea se realizează prin comenzi date în urma semnalelor emise de către senzori inductivi de proximitate.[“10.”].

SCSF emite comandă de deplasare a căruciorului modulului de translație lungi din poziția 3 de repaus în poziția 1 de lucru [“4.”] și declanșează căutarea de către RI

a începuturilor primei jumătăți a traiectoriei reale a rosturilor I.2. și II.2. cu ajutorul senzorului tactil ["5"]. Se comandă sudarea acestora conform ciclogramei subsistemului S_3^{R-1} ["1.1."-["1.7"]].

Se repetă activitățile notate în ordine cu "7", "5", "6", "8" pentru sudarea completă al doilea jumătăți a cordoanelor I.2. și II.2. respectiv fazele din ciclograma subsistemului S_4^{R-1} ["9"].

Pe baza semnalului primit de la SCSF urmează declanșarea ciclului pentru sudarea cordoanelor I.3. și II.3. conform activităților notate în ordine "4", "5", "6", "7", "5", "6", "8" respectiv fazele din ciclograma subsistemului S_4^{R-1} ["9"].

Se întoarce Ob1 cu 180^0 conform fazei ["10"], după care conform activităților notate în ordine "4", "5", "6", "7", "5", "6", "8" se desfășoară sudarea cordoanelor I.4. și II.4. respectiv curățirea capului de sudare conform ciclogramei subsistemului S_4^{R-1} ["9"].

În timpul desfășurării operației de sudare a longeronului OU comandă IAm (podul rulant) cu ajutorul căruia alimentează DL2 cu Ob2 (traversa crapodinei) ["11"].

În continuare OU comandă cu ajutorul panoului local al MOP2 fixarea în DL2 a obiectului de lucru în 2 faze: fixare în plan vertical cu 2 pneumomotoare liniare și fixare în plan orizontal cu un pneumomotor liniar. Validarea situației și fixării Ob2 este realizată de semnalele transmise spre SCSF de către senzori inductivi de proximitate aflați pe tijele pneumomotoarelor liniare de fixare a obiectului de lucru ["12"].

După sudarea primului obiect de lucru (longeron) SCSF, fiind în regim automat, comandă declanșarea ciclului de sudare al doilea obiectul de lucru (traversa crapodinei).

SCSF emite comandă de rotire cu 90^0 a DL2 împreună cu Ob2 prin intermediul MPO2; oprirea mișcării, poziționarea și indexarea se realizează prin comenzi date în urma recepționării semnalelor emise de către senzori inductivi de proximitate ["13"].

În continuare SCSF emite comandă de deplasare a căruciorului modulului de translație lungă din poziția 3 de repaus în poziția de lucru 4 ["14"] și declanșează căutarea de către RI a traiectoriei reale a rostului III.1. (fig.6.35.) cu ajutorul senzorului tactil ["15"], după care comandă sudarea acestuia conform ciclogramei subsistemului S_3^{R-1} ["1.1-1.7"] ["9"].

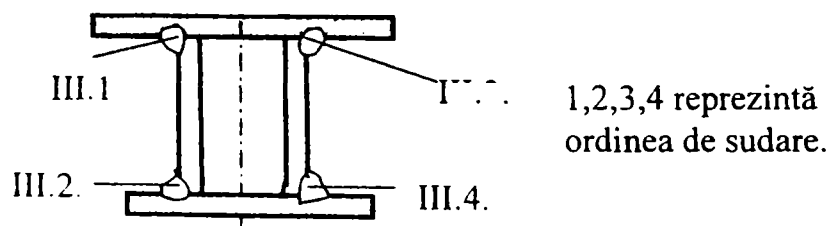


Fig. 6.35. Ordinea de sudare a traversei crapodinei.

RI. emite comandă de declanșare a căutării traiectoriei reale a rostului III.2. cu ajutorul senzorului tactil [“16“], după care comandă sudarea acestuia conform ciclogramei subsistemului S_3^{R-1} (9).

În faza următoare SCSF emite comandă de deplasare a căruciorului translației lungi din poziția 4 de lucru în poziția 3 de repaus și curățire a capului de sudare [“17“]. Operația de curățire a capului de sudare se desfășoară conform ciclogramei subsistemului S_4^{R-1} , [“9“].

Paralel cu această operație SCSF emite comandă de rotire a DL2 împreună cu Ob2 cu 180^0 prin intermediul MPO2. Oprirea mișcării poziționarea și indexarea se realizează prin comenzile date pe baza recepționării semnalelor emise de către senzori inductivi de proximitate [“18“].

În continuare SCSF emite comandă de deplasare a căruciorului translației lungi din poziția 3 de repaus în poziția 4 de lucru [“19“] și declanșează căutarea și sudarea de către RI. a cordoanelor III.3 și III.4. (fig.6.35.) conform fazelor din ciclograma S^R .

În timpul desfășurării operației de sudare a traversei OU comandă Iep (pod rulant) cu ajutorul căruia evacuează obiectul de lucru (longeron) din DL1 și depune în depozitul intermediar de subansamble sudate [“18“].

După ce robotul industrial termină ciclul de sudare completează a unui obiect de lucru, de exemplu longeron, în primul post de lucru becul de semnalizare “PIESĂ DE LUCRU“ de pe pupitrul de comandă se stinge, iar pe panoul corespunzător obiectului de lucru se stinge becul de semnalizare “AUTO“ și se aprinde becul de semnalizare “MAN“, fiind permis accesul operatorului uman pentru schimbarea obiectului de lucru. După schimbarea obiectului, operatorul uman apasă din nou butonul “VALIDARE PIESĂ PRINSĂ“.

Robotul industrial sudează între timp celălalt obiect de lucru în cel de al doilea post de lucru.

Celula de fabricație flexibilă a fost astfel proiectată, încât în cadrul unui ciclu de funcționare a sistemului să asigure sudarea completă a unei traverse și a două longeroane.

În fig.6.31. se prezintă ciclograma de funcționare a celulei. Timpii aferenți funcționării diferitelor componente s-au stabilit pornind de la datele procesului tehnologic de sudare a fiecărui cordon, timpii de manipulare a obiectelor de lucru, a capului de sudare de către robotul industrial, a deplasării căruciorului modulului de translație lungă, a mișcărilor meselor de poziționare –orientare (anexa 7)

6.4.3.2. Sinteza planului de amplasament al celulei de fabricație

S-a făcut o analiză detaliată a fluxului de materiale între componentele sistemului și s-a respectat necesitatea intersecției spațiilor de lucru ale acestora. Pe baza acestor analize s-a făcut sinteza planului de amplasament al celulei.

În fig.6.23. s-a reprezentat spațiul de lucru al robotului industrial RI. augmentat ca urmare a acțiunii modulului de translație lungă. Se observă că acest

spațiu de lucru intersectează spațiile de lucru ale celor două mese de poziționare-orientare, constituite din axele mediane ale rosturilor cordoanelor de sudură de executat.

Amplasarea componentelor celulei s-a executat de așa manieră încât spațiile de coliziune ale acestora să nu se intersecteze. Este cunoscut faptul că pierderile de energie, de informații sunt direct proporționale cu traseul parcurs. Componentele sistemului de comandă au fost amplasate astfel ca traseele conductorilor afectați schimbului fluxului de informații și fluxului de energie să fie cât mai scurte.

6.4.4. Programarea funcționării celulei

6.4.4.1. Programarea robotului industrial

Robotul industrial OTC-VO1 este un robot specializat pentru executarea unor operații de sudare. Din acest motiv setul de instrucții al robotului conține pe lângă instrucțiunile specifice roboților industriali și un număr mare de instrucțiuni specifice de sudare (pornire-oprire, pendulare a capului de sudare, căutarea punctului de începere a sudurii, urmărirea rostului real de sudură etc.)

Robotul este prevăzut (conform opțiunii) cu un senzor de rost prin arc. Senzorul realizează căutarea începutului, respectiv căutarea rostului de sudare.

Programarea robotului se face prin metoda instruire (TEACH-IN), pe când programarea senzorului de arc se poate realiza atât în mod TEACH-IN cât și OFF LINE. Programarea OFF-LINE permite programatorului să beneficieze de facilități suplimentare, față de metoda TEACH-IN. Prin metoda TEACH-IN se pot programa doar opțiunile de căutare, urmărirea, prevăzute de fabricant, în schimb prin metoda OFF LINE programatorul poate programa strategii de căutare și de urmărirea specifice aplicației, care nu au fost prevăzute de fabricant.

Facilitățile de programare a robotului industrial sunt relativ bune. Există posibilitatea programării în două sisteme de coordonate (polare sau antropomorfe și carteziane) cu 6 trepte de viteze de instruire și posibilitatea de funcționare simultană a mai multor axe.

Programul de lucru propriu-zis este constituit din mai multe secvențe de subprograme care sunt legate între ele. Acestea pot fi executate separat ca programe de sine stătătoare, ceea ce permite verificarea și corectarea ușoară a programelor.

Fabricantul a prevăzut un set de instrucțiuni de intrări și ieșiri pentru integrarea robotului industrial într-o celulă flexibilă de fabricație, respectiv pentru furnizarea unor date despre cuantumul pieselor executate, permițând astfel integrarea lui și în cadrul unui hiper sistem CIM.

6.4.4.2. Urmărirea rostului de sudare

Urmărirea rostului de către capul de sudură este realizată ca urmare a sesizării geometriei reale a acestuia de către senzorul de rost prin arc.

Senzorul de rost prin arc "LINE MASTER" poate fi utilizat după două metode de corectare a abaterilor rostului față de geometria după care s-a realizat programarea prin instruire.

Prima metodă este aceea de căutare prealabilă a poziției reale a începutului rostului și corectarea traiectoriei punctului caracteristic al capului de sudare în funcție de abaterea găsită.

La rândul ei căutarea se poate realiza fie după un algoritm prescris fie după direcția unei axe a unui sistem de referință cartezian.

Căutarea se realizează prin palpate cu ajutorul electrodului de sudură. Deoarece electrodul de sudură nu are o lungime bine definită, înainte de operație de palpate se execută o așa numită calibrare pe un punct fix (de exemplu aparținând unui pneumomotor liniar de pe dispozitivul de lucru) a lungimii sârmei electrod.

Palparea se realizează prin conectarea unei tensiuni de cca. 600V între sârma electrod de sudare și obiectul de lucru urmărindu-se intensitatea curentului care trece prin sârmă; ea se modifică brusc de la 0 la o valoare mică în momentul atingerii obiectului de vârful sârmei electrod.

Cea de a doua metodă se referă la recunoașterea geometriei reale a rostului în timpul operației de sudare prin măsurarea variației parametrilor de sudare în timpul sudării.

Robotul industrial realizează pendularea capului de sudură împreună cu electrodul într-un plan perpendicular pe axa rostului. Ca urmare, distanțele de la vârful electrodului până la suprafețele metalice ce mărginesc rostul se modifică în timp și implicit, căderea de tensiune în lungul arcului, este sesizată de senzor care transmite această informație sistemului de comandă al robotului. Sistemul de comandă compară variația în timp a căderii de tensiune din arc în condițiile reale cu cea corespunzătoare geometriei ideale a rostului și emite comenzile necesare pentru execuția mișcărilor de corectare a situației și mișcărilor capului de sudare.

6.4.5. Determinarea corelațiilor între exactitățile de situare ale elementelor celulei de sudare a longeronului și traversei

6.4.5.1. Alegerea sistemelor de referință și determinarea situațiilor relative ale acestora

Celula flexibilă de sudare reprezentată axonometric fig.6.36. având următoarea configurație: robotul industrial de sudare (R.I.), modulul de translație lungă (TR) cu 4 poziții dintre care 3 de lucru (1,2,4) și unul de repaus (3) respectiv de curățare a capului de sudare, sursa de sudare (S) două mese de poziționare-orientare (M_1 și M_2), cu câte un singur grad de mobilitate, prevăzute cu indexare mecanică, acționate

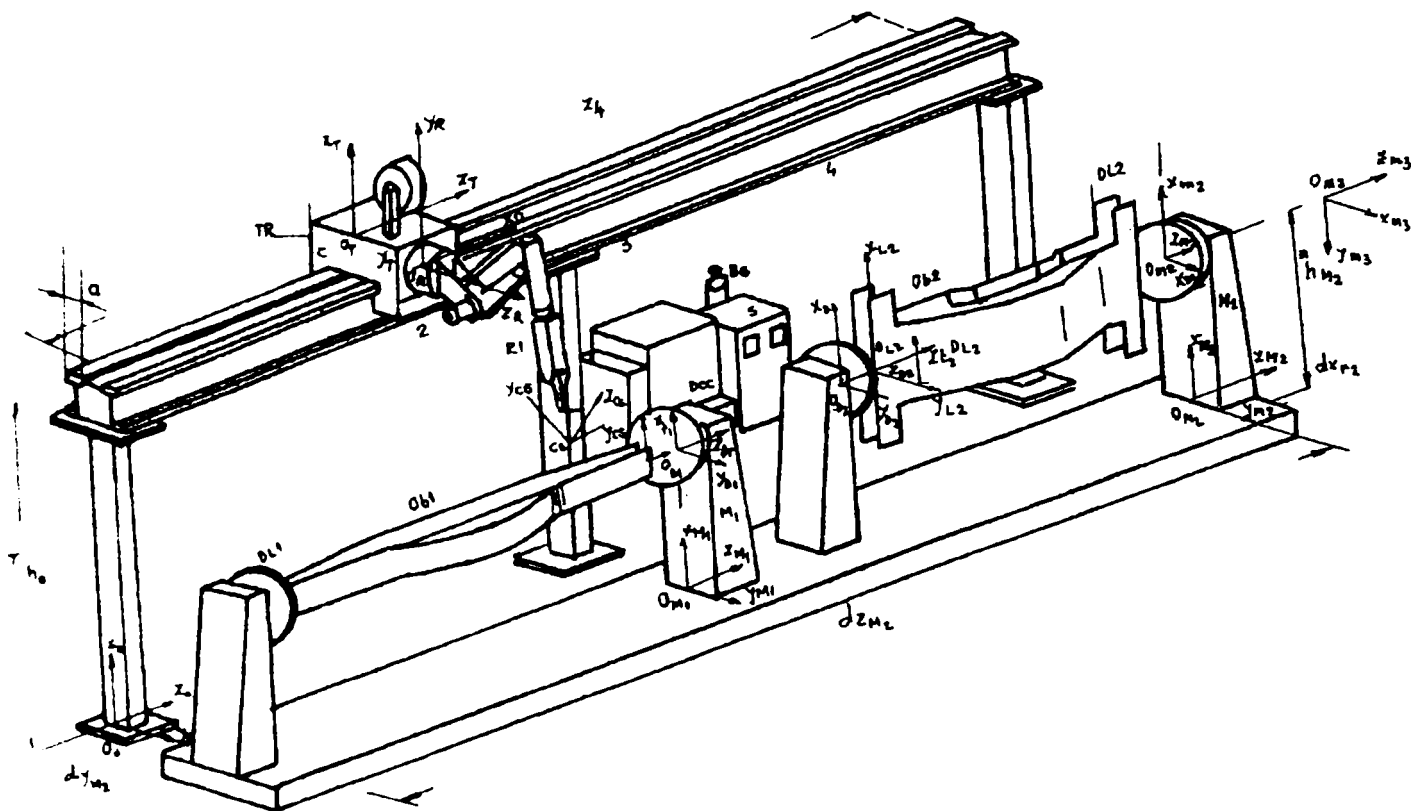


Fig.6.36. Ansamblul celulei robotizate vedere axonometrică.

electric, dispozitivele de lucru aferente (DL_1 și DL_2), dispozitiv de curățat automat capul de sudare (DCC). Modulul de translație lungă (TR) este prevăzut cu un cărucior (C) care translatează pe o structură portală și pe care este montat robotul industrial. Celula mai este dotat cu butelie de gaz protector (BG) și depozite intermediare pentru obiecte montate și prinse cu sudură provizorie respectiv pentru obiecte sudate.

În timpul ciclului de sudare robotul industrial servește un post de lucru ("4" pentru traversa crapodinei) sau două posturi de lucru ("1" și "2" pentru sudarea longeron marginal).

În continuare se vor trata doar problemele determinării erorilor de situare legate de realizarea (sudarea) traversei crapodinei, pentru longeronul lateral problemele fiind aproape identice.

Pentru sudarea traversei crapodinei căruciorul translației pe care este montat robotul industrial va ocupa alternativ două poziții de lucru PL_i ($i=4;3$) servind masa de poziționare-orientare M_2 în poziția PL_4 respectiv dispozitivul de curățat cap de sudare în poziția PL_3 . Efectorul final al robotului industrial se amplasează în cazul poziției de lucru în PL_4 în 4 situații variabile, punctul caracteristic descriind 4 linii frânte în spațiu, respectiv în cazul postului de lucru pentru PL_3 el se situează în 3 poziții diferite, punctul său caracteristic ocupând trei poziții diferite PC_i ($i=1;2;3$).

Cele 4 linii frânte în spațiu pe care trebuie să le descrie punctul caracteristic al efecteurului final în postul de lucru PL_4 sunt corespunzătoare celor 4 cordoane de sudură necesare pentru realizarea îmbinării nedemontabile dintre componentele traversei crapodinei (inimi și tălpi). În poziția de lucru PL_3 punctul caracteristic al efecteurului final se va introduce în interiorul dispozitivului de curățat a capului de

sudare prin aşchiere PC_1 , respectiv se va poziţiona deasupra injectorului de aer comprimat PC_2 , şi în fine poziţia PC_3 poziţia efectorul final este în repaus.

Pe parcursul desfăşurării unui ciclu de lucru, componentele mobile ale celulei (robotul industrial RI, modulul de translaţie TR) precum şi subansamblele mobile ale unor componente (în acest caz mesele de poziţionare-orientare M_1 şi M_2) realizează deplasări cu anumite erori, cauzate de o mulţime de factori. Erorile pot fi atât de natură sistematică, cât şi de natură aleatorie. Ele influenţează în ultima instanţă precizia de sudare a subansamblului.

La rândul lor, componentele subansamblelor care se vor asambla prin sudare sunt pregătite prin operaţii de lăcătuşerie, dimensiunile lor având nişte abateri cuprinse în toleranţe. Ca urmare, situarea lor în dispozitivele de lucru se va realiza la rândul ei cu anumite erori. Cunoaşterea mărimilor acestor erori este necesară în scopul minimizării lor prin introducerea corecţiilor necesare în modelele geometrice al robotului industrial, al modulului de translaţie şi cel al meselor de poziţionare-orientare, la programarea acestora şi realizarea în acest mod a compatibilităţii operaţiei de sudare cu câmpul de toleranţe admis pentru piese ce urmează a fi pregătite pentru montare şi sudare şi pentru subansamblul sudat.

Modul de calcul al acestor erori, respectiv a exactităţii de situare a diferitelor componente ale unui sistem flexibil de sudare a fost prezentată în cap.5. În continuare se particularizează relaţiile deduse în cap.5. pentru cazul prezentat în fig.6.36. şi se indică modul în care acest calcul a fost utilizat pentru programarea activităţii celulei.

În vederea efectuării analizei exactităţii de situare se ataşează obiectului de lucru şi componentelor celulei de fabricaţie sistem de referinţă 3D carteziene şi se exprimă situarea relativă a acestora prin matrici de trecere.

În tabelul 6.4.3. se prezintă sistemele de referinţă alese.

Tabelul 6.4.3. Sisteme de referinţă 3D carteziene alese.

Nr.crt.	Denumirea subsistemului la care se ataşează sistemul de referinţă	Notăţia sistemului de referinţă	Observaţii
1.	Hala în care este instalată celula	$O(O_0X_0Y_0Z_0)$	
2.	Căruciorul modulului de translaţia lungă în poziţia i ($i=1,2,3,4$)	$T_i(O_{Ti}X_{Ti}Y_{Ti}Z_{Ti})$	
3.	Elementul de bază al robotului industrial	$R(O_RX_RY_RZ_R)$	
4.	Efectorul final al robotului industrial (capul de sudare)	$CS(O_{CS}X_{CS}Y_{CS}Z_{CS})$	
5.	Batiul mesei de poziţionare-orientare MPO_2	$M_2(O_{M_2}X_{M_2}Y_{M_2}Z_{M_2})$	
6.	Subansamblul mobil al MPO_2 în poziţia j . ($j=1,2,3$)	$m_2(O_{m_2j}X_{m_2j}Y_{m_2j}Z_{m_2j})$	
7.	Dispozitivul de lucru DL_2	$D_2(O_{D_2}X_{D_2}Y_{D_2}Z_{D_2})$	
8.	Obiectul de lucru ObL_2 (traversa crapodinei)	$L_2(O_{L_2}X_{L_2}Y_{L_2}Z_{L_2})$	

Situările relative ideale a componentelor celulei sunt exprimate prin matricile de situare relativă a sistemelor de referință atașate lor, în raport cu sistemul de referință atașat halei, respectiv sistemelor de referință atașate altor componente. Componentele sistemului fiind instalate definitiv cu ocazia montării celulei, matricile de situare relative respective au componente constante. Aceste matrice sunt prezentate în tabelul 6.4.4. Elementele acestor matrici s-au calculat în funcție de dimensiunile înscrise în planul de amplasament al celulei (fig.6.23.) respectiv reprezentarea axonometrică (fig.6.36.)

Tabelul 6.4.4. Matricile de situare relativă a componentelor.

Nr. crt	Situarea relativă a componentelor A față de B. (A/B)	Expresia matricii de situare relativă	Observații
1	Cărucior modul de translație lungă în poziția de lucru 4/hală	${}^0T_{T_4} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & h \\ 0 & 1 & 0 & d \\ 0 & 0 & 1 & -z_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
2	Robot industrial/cărucior modul de translație lungă	${}^{T_4}T_R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	(rot 90^0 , φ_z) (rot 90^0 , φ_y)
3	Batiul mesei de poziționare-orientare MPO ₂ / hală	${}^0T_{M_2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & d_{x_{M_2}} \\ 0 & 1 & 0 & d_{y_{M_2}} \\ 0 & 0 & 1 & d_{z_{M_2}} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
4	Subansamblul mobil al mesei de poziționare-orientare m ₂ în poziția de indexare 2 (situare ideală)/batiul mesei de poziționare-orientare MPO ₂	${}^{M_2}T_{m_2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & {}^m h_{M_2} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
5	Subansamblul mobil al mesei de poziționare-orientare MPO ₂ , poziția de indexare 3 (situare ideală)/subansamblul mobil al mesei de poziționare-orientare M ₂ , poziția de indexare 2 (situare ideală).	${}^{M_{2,3}}T_{M_{2,2}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	(rot 90^0 , θ_z)

6	Dispozitivul de lucru DL ₂ /subansamblul mobil al mesei de poziționare M ₂ , poziția de indexare 2, (situarea ideală).	$\frac{{}^{M_2}T_{DL_2}}{DL_2 h_{M_2}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
---	--	--	--

Elementele matricilor exprimate algebric au valorile exprimate în mm:

$$\begin{aligned} h &= 2360 & d_{x_{M_2}} &= 175 & {}^m h_{M_2} &= 943 \\ d &= 60 & d_{y_{M_2}} &= 1400 & {}^{DL_2} h_{M_2} &= 40 \\ z_4 &= 7200 & d_{z_{M_2}} &= 7720 & & \end{aligned}$$

Exactitatea de situare a diferitelor componente ale sistemului de fabricație se apreciază pe baza erorilor de situare.

Erorile aferente situărilor relative ale sistemelor de referință atașate componentelor sistemului, respectiv obiectului de lucru se exprimă prin matrici. Semnificațiile simbolurilor acestor matrici de eroare sunt cele înscrise în tabelul 6.4.5.

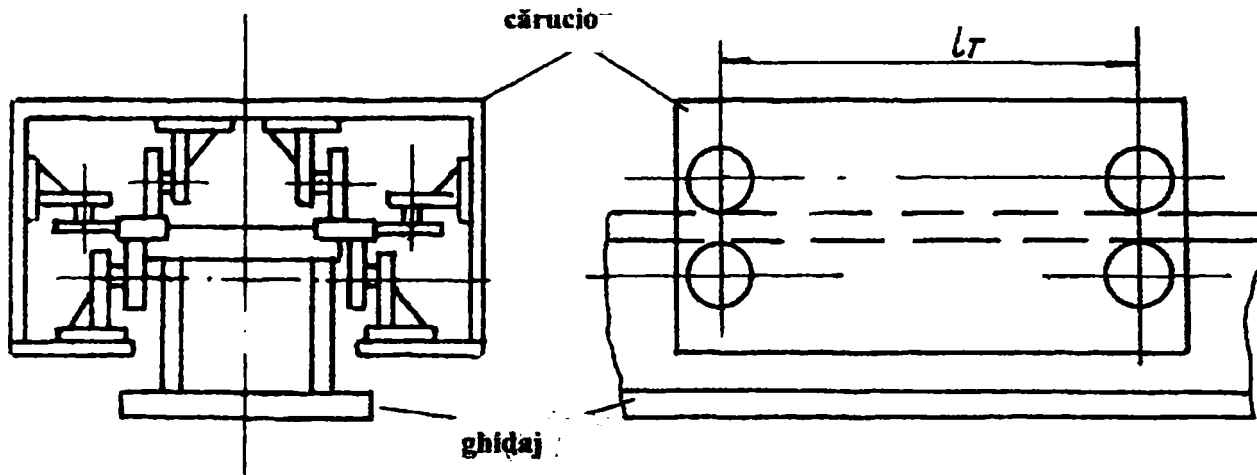
Tabelul 6.4.5. Matrici de eroare de situare.

Nr. crt.	Matricea erorii de situare reale elementului C în raport cu elementul D (C/D)	Simbolul matricii de eroare	Observații
1	Căruciorul modulului de translație lungă în poziția de lucru i /hală (i=1,2,3,4)	$\underline{E_{Ti}}$	
2	Subansamblul mobil al MPO ₂ în poziția de indexare j/batiul MPO ₂	$\underline{E_{mj}}$	
3	Obiectul de lucru ObL ₂ /dispozitivul de lucru DL ₂	$\underline{E_{L2}}$	
4	Matricea erorii de situare a rostului datorate deformației termice în punctul A	$(E_{dt})_A$	

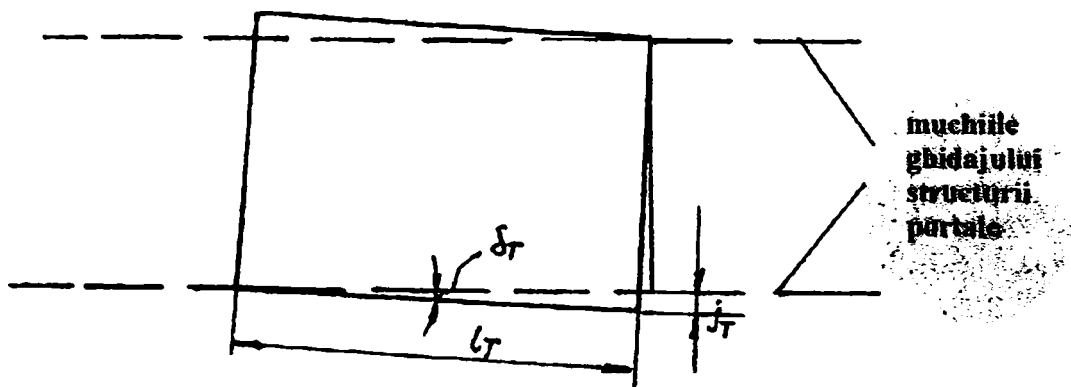
6.4.5.2. Determinarea exactității de situare reale a modulului de translație lungă

Eroarea de situare a modulului de translație lungă se datorează jocului lateral în ghidaje, considerând că jocul pe verticală este anulat de forțele gravitaționale care acționează asupra corpului modulului robotului industrial solidar cu acesta. În fig. 6.37.a. se prezintă desenul schematic al modulului de translației lungi, iar în

fig.6.37.b. schema pentru calculul matricii erorii situații reale a căruciorului modulului în raport cu situarea ideală.



a.) Schema căruciorului modulului de translație lungă



b.) Schema pentru calculul erorii situații reale a căruciorului de translație lungă în raport cu situarea ideală.

Fig.6.37. Schema căruciorului de translație lungă.

În conformitate cu fig.6.37.b, datorită jocului lateral j_T din ghidaj, căruciorul modulului se poate dispune rotit în jurul axei Oy_T cu unghiul δ_T

$$\operatorname{tg} \delta_T = \frac{j_T}{l_T} = \frac{0,5}{492} = 0,001 \cong \sin \delta_T = \delta_T \quad (6.15.)$$

Ca urmare, matricea erorii de situare reale a modulului de translație lungă va avea expresia:

$$\underline{E}_{Ti} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\delta_T & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \delta_T & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -0,001 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0,001 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.16.)$$

6.4.5.3. Determinarea exactității de situare reale a mesei de poziționare-orientare MPO₂

Determinarea exactității de situare reală a mesei de poziționare-orientare MPO₂ se face în conformitate cu punctul 5.3.2.3.

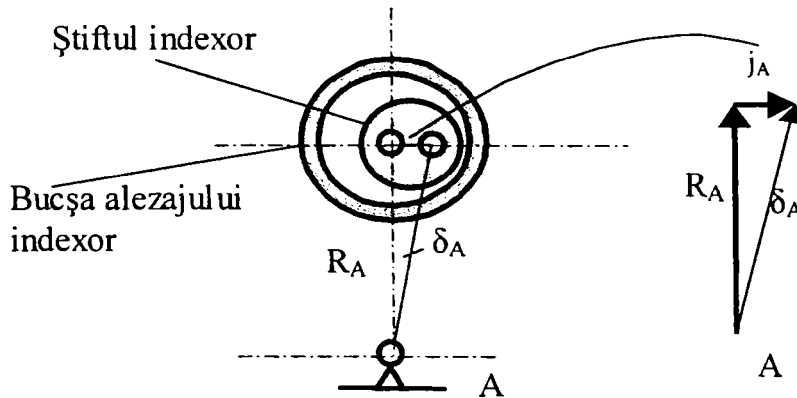


Fig. 6.38. Schema pentru calculul erorii unghiulare de indexare δ_A .

Cupla cinematică de rotație a subansamblului mobil în raport cu batiul mesei de poziționare-orientare este realizat ca și lagăr pe rulmenți radiați.

Pentru calculul erorii de indexare se utilizează fig.6.38. unde cu R_A s-a notat raza cercului pe care se dispun centrele cercurilor secțiune a alezajelor de indexare, ($R_A=250\text{mm}$) cu j_A , jocul radial dintre știftul de indexare și bușă de indexare ($j_A=0,5\text{ mm}$), iar δ_A , eroarea unghiulară de indexare.

Cu acestea, expresia erorii unghiulare de indexare a mesei de poziționare-orientare este:

$$\delta_A \cong \text{tg} \delta_A \cong \sin \delta_A = \frac{j_A}{R_A} = \frac{0,5}{250} = 0,002 \quad (6.17.)$$

Consecința jocurilor din cupla cinematică A respectiv dintre o bușă de indexare și știftul indexor este o deplasare de translație și rotație a celor două subansamble mobile ale mesei de poziționare-orientare în raport cu situarea lor ideală.

S-a considerat că sensurile de consumare ale jocurilor în ambele zone de contact ale cuplelor cinematice și ambele elemente de indexare aparținând celor două subansamble mobile este același.

Ca urmare matricea erorii de situare a subansamblului mobil al mesei de poziționare-orientare MPO₂ este:

$$\underline{E}_{mi} = \begin{bmatrix} 1 & -\delta_A & 0 & \delta_{A_{jx}} \\ \delta_A & 1 & 0 & \delta_{A_{jy}} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -0,002 & 0 & 0,035 \\ 0,002 & 1 & 0 & 0,035 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.18.)$$

unde i ($i=2,3$) fiind poziția de indexare a mesei de poziționare-orientare MPO_2 .
S-a apreciat:

$$\delta_{A_{jx}} = \delta_{A_{jy}} = \frac{\delta_{A_j}}{\sqrt{2}} = \frac{0,05}{\sqrt{2}} \cong 0,035 \quad (6.19.)$$

6.4.5.4. Determinarea exactității de situare reale a subansamblului traversa crapodinei în dispozitivul de lucru DL_2

Această determinare se face în conformitate cu paragraful 5.4.3. luând însă în considerare faptul că, masa de poziționare-orientare MPO_2 are două subansamble mobile identice.

În fig.6.39. se prezintă schița cotate a subansamblului traversa crapodinei cu indicarea toleranțelor acelor abateri dimensionale ale componentelor din care el este asamblat prin sudare care influențează situarea lui în raport cu dispozitivul de lucru.

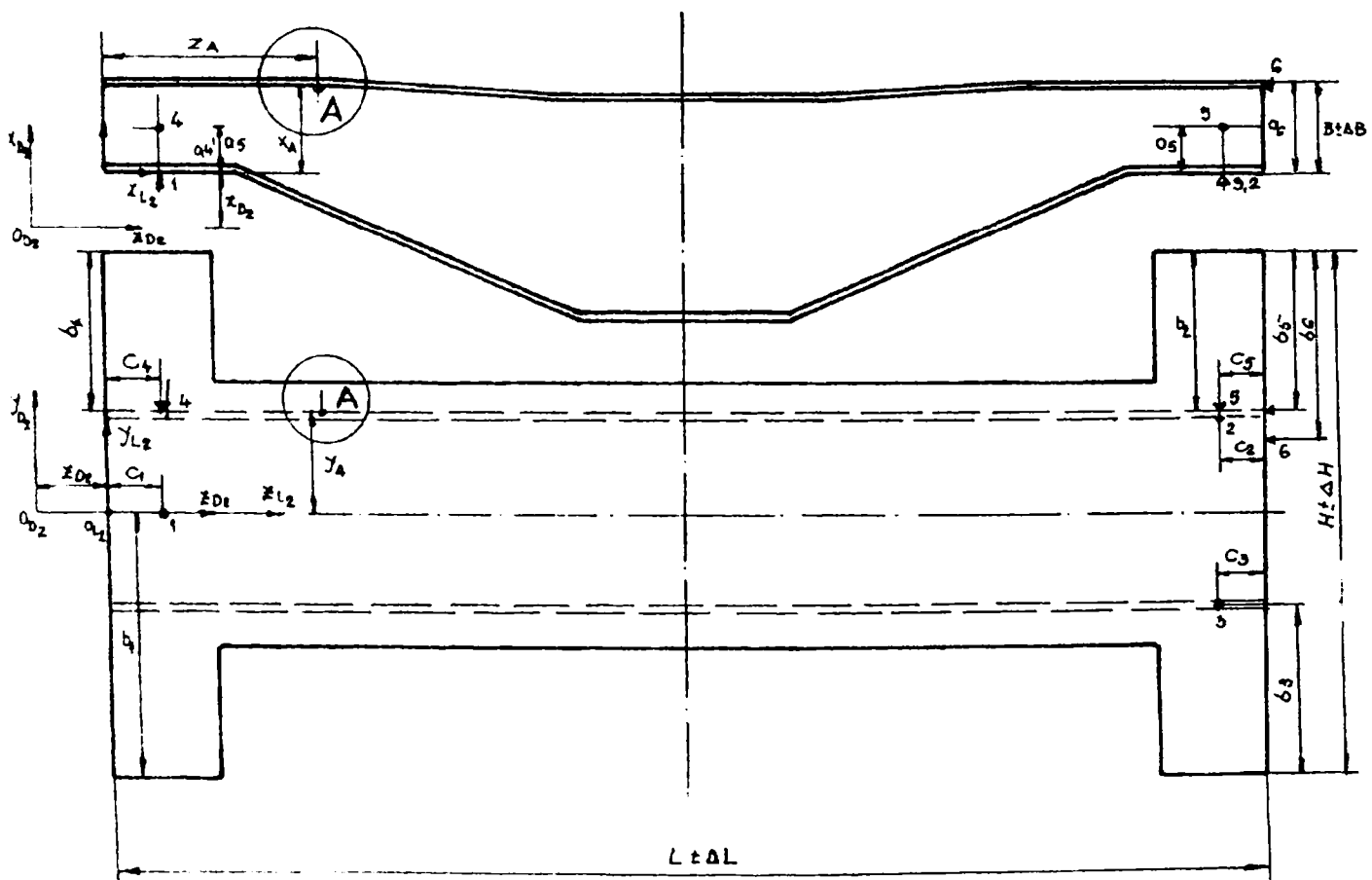


Fig.6.39. Schița cotate a subansamblului traversa crapodinei cu indicarea

Tot în fig.6.39. sunt indicate de asemenea sistemul de referință $O_{L2}x_{L2}y_{L2}z_{L2}$ atașat obiectului de lucru și pozițiile punctelor de contact cu dispozitivele de lucru DL_2 definatorii pentru situarea acesteia. Dimensiunile și toleranțele referitoare la fig.6.39. sunt înscrise în tabelul nr.6.4.4.

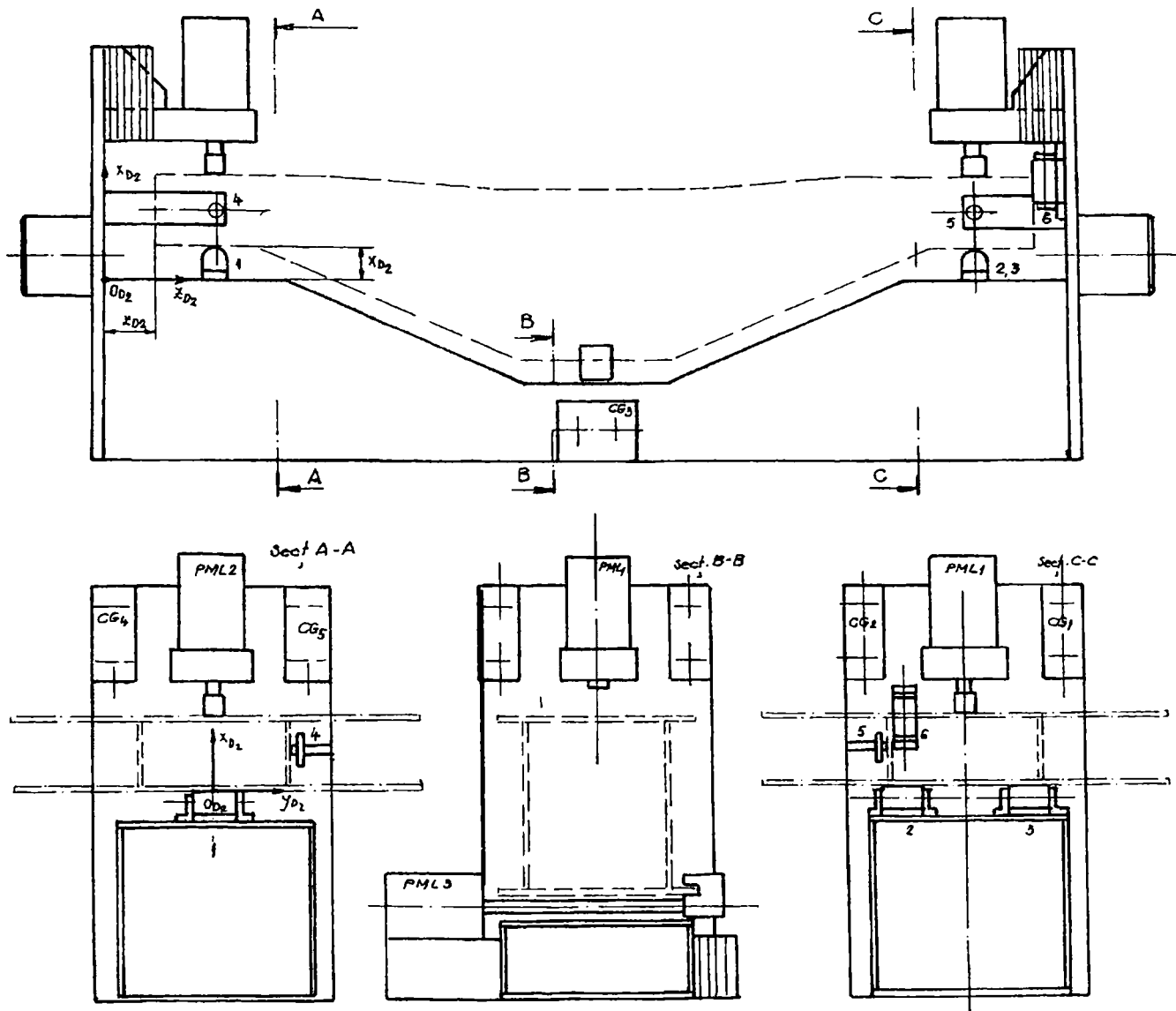


Fig.6.40. Schița dispozitivului de lucru.

Tabel nr.6.4.4. Dimensiunile și toleranțele a traversei crapodinei.

Dimensiuni nominale și toleranțe		Dimensiuni nominale și toleranțe		Dimensiuni nominale și toleranțe	
Simboluri	Valori (mm)	Simboluri	Valori (mm)	Simboluri	Valori (mm)
L	2160	c ₂	150	c ₅	150
ΔL	3	b ₃	317	a ₆	174
B	18	c ₃	150	b ₆	347
ΔB	1,5	a ₄	90	X _{D2}	80
H	994	b ₄	312	Y _{D2}	0
ΔH	3	c ₄	150	Z _{D2}	150
c ₁	150	a ₅	90		
b ₂	317	b ₅	312		

În fig.6.40. se prezintă schița cotate a dispozitivului de lucru DL₂, cu indicarea sistemului de referință O_{D2}X_{D2}Y_{D2}Z_{D2}. Dispozitivul de lucru DL₂ este fixat pe cele două subansamble mobile ale mesei de poziționare-orientare MPO₂.

În fig.6.39. s-a reprezentat și sistemul de referință solidar cu dispozitivul de lucru DL₂, O_{D2}X_{D2}Y_{D2}Z_{D2}, corespunzător situației ideale a subansamblului traversei crapodinei.

Cu ajutorul datelor din fig.6.39, fig.6.40. se pot calcula coordonatele punctelor de contact definitorii pentru situarea obiectului de lucru în raport cu sistemele de referință O₂₀X₂₀Y₂₀Z₂₀ și O_{D2}X_{D2}Y_{D2}Z_{D2}.

În tabelul 6.4.5. se prezintă coordonatele punctelor de contact dintre traversa crapodinei (x_{Li}, y_{Li}, z_{Li}, i=1,2,3,4,5,6,) considerat ca având dimensiunile nominale și dispozitivul de lucru în raport cu sistemul de referință atașat obiectului de lucru. Se indică și modul de calcul a fiecărei coordonate.

Tabelul 6.4.5. Coordonatele punctelor de contact dintre traversa crapodinei și dispozitivul de lucru, dimensiuni nominale.

Sistemul de referință	Coordonatele punctelor de contact, dimensiuni nominale (mm).					
O _{L2} (x _{L2} y _{L2} z _{L2})	x _{L1} =0	y _{L1} =0	z _{L1} =c ₁	x _{L2} =0	y _{L2} =H/2 -b ₂	z _{L2} =L- c ₂
	0	0	150	0	180	2010
O _{L2} (x _{L2} y _{L2} z _{L2})	x _{L3} =0	y _{L3} =- (H/2- b ₃)	z _{L3} =L- c ₃	x _{L4} =a ₄	y _{L4} =H/2 -b ₄	z _{L4} =c ₄
	0	-180	2010	90	185	150
O _{L2} (x _{L2} y _{L2} z _{L2})	x _{L5} =a ₅	Y _{L5} =H/ 2-b ₅	z _{L5} =L- c ₅	x _{L6} =a ₆	y _{L6} =H/2 -b ₆	z _{L6} =L
	90	185	2010	174	150	2160

În tabelul 6.4.6. se prezintă coordonatele punctelor de contact dintre traversa crapodinei considerat ca având dimensiunile nominale și dispozitivul de lucru ($x_{Di}y_{Di}z_{Di}$, $i=1,2,3,4,5,6$) în raport cu sistemul de referință atașat dispozitivului de lucru. Se indică modul de calcul fiecărei coordonate.

Pentru determinarea situații reale a obiectului de lucru, s-au luat în considerare abaterile dimensionale ale acestuia la limitele toleranțelor.(tab.6.4.7.și tab.6.4.8.)

Tabelul 6.4.6. Coordonatele punctelor de contact traversa crapodinei-dispozitivul de lucru dimensiuni nominale.

Sistemul de referință	Coordonatele ale punctelor de contact dimensiuni nominale (mm).					
$O_{D2}x_{D2}y_{D2}z_{D2}$	$x_{D1}=x_{D2}+x_{L1}$	$y_{D1}=y_{D2}+y_{L1}$	$z_{D1}=z_{D2}+z_{L1}$	$x_{D2}=x_{D2}+x_{L1}$	$y_{D2}=y_{D2}+y_{L1}$	$z_{D2}=z_{D2}+z_{L2}$
	80	0	300	80	180	2160
$O_{D2}x_{D2}y_{D2}z_{D2}$	$x_{D3}=x_{D2}+x_{L3}$	$y_{D3}=y_{D2}+y_{L3}$	$z_{D3}=z_{D2}+z_{L3}$	$x_{D4}=x_{D2}+x_{L4}$	$y_{D4}=y_{D2}+y_{L4}$	$z_{D4}=z_{D2}+z_{L4}$
	80	-180	2160	170	185	300
$O_{D2}x_{D2}y_{D2}z_{D2}$	$x_{D5}=x_{D2}+x_{L5}$	$y_{D5}=y_{D2}+y_{L5}$	$z_{D5}=z_{D2}+z_{L5}$	$x_{D6}=x_{D2}+x_{L6}$	$y_{D6}=y_{D2}+y_{L6}$	$z_{D6}=z_{D2}+z_{L6}$
	170	185	2160	254	150	2310

Aceste abateri pot afecta 1,2 sau 3 dimensiuni având valori pozitive sau negative, pentru fiecare combinație rezultând câte o variantă de situare extremă tolerată a obiectului de lucru. Numărul acestor variante posibile este

$$N=2(C_3^1+C_3^2+C_3^3)=2(3+3+1)=14 \quad (6.20.)$$

În varianta luată în considerare abaterile tolerate se adaugă la dimensiunile L,H,B ale obiectului de lucru (fig.6.39.), calculându-se cu ajutorul acestora coordonatele reale ale punctelor de contact definitorii.

În tabelul 6.4.7. se prezintă coordonatele punctelor de contact dintre traversa crapodinei cu dimensiuni cu abateri și dispozitivul de lucru ($x'_L y'_L z'_L$). Se indică modul de calcul a acestor dimensiuni.

Tabelul 6.4.7. Coordonatele punctelor de contact dintre traversa crapodinei și dispozitivul de lucru, dimensiuni cu abateri

Sistemul de referință	Coordonatele punctelor de contact, dimensiuni cu abateri (mm)					
	$O_{D_2}x_{D_2}y_{D_2}z_{D_2}$	$x'_{L1}=0$	$y'_{L1}=0$	$z'_{L1}=c_1$	$x'_{L2}=0$	$y'_{L2}=H/2 + \Delta H - b_2$
	0	0	150	0	183	2013
$O_{D_2}x_{D_2}y_{D_2}z_{D_2}$	$x'_{L3}=0$	$y'_{L3}=- (H/2 + \Delta H - b_3)$	$z'_{L3}=L + \Delta L - c_3$	$x'_{L4}=a_4$	$y'_{L4}=H/2 + \Delta H - b_4$	$z'_{L4}=c_4$
	0	-177	2013	90	188	150
$O_{D_2}x_{D_2}y_{D_2}z_{D_2}$	$x'_{L5}=a_s$	$y'_{L5}=H/2 + \Delta H - b_5$	$z'_{L5}=L + \Delta L - c_5$	$x'_{L6}=a_6$	$y'_{L6}=H/2 + \Delta H - b_6$	$z'_{L6}=L + \Delta L$
	90	188	2013	174	153	2163

În tabelul 6.4.8. au fost înscrise coordonatele punctelor de contact dintre traversa crapodinei considerată cu dimensiuni având abateri și dispozitivul de lucru ($x'_{D_i}, y'_{D_i}, z'_{D_i}$, $i=1,2,3,4,5,6$) în raport cu sistemul de referință atașat dispozitivului de lucru.

Tabelul 6.4.8. Coordonatele punctelor de contact dintre traversa crapodinei și dispozitivul de lucru dimensiuni cu abateri.

Sistemul de referință	Coordonate reale ale punctelor (mm)					
	$O_{D_2}x_{D_2}y_{D_2}z_{D_2}$	$x'_{D1}=X_{D2}$	$y'_{D1}=Y_D + y'_{L1}$	$z'_{D1}=Z_D + z'_{L1}$	$x'_{D2}=X_D + x'_{L2}$	$y'_{D2}=Y_{D2} + y'_{L2}$
	80	0	300	80	183	2163
$O_{D_2}x_{D_2}y_{D_2}z_{D_2}$	$x'_{D3}=X_{D2}$	$y'_{D3}=Y_D + y'_{L3}$	$z'_{D3}=Z_D + z'_{L3}$	$x'_{D4}=X_D + x'_{L4}$	$y'_{D4}=Y_{D2} + y'_{L4}$	$z'_{D4}=Z_{D2} + z'_{L4}$
	80	-177	2163	170	188	300
$O_{D_2}x_{D_2}y_{D_2}z_{D_2}$	$x'_{D5}=X_{D2} + x'_{L5}$	$y'_{D5}=Y_D + y'_{L5}$	$z'_{D5}=Z_D + z'_{L5}$	$x'_{D6}=X_D + x'_{L6}$	$y'_{D6}=Y_{D2} + y'_{L6}$	$z'_{D6}=Z_{D2} + z'_{L6}$
	170	188	2163	174	153	2313

Matricile de situare ideală, respectiv reală ale traversei crapodinei în dispozitivul de lucru DL_2 vor fi calculate utilizându-se relațiile din paragraful 5.4.2.

Matricea de situare ideală a obiectului de lucru în dispozitiv va fi:

$$\left[{}^{D_2}T_{L_2} \right] = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 170 \\ 0 & -1 & 0 & 150 \\ 1 & 0 & 0 & 300 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.21.)$$

unde:

$$n_x = \frac{A_6}{\sqrt{A_6^2 + B_6^2 + C_6^2}} = \frac{0}{\sqrt{0^2 + 0^2 + 0,0004^2}} = 0$$

$$n_y = \frac{B_6}{\sqrt{A_6^2 + B_6^2 + C_6^2}} = \frac{0}{\sqrt{0^2 + 0^2 + 0,0004^2}} = 0$$

$$n_z = \frac{C_6}{\sqrt{A_6^2 + B_6^2 + C_6^2}} = \frac{0,0004}{\sqrt{0^2 + 0^2 + 0,0004^2}} = 1$$

$$o_x = \frac{A_{45}}{\sqrt{A_{45}^2 + B_{45}^2 + C_{45}^2}} = \frac{-0,005}{\sqrt{0^2 + (-0,005)^2 + 0^2}} = 0$$

$$o_y = \frac{B_{45}}{\sqrt{A_{45}^2 + B_{45}^2 + C_{45}^2}} = \frac{-0,005}{\sqrt{0^2 + (-0,005)^2 + 0^2}} = -1$$

$$o_z = \frac{C_{45}}{\sqrt{A_{45}^2 + B_{45}^2 + C_{45}^2}} = \frac{0}{\sqrt{0^2 + (-0,005)^2 + 0^2}} = 0$$

$$a_x = \frac{A_{123}}{\sqrt{A_{123}^2 + B_{123}^2 + C_{123}^2}} = \frac{-0,0125}{\sqrt{(-0,0125)^2 + 0^2 + 0^2}} = -1$$

$$a_y = \frac{B_{123}}{\sqrt{A_{123}^2 + B_{123}^2 + C_{123}^2}} = \frac{0}{\sqrt{(-0,0125)^2 + 0^2 + 0^2}} = 0$$

$$a_z = \frac{C_{123}}{\sqrt{A_{123}^2 + B_{123}^2 + C_{123}^2}} = \frac{0}{\sqrt{(-0,0125)^2 + 0^2 + 0^2}} = 0$$

$$p_x = x_{D4} = 170 \text{ mm}$$

$$p_y = y_{D6} = 150 \text{ mm}$$

$$p_z = z_{D1} = 300 \text{ mm}$$

(6.22.)

Coefficienții A, B, C, D s-au calculat după cum urmează:

$$A_6 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & y_{D6} & z_{D6} \\ 0 & B_{123} & C_{123} \\ 0 & B_{45} & C_{45} \end{vmatrix}}{D_6} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 150 & 2310 \\ -0,0125 & 0 & 0 \\ 0 & -0,005 & 0 \end{vmatrix}}{0,1444} = 0$$

$$B_6 = \frac{\begin{vmatrix} x_{D6} & 1 & z_6 \\ A_{123} & 0 & C_{123} \\ A_{45} & 0 & C_{45} \end{vmatrix}}{D_6} = \frac{\begin{vmatrix} 254 & 1 & 2310 \\ -0,0125 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}}{0,1444} = 0$$

$$C_6 = \frac{\begin{vmatrix} x_{D6} & y_{D6} & 1 \\ A_{123} & B_{123} & 0 \\ A_{45} & B_{45} & 0 \end{vmatrix}}{D_6} = \frac{\begin{vmatrix} 254 & 150 & 1 \\ -0,0125 & 0 & 0 \\ 0 & -0,005 & 0 \end{vmatrix}}{0,1444} = 0,0004$$

$$D_6 = \begin{vmatrix} x_{D6} & y_{D6} & z_{D6} \\ A_{123} & B_{123} & C_{123} \\ A_{45} & B_{45} & C_{45} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 254 & 150 & 2310 \\ -0,0125 & 0 & 0 \\ 0 & -0,005 & 0 \end{vmatrix} = 0,1444$$

$$A_{45} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & y_{D4} & z_{D4} \\ -1 & y_{D5} & z_{D5} \\ 0 & B_{123} & C_{123} \end{vmatrix}}{D_{45}} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 185 & 300 \\ -1 & 185 & 2160 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}}{-4301} = 0$$

$$B_{45} = \frac{\begin{vmatrix} x_{D4} & 1 & z_{D4} \\ -x_{D5} & 1 & z_{D5} \\ A_{123} & 0 & C_{123} \end{vmatrix}}{D_{45}} = \frac{\begin{vmatrix} 170 & 1 & 300 \\ 170 & 1 & 2160 \\ -0,0125 & 0 & 0 \end{vmatrix}}{-4301} = -0,005$$

$$C_{45} = \frac{\begin{vmatrix} x_{D4} & y_{D4} & 1 \\ -x_{D5} & y_{D5} & 1 \\ A_{123} & B_{123} & 0 \end{vmatrix}}{D_{45}} = \frac{\begin{vmatrix} 170 & 185 & 1 \\ 170 & 185 & 1 \\ -0,0125 & 0 & 0 \end{vmatrix}}{-4301} = 0$$

$$D_{45} = \begin{vmatrix} x_{D4} & y_{D4} & z_{D4} \\ x_{D5} & y_{D5} & z_{D5} \\ A_{123} & B_{123} & C_{123} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 170 & 185 & 300 \\ 170 & 185 & 2160 \\ -0,0125 & 0 & 0 \end{vmatrix} = -4301$$

$$A_{123} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & y_{D1} & z_{D1} \\ -1 & y_{D2} & z_{D2} \\ 1 & y_{D3} & z_{D3} \end{vmatrix}}{D_{123}} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 0 & 300 \\ -1 & 180 & 2160 \\ 1 & -180 & 2160 \end{vmatrix}}{53568000} = -0,0125$$

$$B_{123} = \frac{\begin{vmatrix} x_{D1} & 1 & z_{D1} \\ -x_{D2} & 1 & z_{D2} \\ x_{D3} & 1 & z_{D3} \end{vmatrix}}{D_{123}} = \frac{\begin{vmatrix} 80 & 1 & 300 \\ -80 & 1 & 2160 \\ 80 & 1 & 2160 \end{vmatrix}}{53568000} = 0$$

$$C_{123} = \frac{\begin{vmatrix} x_{D1} & y_{D1} & 1 \\ -x_{D2} & y_{D2} & 1 \\ x_{D3} & y_{D3} & 1 \end{vmatrix}}{D_{123}} = \frac{\begin{vmatrix} 80 & 0 & 1 \\ -80 & 180 & 1 \\ 80 & -180 & 1 \end{vmatrix}}{53568000} = 0$$

$$D_{123} = \begin{vmatrix} x_{D1} & y_{D1} & z_{D1} \\ x_{D2} & y_{D2} & z_{D2} \\ x_{D3} & y_{D3} & z_{D3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 80 & 0 & 300 \\ 80 & 180 & 2160 \\ 80 & -180 & 2160 \end{vmatrix} = 53568000$$

Matricea de situare reală a obiectului de lucru în dispozitiv va fi:

$$\underline{[D_2 T'_{L_2}]} = \begin{bmatrix} n'_x & o'_x & a'_x & p'_x \\ n'_y & o'_y & a'_y & p'_y \\ n'_z & o'_z & a'_z & p'_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0,22 & -0,97 & 170 \\ 0 & -0,974 & -0,23 & 153 \\ 1 & 0 & 0,0234 & 300 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.23.)$$

unde

$$n'_x = \frac{A'_6}{\sqrt{A'^2_6 + B'^2_6 + C'^2_6}} = \frac{0}{\sqrt{0^2 + 0^2 + (-0,00042)^2}} = 0$$

$$n'_y = \frac{B'_6}{\sqrt{A'^2_6 + B'^2_6 + C'^2_6}} = \frac{0}{\sqrt{0^2 + 0^2 + (-0,00042)^2}} = 0$$

$$n'_z = \frac{C'_6}{\sqrt{A'^2_6 + B'^2_6 + C'^2_6}} = \frac{-0,00042}{\sqrt{0^2 + 0^2 + (-0,00042)^2}} = -1$$

$$o'_x = \frac{A'_{45}}{\sqrt{A'^2_{45} + B'^2_{45} + C'^2_{45}}} = \frac{0,0016}{\sqrt{0,0016^2 + (-0,007)^2 + 0^2}} = 0,22$$

$$o'_y = \frac{B'_{45}}{\sqrt{A'^2_{45} + B'^2_{45} + C'^2_{45}}} = \frac{-0,007}{\sqrt{0,0016^2 + (-0,007)^2 + 0^2}} = -0,974$$

$$o'_z = \frac{C'_{45}}{\sqrt{A'^2_{45} + B'^2_{45} + C'^2_{45}}} = \frac{0}{\sqrt{0,0016^2 + (-0,007)^2 + 0^2}} = 0$$

$$a'_x = \frac{A'_{123}}{\sqrt{A'^2_{123} + B'^2_{123} + C'^2_{123}}} = \frac{-0,0125}{\sqrt{(-0,0125)^2 + (-0,003)^2 + 0,0003^2}} = -0,97$$

$$a'_y = \frac{B'_{123}}{\sqrt{A'^2_{123} + B'^2_{123} + C'^2_{123}}} = \frac{-0,003}{\sqrt{(-0,0125)^2 + (-0,003)^2 + 0,0003^2}} = -0,23$$

$$a'_z = \frac{C'_{123}}{\sqrt{A'^2_{123} + B'^2_{123} + C'^2_{123}}} = \frac{0,0003}{\sqrt{(-0,0125)^2 + (-0,003)^2 + 0,0003^2}} = 0,0234$$

$$p'_x = x'_{D4} = 170 \text{ mm}$$

$$p'_y = y'_{D6} = 153 \text{ mm}$$

$$p'_z = z'_{D1} = 300 \text{ mm}$$

(6.24.)

Coeficienții A', B', C', D' s-au calculat după cum urmează:

$$A'_6 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & y'_{D6} & z'_{D6} \\ -0 & B'_{123} & C'_{123} \\ 0 & B'_{45} & C'_{45} \end{vmatrix}}{D'_6} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 153 & 2313 \\ 0 & -0,003 & 0,0003 \\ 0 & -0,007 & 0 \end{vmatrix}}{0,2139} = \frac{-2,1 \cdot 10^{-6}}{0,2139} \cong 0$$

$$B'_6 = \frac{\begin{bmatrix} x'_6 & 1 & z'_6 \\ A'_{123} & 0 & C'_{123} \\ A'_{45} & 0 & C'_{45} \end{bmatrix}}{D'_6} = \frac{\begin{vmatrix} 174 & 1 & 2313 \\ -0,0125 & 0 & 0,0003 \\ 0,0016 & 0 & 0 \end{vmatrix}}{0,2139} = \frac{-4,8 \cdot 10^{-7}}{0,2139} \cong 0$$

$$C'_6 = \frac{\begin{vmatrix} x'_{D6} & y'_{D6} & 1 \\ A'_{123} & B'_{123} & 0 \\ A'_{45} & B'_{45} & 0 \end{vmatrix}}{D'_6} = \frac{\begin{vmatrix} 174 & 153 & 1 \\ -0,0125 & -0,003 & 0 \\ 0,0016 & -0,007 & 0 \end{vmatrix}}{0,2139} = \frac{-9 \cdot 10^{-5}}{0,2139} = -0,000042$$

$$D'_6 = \begin{vmatrix} x'_{D6} & y'_{D6} & z'_{D6} \\ A'_{123} & B'_{123} & C'_{123} \\ A'_{45} & B'_{45} & C'_{45} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 174 & 153 & 2313 \\ -0,0125 & -0,003 & 0,0003 \\ 0,0016 & -0,007 & 0 \end{vmatrix} = 0,2139$$

$$A'_{45} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & y'_{D5} & z'_{D5} \\ 1 & y'_{D5} & z'_{D5} \\ 0 & B'_{123} & C'_{123} \end{vmatrix}}{D'_{45}} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 188 & 300 \\ 1 & 188 & 2163 \\ 0 & -0,003 & 0,0003 \end{vmatrix}}{-3427,9} = \frac{-5,589}{-3427,9} = 0,0016$$

$$B'_{45} = \frac{\begin{vmatrix} x'_{D4} & 1 & z'_{D4} \\ x'_{D5} & 1 & z'_{D5} \\ A'_{123} & 0 & C'_{123} \end{vmatrix}}{D'_{45}} = \frac{\begin{vmatrix} 170 & 1 & 300 \\ 170 & 1 & 2136 \\ -0,0125 & 0 & 0,0003 \end{vmatrix}}{-3427,9} = \frac{23,29}{-3427,9} = -0,007$$

$$C'_{45} = \frac{\begin{vmatrix} x'_{D4} & y'_{D4} & 1 \\ x'_{D5} & y'_{D5} & 1 \\ A'_{123} & B'_{123} & 0 \end{vmatrix}}{D'_{45}} = \frac{\begin{vmatrix} 170 & 188 & 1 \\ 170 & 188 & 1 \\ -0,0125 & -0,003 & 0 \end{vmatrix}}{-3427,9} = \frac{0}{-3427,9} = 0$$

$$D'_{45} = \begin{vmatrix} x'_{D4} & y'_{D4} & z'_{D4} \\ x'_{D5} & y'_{D5} & z'_{D5} \\ A'_{123} & B'_{123} & C'_{123} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 170 & 188 & 300 \\ 170 & 188 & 2163 \\ -0,0125 & -0,003 & 0,0003 \end{vmatrix} = -3427,9$$

$$A'_{123} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & y'_{D1} & z'_{D1} \\ 1 & y'_{D2} & z'_{D2} \\ 1 & y'_{D3} & z'_{D3} \end{vmatrix}}{D'_{123}} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 0 & 300 \\ 1 & 183 & 2163 \\ 1 & -177 & 2163 \end{vmatrix}}{53654400} = \frac{-670680}{53654400} = -0,0125$$

$$B'_{123} = - \frac{\begin{vmatrix} x'_{D1} & 1 & z'_{D1} \\ x'_{D2} & 1 & z'_{D2} \\ x'_{D3} & 1 & z'_{D3} \end{vmatrix}}{D'_{123}} = - \frac{\begin{vmatrix} 80 & 1 & 300 \\ 80 & 1 & 2163 \\ 80 & 0 & 2163 \end{vmatrix}}{53654400} = \frac{-149040}{53654400} = -0,003$$

$$C'_{123} = - \frac{\begin{vmatrix} x'_{D1} & y'_{D1} & 1 \\ x'_{D2} & y'_{D2} & 1 \\ x'_{D3} & y'_{D3} & 0 \end{vmatrix}}{D'_{123}} = - \frac{\begin{vmatrix} 80 & 0 & 1 \\ 80 & 183 & 1 \\ 80 & -177 & 0 \end{vmatrix}}{53654400} = \frac{14640}{53654400} = 0,0003$$

$$D'_{123} = \begin{vmatrix} x'_{D1} & y'_{D1} & z'_{D1} \\ x'_{D2} & y'_{D2} & z'_{D2} \\ x'_{D3} & y'_{D3} & z'_{D3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 80 & 0 & 300 \\ 80 & 183 & 2163 \\ 80 & -177 & 2163 \end{vmatrix} = 53654400$$

În relațiile (6.21) și (6.23.) prin D_2 s-a notat sistemul de referință atașat dispozitivului de lucru DL_2 , $O_{D2}x_{D2}y_{D2}z_{D2}$ prin L_2 sistemul de referință $O_{L2}x_{L2}y_{L2}z_{L2}$ atașat obiectului de lucru.

Eroarea de situare a obiectului de lucru traversa crapodinei în dispozitivul de lucru DL_2 se exprimă prin matricea de eroare.

$$\begin{aligned} E_{L_2} &= \underline{DL_2 T_{L_2}} \cdot \underline{DL_2 T'_{L_2}} = \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 170 \\ 0 & -1 & 0 & 150 \\ 1 & 0 & 0 & 300 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0,22 & -0,97 & 170 \\ 0 & -0,974 & -0,23 & 153 \\ 1 & 0 & 0,0234 & 300 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} -1 & 0 & -0,234 & -130 \\ 0 & 0,974 & 0,23 & -3 \\ 0 & 0,22 & -0,97 & 470 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.25.) \end{aligned}$$

6.4.5.5. Determinarea erorii de situare a rostului datorate deformării obiectului de lucru în câmpul termic datorat arcului electric de sudare

În paragraful 5.4.3. s-au determinat valori orientative ale deformațiilor componentelor care urmează să fie asamblate prin sudură cu arc în mediu de gaz protector datorită câmpului termic cauzat de încălzirea de către arcul electric de sudare și mediul în care se calculează eroarea de situare acestor deformații.

Situarea ideală la un moment dat a sistemului de referință atașat capului de sudare în raport cu obiectul de lucru este impusă de geometria ideală a rostului și de procesul tehnologic de sudare. Datorită deformațiilor termice, rostul de sudare în zona de acțiune a capului de sudare are o geometrie reală schimbată în raport de cea ideală, ceea ce impune realizarea de către robot a unei situații reale a sistemului de referință atașat capului de sudare diferită față de cea ideală. Această situație reală se poate calcula cu ajutorul matricei erorii de situare a rostului.

Pentru exemplificarea modului de calcul se consideră că punctul caracteristic al capului de sudare se găsește în punctul A de pe rostul cordonului de sudare (fig.6.39.) având în raport cu sistemul de referință $O_{L2}x_{L2}y_{L2}z_{L2}$ atașat obiectului de lucru coordonatele:

$$x_A=168 \text{ mm} \qquad y_A=185 \text{ mm} \qquad z_A=400 \text{ mm}$$

În cursul experimentărilor care au avut loc pentru darea în funcțiune a celulei s-a observat că deformația componentelor în zona rostului au cauzat doar deplasări liniare, ale căror mărime a fost dedusă pe baza experimentărilor descrise în paragraful 5.4.3. Cu acestea matricea erorii de situare a rostului în punctul A va fi:

$$(E_{dt})_A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0,70 \\ 0 & 1 & 0 & 0,52 \\ 0 & 0 & 1 & 0,17 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (6.26.)$$

Elementele matricei de situare ideală a sistemului de referință CS atașat efectorului final al robotului industrial (capului de sudare) când originea sistemului se confundă cu punctul A se calculează din datele privind geometria ideală a rostului.

$$\underline{l_2 T_{CS}} = \begin{bmatrix} c_4 c_5 & c_4 c_5 s_6 - s_4 c_6 & c_4 s_5 c_6 + s_4 s_6 & x_A \\ s_4 c_5 & s_4 s_5 s_6 + c_4 c_6 & s_4 s_5 c_6 - c_4 s_6 & y_A \\ -s_5 & c_5 s_6 & c_5 c_6 & z_A \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0,707 \cdot 0,17 & 0,707 \cdot 0,17 \cdot 0 - 0,707 \cdot 1 & 0,707 \cdot 0,98 \cdot 1 + 0,707 \cdot 0 & 168 \\ 0,707 \cdot 0,17 & 0,707 \cdot 0,98 \cdot 0 + 0,707 \cdot 1 & 0,707 \cdot 0,98 \cdot 1 - 0,707 \cdot 0 & 829 \\ -0,98 & 0,17 \cdot 0 & 0,17 \cdot 1 & 400 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0,12 & -0,707 & 0,69 & 168 \\ 0,12 & 0,707 & 0,69 & 829 \\ -0,98 & 0 & 0,17 & 400 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.27.)$$

În relația (6.27.), s-a notat (conform uzanțelor din Robotică) funcția “sinus“ cu s , funcția “cosinus“ cu c , iar indiciile acestora, unghiurile de rotație relativă elementelor cuplelor cinematice conducătoare “4“ în jurul axei $O_{L2}X_{L2}$, “5“ în jurul axei $O_{L2}Y_{L2}$, și “6“ în jurul axei $O_{L2}Z_{L2}$.

Pentru punctul A ales conform fig 6.39. unghiul “6“ este nul ($s_6=0$; $c_6=1$) unghiul “4“ $= -\pi/4$ (unghiul de înclinare a capului de sudare față de axa rostului deci $s_4 = c_4 = \frac{\sqrt{2}}{2}$), iar “5“, $+80^\circ$ (unghiul de înclinare axei rostului în raport cu axa $O_{L2}Z_{L2}$; deci $s_5=0,98$, $c_5=0,17$). Cu acestea, situarea reală necesară a capului de sudare corespunzătoare punctului A este dată de relația 6.28.

$$\underline{{}^{L_2}T'_{CS}} = \underline{(E_{dt})_A} \cdot \underline{{}^{L_2}T_{CS}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0,70 \\ 0 & 1 & 0 & 0,52 \\ 0 & 0 & 1 & 0,17 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,12 & -0,707 & 0,69 & 168 \\ 0,12 & 0,707 & 0,69 & 185 \\ -0,98 & 0 & 0,17 & 400 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0,12 & -0,707 & 0,69 & 168,7 \\ 0,12 & 0,707 & 0,69 & 185,52 \\ -0,98 & 0 & 0,17 & 400,17 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.28.)$$

6.4.5.6. Corelarea exactităților de situare ale componentelor celulei din fig.6.36.

Scopul corelării este analiza capacității de executare automată a operațiilor de sudare cu arc în mediu de gaz protector pentru care a fost concepută celula. Corelarea s-a făcut pentru toate cordoanele de sudură de executat pe ambele obiecte de lucru: traversa crapodinei și longeronului lateral al boghiului Y25 (pentru toate punctele aflate pe axele rosturilor). Modul de lucru se exemplifică pentru punctul A de pe rostul unui cordon al traversei crapodinei, ales în conformitate cu paragraful 6.4.5.5.

Graful de corelare a exactității componentelor celulei este prezentat în fig.6.25. Situația ideală a sistemului de referință atașat capului de sudare față de sistemul de referință atașat halei se poate exprima în două moduri:

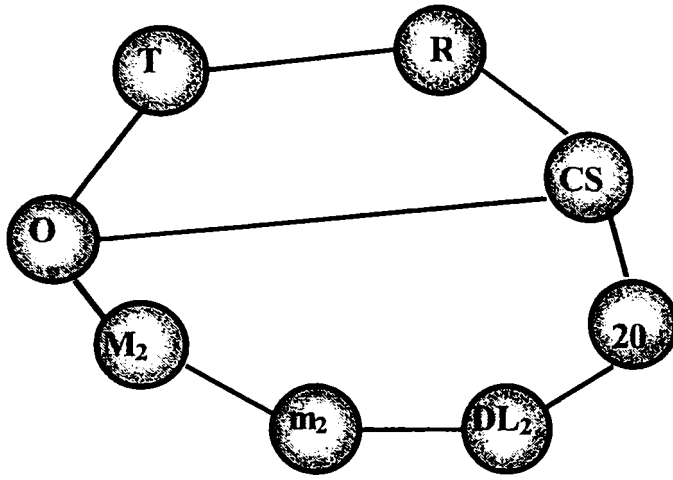


Fig.6.41. Graf de corelare a exactității componentelor celulei de sudare.

$$\left({}^O T_{CS} \right)_{ideală} = \underline{{}^R T_{CS}} \cdot \underline{{}^{T_4} T_R} \cdot \underline{{}^O T_{T_4}} \quad (6.29.)$$

$$\left({}^O T_{CS} \right)_{ideală} = \underline{{}^{L_2} T_{CS}} \cdot \underline{{}^{D_2} T_{L_2}} \cdot \underline{{}^{m_2} T_{D_2}} \cdot \underline{{}^{M_2} T_{m_2}} \cdot \underline{{}^O T_{M_2}} \quad (6.30.)$$

Egalând relațiile de mai sus se obține:

$$\underline{{}^R T_{CS}} \cdot \underline{{}^{T_4} T_R} \cdot \underline{{}^O T_{T_4}} = \underline{{}^{L_2} T_{CS}} \cdot \underline{{}^{D_2} T_{L_2}} \cdot \underline{{}^{m_2} T_{D_2}} \cdot \underline{{}^{M_2} T_{m_2}} \cdot \underline{{}^O T_{M_2}} \quad (6.31.)$$

Explicitând $\underline{{}^R T_{CS}}$, se obține:

$$\left(\underline{{}^R T_{CS}} \right)_{ideal} = \underline{{}^{L_2} T_{CS}} \cdot \underline{{}^{D_2} T_{L_2}} \cdot \underline{{}^{m_2} T_{D_2}} \cdot \underline{{}^{M_2} T_{m_2}} \cdot \underline{{}^O T_{M_2}} \cdot \underline{{}^{T_4} T_R^{-1}} \cdot \underline{{}^O T_{T_4}^{-1}} \quad (6.32.)$$

matricea de situație ideală a capului de sudare în raport cu baza robotului.

În mod asemănător situația reală a capului de sudare în raport cu hala este dată de expresiile:

$$\left({}^O T_{CS} \right)_{real} = \underline{{}^R T_{CS}} \cdot \underline{{}^{T_4} T_R} \cdot \underline{E_{T_4}} \cdot \underline{{}^O T_{T_4}} \quad (6.33.)$$

$$\left({}^O T_{CS} \right)_{reală} = \left(E_{dt} \right)_A \cdot \underline{{}^{L_2} T_{CS}} \cdot \underline{E_{L_2}} \cdot \underline{{}^{D_2} T_{L_2}} \cdot \underline{{}^{m_2} T_{D_2}} \cdot \underline{E_{m_2}} \cdot \underline{{}^{M_2} T_{m_2}} \cdot \underline{{}^O T_{M_2}} \quad (6.34.)$$

După egalarea acestora rezultă relația:

$$\underline{{}^R T_{CS} \cdot {}^{T_4} T_R \cdot E_{T_4} \cdot {}^O T_{T_4}} = \underline{\left(E_{dt} \right)_A \cdot {}^{L_2} T_{CS} \cdot E_{L_2} \cdot {}^{D_2} T_{L_2} \cdot {}^{m_2} T_{D_2} \cdot E_{m_2} \cdot {}^{M_2} T_{m_2} \cdot {}^O T_{M_2}} \quad (6.35.)$$

din care se explicitează matricea situației necesare (reale) a sistemului de referință atașat capului de sudare față de sistemul de referință atașat bazei robotului:

$$\underline{\left({}^R T_{CS} \right)_{real}} = \underline{\left(E_{dt} \right)_A \cdot {}^{L_2} T_{CS} \cdot E_{L_2} \cdot {}^{D_2} T_{L_2} \cdot {}^{m_2} T_{D_2} \cdot E_{m_2} \cdot {}^{M_2} T_{m_2} \cdot {}^O T_{M_2} \cdot {}^{T_4} T_R^{-1} \cdot E_{T_4}^{-1} \cdot {}^O T_{T_4}^{-1}} \quad (6.36.)$$

Eroarea de situație a capului de sudare se calculează cu relația:

$$\underline{{}^R E_{CS}} = \underline{\left({}^R T_{CS} \right)_{reală}} \cdot \underline{\left({}^R T_{CS}^{-1} \right)_{ideală}} \quad (6.37.)$$

respectiv.

$$\underline{{}^R E_{CS}} = \alpha \cdot \underline{\left(E_{dt} \right)_A} \cdot \underline{{}^{L_2} T_{CS}} \cdot \beta \cdot \underline{E_{L_2}} \cdot \underline{{}^{D_2} T_{L_2}} \cdot \underline{{}^{m_2} T_{D_2}} \cdot \gamma \cdot \underline{E_{m_2}} \cdot \underline{{}^{M_2} T_{m_2}} \cdot \underline{{}^O T_{M_2}} \cdot \underline{{}^{T_4} T_R^{-1}} \cdot \delta \cdot \underline{E_{T_4}^{-1}} \cdot \underline{{}^O T_{T_4}^{-1}} \cdot \underline{{}^{L_2} T_{CS}^{-1}} \cdot \underline{{}^{D_2} T_{L_2}^{-1}} \cdot \underline{{}^{m_2} T_{D_2}^{-1}} \cdot \underline{{}^{M_2} T_{m_2}^{-1}} \cdot \underline{{}^O T_{M_2}^{-1}} \cdot \underline{{}^{T_4} T_R} \cdot \underline{{}^O T_{T_4}} = \alpha \cdot \underline{\left(E_{dt} \right)_A} \cdot \beta \cdot \underline{E_{L_2}} \cdot \gamma \cdot \underline{E_{m_2}} \cdot \delta \cdot \underline{E_{T_4}^{-1}} =$$

$$= 0,2 \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0,70 \\ 0 & 1 & 0 & 0,52 \\ 0 & 0 & 1 & 0,17 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot 0,8 \cdot \begin{bmatrix} -1 & 0 & -0,234 & -130 \\ 0 & 0,974 & 0,23 & -3 \\ 0 & 0,22 & -0,97 & 470 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot 0,5 \cdot \begin{bmatrix} 1 & -0,002 & 0 & 0,035 \\ 0,002 & 1 & 0 & 0,035 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot 0,4 \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1000 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7,488 & 0,001 & -32,000 & -4,1387 \\ -7,36 & 0,0312 & 0,0623 & -0,0783 \\ 31,04 & 0,007 & 0,0141 & 15,0457 \\ 0 & 0 & 0 & 0,032 \end{bmatrix} \quad (6.38.)$$

unde factorii produsului matriceal sunt matricile de situație și matricile erorilor calculate în paragrafele 6.4.5.1.; 6.4.5.2.; 6.4.5.3.; 6.4.5.4.; 6.4.5.5. și unde coeficienții de simultaneitate a apariției erorilor s-au admis pe baza observațiilor:

$$\alpha=0,2; \quad \beta=0,8; \quad \gamma=0,5; \quad \delta=0,4$$

Elementele matricei $\underline{{}^R E_{CS}}$ sau comparat cu datele numerice privind performanțele sensorului de rost utilizat (care corectează abateri până la ± 4 mm) și s-a constatat că sensorul de rost adaptat este capabil să compenseze efectul erorilor care apar datorită defectelor componente ale sistemului.

6.5.4.7. Verificări cinetostatice și dinamice

S-a verificat dacă elementele de strângere ale dispozitivului de lucru DL₂, asigură în timp menținerea situării corecte a traversei crapodinei în dispozitiv și dacă motorul de acționare a subansamblului mobil al mesei de poziționare-orientare dezvoltă putere suficientă pentru rotirea acestuia din poziția 2 în poziția 3.

În fig.6.40. se prezintă schema fixării traversei crapodinei în dispozitivul de lucru DL₂, care se realizează cu ajutorul a trei elemente de strângere. Greutatea traversei crapodinei este de

$$G_{OL}=337 \text{ daN}$$

Elementele de strângere trebuie să asigure susținerea obiectului de lucru de către forțele de frecare care se dezvoltă între ele și obiectul de lucru. În consecință, forța de strângere care trebuie dezvoltată de un element este

$$F_1 = k \frac{G}{n \cdot \mu} = 2 \frac{337}{3 \cdot 0,1} = 3371 \text{ daN} \quad (6.39.)$$

unde: n=3; este numărul elementelor de strângere
μ=0,1 (coeficientul de frecare oțel/oțel uscat)
k=2 este un coeficient de siguranță ales.

Elementele de strângere sunt acționate pneumatic, și acționează direct pe talpa superioară a traversei (2) respectiv pe talpa inferioară (1) reprezentată în fig.6.40.

Pneumomotorul de acționare a subansamblului mobil al mesei de poziționare-orientare dezvoltă la presiunea aerului comprimat din rețea 6 bar;

$$F_D = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p = \frac{\pi \cdot 18^2}{4} \cdot 6 = 1526 \text{ daN} \quad (6.40.)$$

unde. d este diametrul interior al cilindrului pneumomotorului liniar (cm)

Traversa crapodinei este o structură sudată asimetrică ceea ce impune ca și forma dispozitivului de lucru să fie asimetrică. În vederea reducerii puterii motorului de acționare s-a făcut o echilibrare statistică a dispozitivului de lucru DL₂ cu obiectul de lucru Ob2.

Au fost fixate la o distanță de 200 mm stânga-dreapta față de axa Ox cu câte o pereche de prezoane contragreutați pe plăcile frontale ale dispozitivului de lucru (CG_i unde i=1,2,4,5, fig.6.40.). Dimensiunile plăcilor s-a ales 100x250x10 mm numărul lor a fost determinat experimental. (prin balansare statică).

Pentru compensarea momentului create de pneumomotorul liniar de strângere ML3 respectiv a suportului acestuia s-a montat pe corpul dispozitivului de lucru DL₂ contragreutatea CG₃ tot sub formă de plăci a căror număr s-a determinat tot experimental.(fig.6.40)

6.5.SUDAREA ȚEPUȘELOR ÎN CELULA FLEXIBILĂ ROBOTIZATĂ PENTRU SUDAREA SUBANSAMBLELOR MIJLOCII

6.5.1.Prezentarea obiectului de lucru (țepușei)

Unul din produsele S.C.ASTRA-VAGOANE S.A. Arad în perioada 1993-1994 a fost vagonul platformă EVA.

Vagonul platformă EVA este prevăzut cu 20 bucăți țepușe având forma reprezentată în fig.6.42. Țepușa se montează cu axa perpendiculară pe suprafața platformei distribuite în lungul conturului periferic dreptunghiular al acesteia.

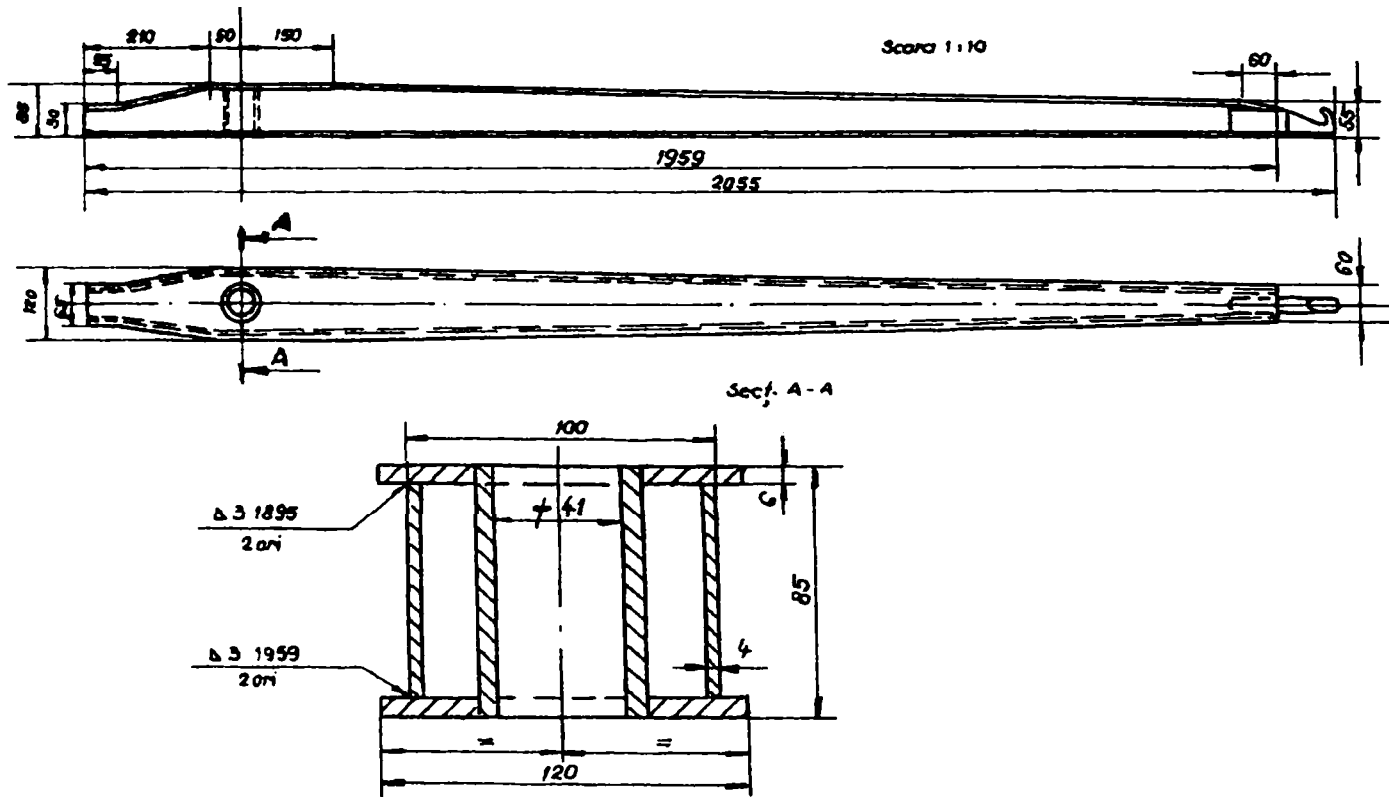


Fig.6.42. Țepușă.

Țepușa este o structură sudată de tip cheson, formată din două tălpi și două inimi asamblate prin intermediul a patru cordoane lungi de colț (două de 1895mm și două de 1790 mm lungime).

La această structură dimensiunile secțiunii transversale sunt mult mai mici decât dimensiunile longitudinale (100x120x2055 mm vezi fig.6.5.1. din anexa 3.). Tabla din care sunt confecționate elementele țepușei este din OL 52.3.K și are grosimi de 6 mm (în cazul tălpilor) și 4 mm (în cazul inimilor).

Din punct de vedere al tensiunilor și deformațiilor remanente există două posibilități de execuție a îmbinărilor sudate:

- sudarea liberă fără dispozitiv;
- sudare în dispozitiv, împiedicându-se orice deformație în timpul sudării.

În primul caz, după realizarea îmbinărilor nu rămân tensiuni remanente în structură, însă structura va suferi deformații remanente foarte mari. În cel de al doilea caz, deformațiile vor fi nesemnificative, dar structura sudată va rămâne cu tensiuni

remanente foarte mari. Nici unul din aceste posibilități nu este acceptabil pentru sudarea țepușei.

Pentru sudarea țepușei pot fi aplicate următoarele procedee de sudare:

- sudarea electrică manuală cu electrozi fuzibili;
- sudarea semimecanizată în mediu de gaze protectoare MIG/MAG;
- sudarea mecanizată sub strat de flux sau MIG/MAG.

6.5.2. Posibilități de mecanizare a procesului tehnologic de sudare a țepușelor

În cazul sudării mecanizate sub strat de flux sau MIG/MAG. se realizează o productivitate ridicată a muncii și calitatea produsului este corespunzătoare. Pe această cale se poate realiza un cordon lung de cca. 1900 mm dintr-o singură trecere cu o viteză de sudare optimă, reducându-se astfel efortul fizic al operatorului uman. În acest caz cu toate că se lucrează după o ordine de sudare vizând reducerea tensiunilor și deformațiilor, așa cum este arătat în fig.6.43. apare însă o torsionare nepermis de mare a țepușei. Ca urmare se necesită introducerea unei operații de îndreptare după sudare, reducându-se astfel productivitatea muncii.

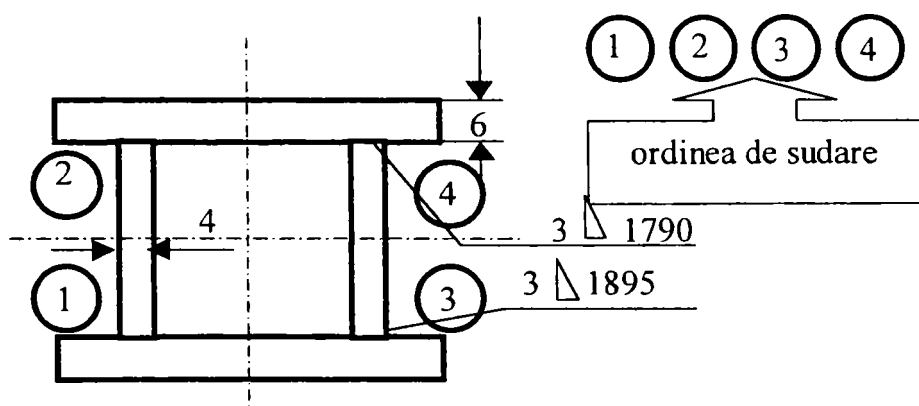


Fig. 6.43. Secțiunea transversală a țepușei și ordinea de executare a cordoanelor.

Pentru început s-a ales pentru realizarea țepușelor procedeul de sudare MIG/MAG în varianta mecanizată.

S-a confecționat un dispozitiv de lucru rotativ de sudat astfel ca fiecare îmbinare de executat să poată fi așezată în poziție "jgheab" în timpul operației de sudare. Tractorul de sudare se deplasează pe o cale de rulare așezată paralel cu dispozitivul de lucru și obiectul de lucru. Cordonile au fost executate conform ordinii de sudare a cordoanelor prezentate în fig.6.43.

După realizarea îmbinărilor, prima problemă care a apărut a fost dificultatea scoaterii țepușei din dispozitiv datorită deformațiilor remanente mari care împiedicate fiind, au apărut reacțiuni normale și forțe de frecare mari între țepușe și dispozitiv.

A doua problemă a fost îndreptarea dificilă a țepușei care a trebuit să fie deformat după scoaterea din dispozitiv pentru a ajunge la dimensiunile prevăzute în desenele de execuție.

Pentru a reduce deformațiile s-a apelat la a doua variantă de ordine de sudare, în cadrul căreia fiecare cordon s-a executat în două segmente identice, sudate de la mijloc spre capete. Nici în acest caz rezultatele nu au fost cele scontate, îmbunătățirile față de prima variantă au fost ne semnificative.

În fine s-a apelat la a treia variantă de ordine de sudare: cordoanele au fost secționare în câte trei segmente egale un segment având o lungime de cca. 630 mm. fiecare. Cordoanele au fost executate pe segmente (12 segmente) după ordinea de sudare prezentată în fig.6.44.

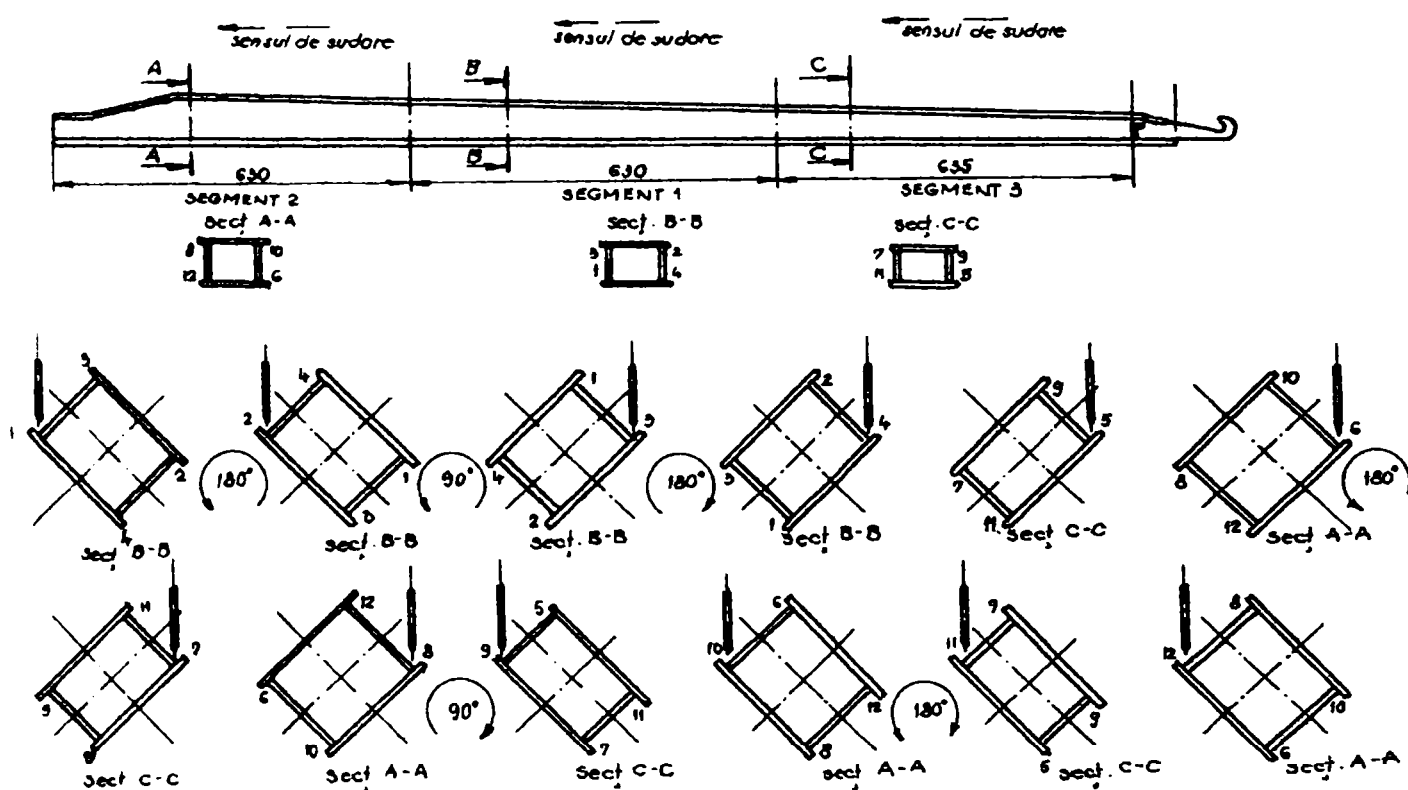


Fig.6.44. Ordinea de sudare a țepușei

În urma sudării după această ordine, țepușa a fost aproape perfect dreaptă, abaterile dimensionale încadrându-se în limitele câmpului de toleranță prevăzute în desenele de execuție, fără ca în prealabil țepușa să fie supusă operației de îndreptare.

Poziționarea vârfului electrodului cu ajutorul mecanismelor șurub-piuliță ale tractorului de sudare, amorsarea arcului electric, întoarcerea dispozitivului de lucru, operații executate de 12 ori pentru o singură țepușă au încărcat fizic și psihic operatorul uman. Din aceste motive și această metodă de sudare a fost abandonată.

A rămas ca singura soluție sudarea țepușelor într-o celulă de fabricație flexibilă automată.

La data respectivă la S.C.ASTRA-VAGOANE S.A. era în funcțiune o celulă flexibilă robotizată pentru sudarea subansamblelor mijlocii (vezi tehnologia de grup și anexa 3.). În vederea implementării procesului de sudare a țepușei în celula flexibilă de fabricație a fost necesară efectuarea unor modificări minore după cum urmează:

- modificarea punctului de lucru al modulului de translație lungă;
- confecționarea unui dispozitiv de lucru adecvat;
- elaborarea ciclogramei de funcționare a celulei pentru sudarea noului obiect de lucru;
- reprogramarea funcționării celulei, inclusiv a robotului industrial.

Planul de amplasament al celulei de fabricație flexibilă (fig.6.23.), schema bloc a aplicației (fig.6.24.), matricea de structură (6.13), și matricile de cuplare (6.14.) nu suferă modificări.

O asemenea extindere a folosirii celulei de fabricație se încadrează în efortul optimizării raportului venit/cheltuielile ale întreprinderii, prin micșorarea cheltuielilor exploatând la întreaga capacitate mijloacele de fabricație și în mod deosebit, a sistemelor de fabricație robotizate.

6.5.3.Soluții constructive-funcționale ale componentelor celulei de fabricație pentru sudarea țepușei

6.5.3.1.Modulul de translație lungă (fig.6.27.)

Sudarea țepușei se execută în postul de lucru a longeronului lateral a boghiului Y25.

Pentru sudarea longeronului modulul de translație lungă a fost prevăzut cu două poziții fixe de lucru (1,2). Longeronul este cu cca 1 m mai lung decât țepușa. Spațiul de lucru al robotului industrial permite sudarea țepușei într-un singur post de lucru. În acest sens pe modulul de translație lungă, la jumătatea distanței între pozițiile de lucru 1 și 2 se montează sistemul de senzori inductivi de proximitate pentru definirea unei noi poziție de lucru, care se va nota cu "1.a.". Pe această cale se reduc timpii auxiliar de deplasare a căruciorului modulului de translație lungă.

6.5.3.2.Dispozitivul de lucru (fig.6.29.)

Dispozitivul de lucru se montează între platourile mesei de poziționare-orientare și este destinat situării obiectului de lucru în timpul operației de sudare.

Țepușa montată și sudată provizoriu "în puncte" este introdusă în dispozitivul de lucru de către operatorul uman și așezată pe elementele de așezare ale acestuia (partea superioară a țepușei sect. B-B din fig.6.45.). Situarea și fixarea se realizează cu ajutorul unui bulon care va trece prin dispozitivul de lucru și gaura de diametru Ø41 mm din corpul țepușei.

Partea superioară a țepușei se fixează cu ajutorul unui mecanism de strângere cu pneumomotor liniar.

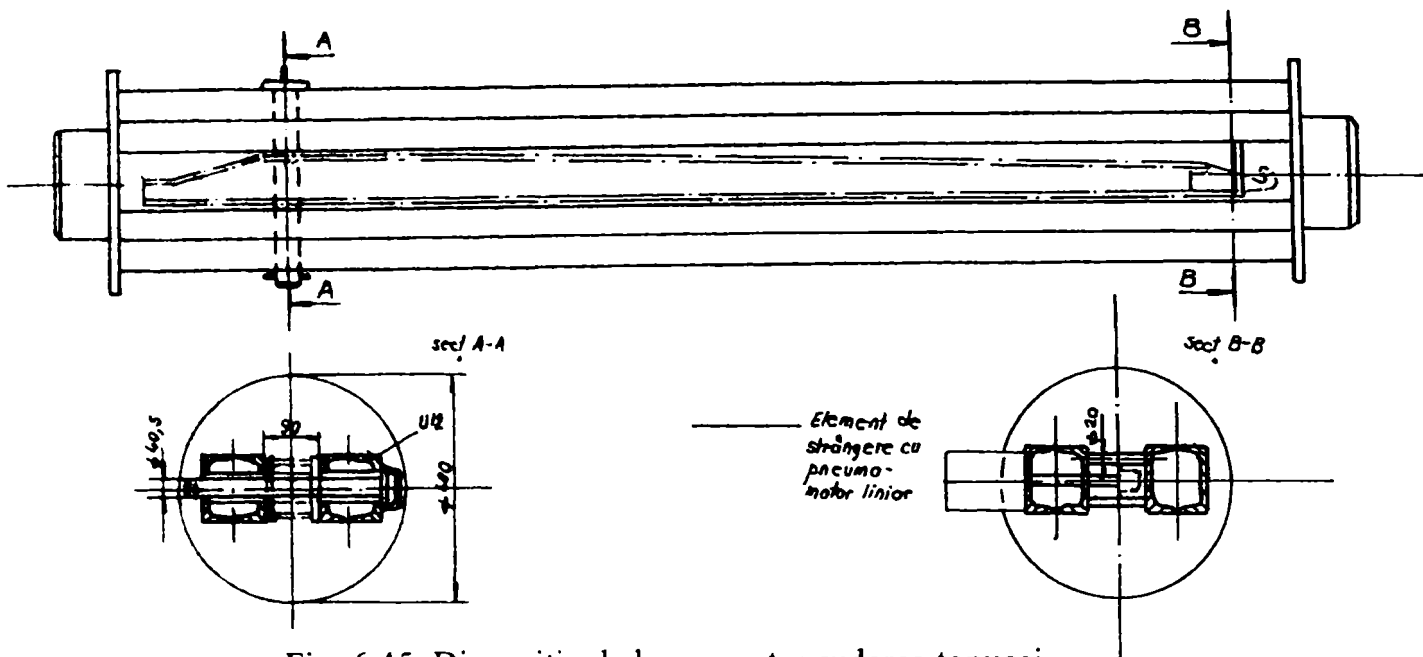


Fig. 6.45. Dispozitiv de lucru pentru sudarea țepușii.

6.5.4. Ciclograma funcționării sistemului de fabricație flexibilă pentru sudarea țepușelor vagon platformă tip EVA

Ciclograma este prezentată în fig.6.46.

Operatorul uman (OU) alimentează dispozitivul de lucru cu un obiect de lucru (țepușă) din depozitul intermediar ["1"].

OU comandă fixarea obiectului de lucru de pe panoul local al MPO₁. Validarea situației și fixării obiectului de lucru este realizată de semnalul transmis spre SCSF de către senzorul inductiv de proximitate aflat pe pneumomotorul liniar de fixare a obiectului de lucru ["2"].

OU trece SCSF din regim manual în regim automat și comandă declanșarea ciclului de sudare al obiectului ["3"].

Căruciorul modulului de translație lungă deplasează robotul industrial de la punctul de repaus 3 în punctul de lucru 1.a. Oprirea, indexarea și validarea indexării poziției căruciorului sunt comandate de SCSF pe baza semnalelor emise de senzori inductivi de proximitate montate pe cărucior respectiv pe pneumomotorul liniar de indexare a căruciorului. ["4"].

În urma validării indexării căruciorului respectiv al RI SCSF va comanda pornirea ciclului de sudare.

Operația efectivă de sudare pentru cele "i" segmente (i=1÷12) se desfășoară conform ciclogramei subsistemului S_5^{R-1} ["5"] reprezentat în fig.6.47.

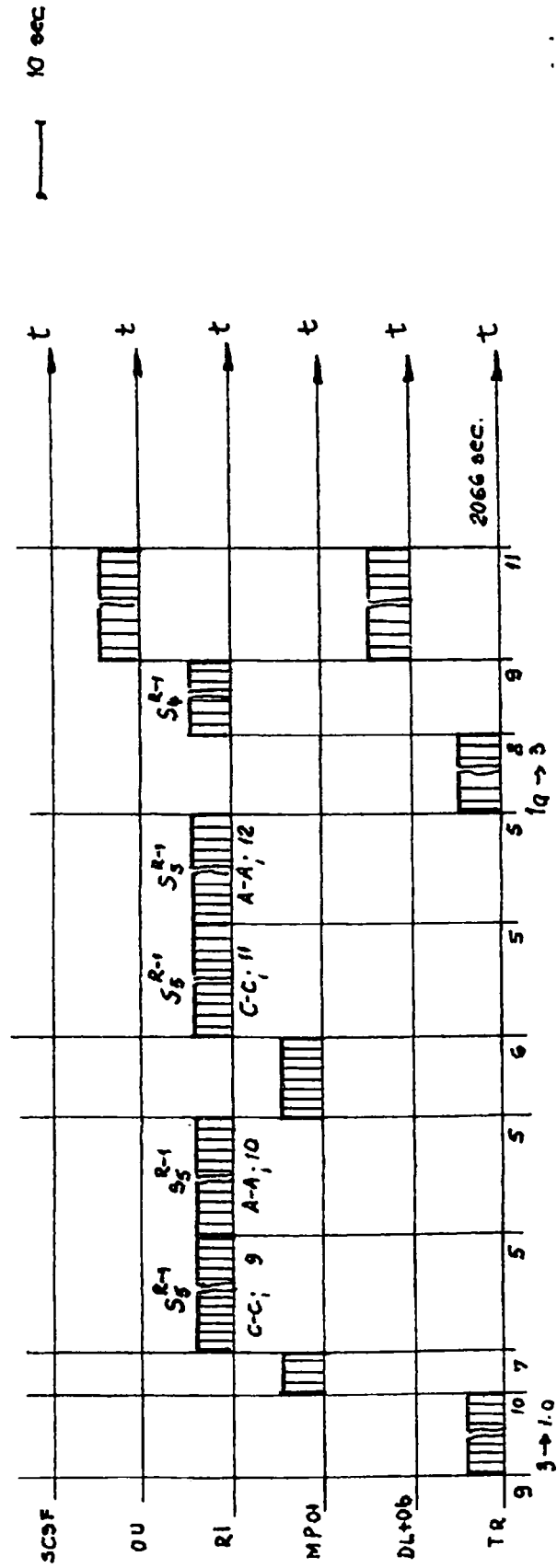
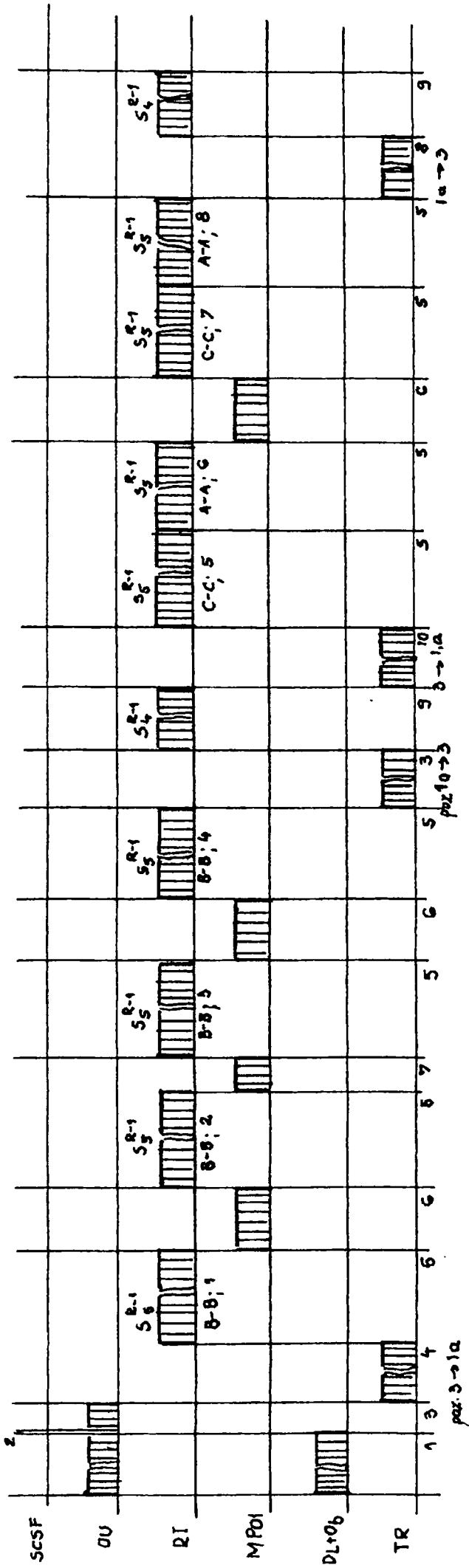


Fig.6.46. Ciclograma sistemului flexibil de fabricație pentru sudare și epuș elor vagoanelor paltformă tip EVA.

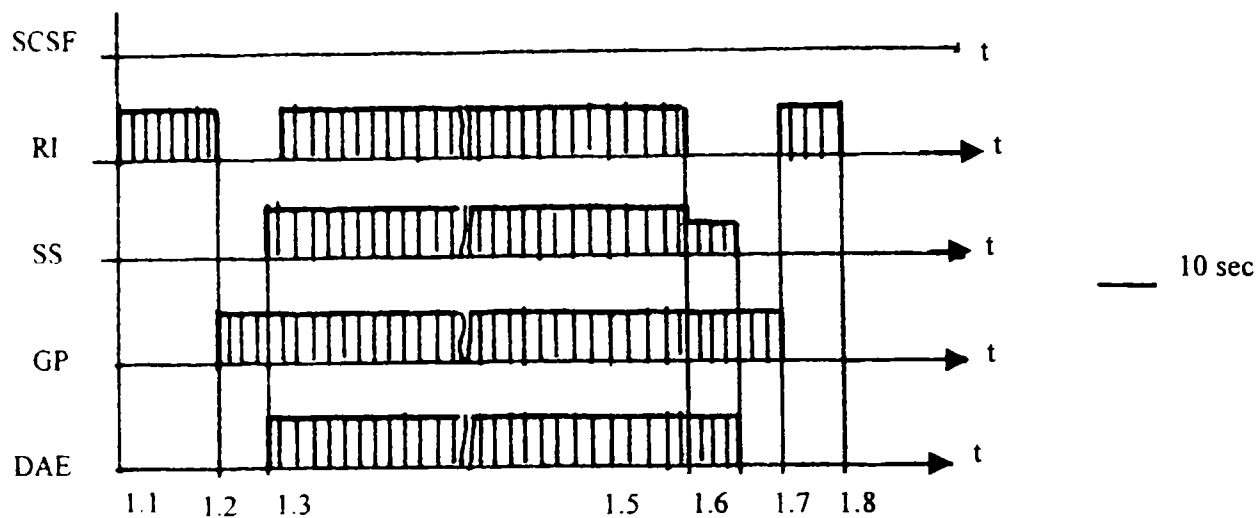


Fig.6.47. Ciclograma subsistemului S_5^{R-1} de sudare a unui segment

Durata efectivă a sudării segmentelor cât și a ciclurilor de sudare pentru fiecare segment în parte sunt prezentate în tabelul 6.5.1.

Tabelul 6.5.1. Vitezele și timpii de sudare a cordoanelor țepușei.

Nr.segment cordon conform fig.6.44.	Viteza de sudare în cm/min	Timpul de sudare ("1.4-1.5") în sec.	Timpul ciclului de sudare ("1.1-1.8") în sec.
1. secțiunea B-B	40	94,5	124,5
2 secțiunea B-B	40	94,5	124,5
3 secțiunea B-B	40	94,5	124,5
4 secțiunea B-B	40	94,5	124,5
5 secțiunea C-C	40	95	125
6 secțiunea A-A	40	94,5	124,5
7 secțiunea C-C	40	95	125
8 secțiunea A-A	40	94,5	124,5
9 secțiunea C-C	40	95	125
10 secțiunea A-A	40	94,5	124,5
11 secțiunea C-C	40	95	125
12 secțiunea A-A	40	94,5	124,5

Total 1496 sec.

Parametrii regimului de sudare pentru cele "i" segmente de cordon sunt:

- diametrul sârmei electrod $d_e=1,2$ mm;
- curentul de sudare $I_s=240$ A;
- tensiunea arcului electric $U_a=19,5$ V;
- viteza de sudare $v_s=40$ cm/min;
- viteza de avans a sârmei electrod $v_{ac}=40$ m/min;
- viteza de pendulare $v_p=80$ cm/min;

■ distanța de pendulare $d_p = \pm 1$ mm.

Robotul industrial (RI) comandă pornirea ciclului de căutare cu ajutorul senzorului tactil a punctului real de început a segmentului "i" cordonului de sudare ["4"]; ["1.1"].

Pe baza semnalelor primite de la senzorul tactil sistemul de comandă al RI calculează poziția punctului real de începere a segmentului "i=1", după care poziționează punctul caracteristic (vârful electrodului) și orientează dreapta caracteristică a efectorului final (cap de sudare) în dreptul punctului de început de cordon/segment ["1.2"].

Odată cu ocuparea de către vârful electrodului a poziției din punctul de început a cordonului/segmentului RI se oprește și se dă comandă pentru deschiderea electroventilului care asigură cu un debit de amestec de gaz de protecție (Corgon) în jurul locului de amorsare a arcului electric.

Releul de întârziere cuplează după 6 sec. sursa de energie electrică sudare (SS) respectiv dispozitivul de avans al sârmei electrod amorsând arc electric ["1.3"]. După încă 1 sec se pornește și mișcarea RI în lungul rostului real. ["1.4"].

Pentru urmărirea rostului real de către capul de sudare se folosește și în acest caz senzorul LINE MASTER. Pe baza semnalelor emise de senzor sistemul de comandă al RI calculează traiectoria reală a a rosturilor segmentelor de cordon.

În momentul în care punctul caracteristic al efectorului final ajunge la sfârșitul segmentului de cordon mișcarea RI se oprește ["1.5"]. Sursa de sudare și dispozitivul de avans al sârmei electrod vor alimenta în continuare arc electric până ce se completează craterul de sfârșit de cordon, intensitatea curentului de sudare în acest interval fiind 70% din valoarea intensității curentului de sudare. După umplerea craterului de sfârșit de cordon se oprește dispozitivul de avans sârmă electrod respectiv se decuplează SS: ["1.6"].

Un releu de întârziere ține deschis electroventilul de alimentare cu gaz de protecție a băii de metal încă 5 sec ["1.7"]. În acest interval de timp baia de sudură se solidifică și se răcește la o temperatură la care oxigenul din aerul înconjurător nu mai are efect dăunător. RI. deplasează capul de sudare în poziția de așteptare a punctului de lucru "1.a." a modulului de translație lungă a căruciorului ["1.8"] ["5"].

Sistemul de comandă al sistemului de fabricație (SCSF). emite comandă de rotire cu 180^0 prin intermediul mesei de poziționare-orientare (MPO_1) (conform fig.6.44.) a dispozitivului de lucru împreună cu obiectul de lucru. Poziționarea, oprirea și indexarea dispozitivului de lucru se realizează la comanda SCSF pe baza semnalelor emise de către senzori inductivi de proximitate ["6"].

În urma validării indexării dispozitivului de lucru sistemul de comandă al RI va comanda pornirea ciclului de sudare a segmentului de cordon $i=2$ conform fazelor din ciclograma subsistemului S_1^{R-1} ["1.1-1.8"] ["5"].

SCSF. emite comandă de rotire prin intermediul MPO_1 cu 90^0 (conform fig.6.44.), a dispozitivului de lucru împreună cu obiectul de lucru ["7"]. În urma

validării indexării dispozitivului de lucru sistemul de comandă al RI va comanda pomirea ciclului de sudare a segmentului de cordon $i=3$ conform fazelor din ciclograma subsistemului S_5^{R-1} ["1.1-1.8"].["5"].

Sudarea segmentului $i=4$ se va executa parcurgând secvențele "6" și "5" din ciclograma sistemului S^R .

Sistemul de comandă al RI. emite comandă de deplasare a căruciorului modulului de translație lungă din poziția 1.a. de lucru în poziția 3 de curățire a capului de sudare ["8"]. Operația de curățire a capului de sudare se desfășoară după ciclograma subsistemului S_4^{R-1} ["9"] din fig 6.34.

Sistemul de comandă al RI. emite comandă de deplasare a căruciorului modulului de translație lungă din poziția 3 de repaus în punctul de lucru 1.a. ["10"]. și declanșează ciclul de sudare în ordine a segmentelor $i=5$ și $i=6$ conform fazelor din ciclograma subsistemului S_5^{R-1} . ["1.1-1.8"] ["5"].

În continuare, sistemul de comandă al RI emite comandă de rotire prin intermediul MPO_1 cu 180^0 (conform fig.6.44.) a dispozitivului de lucru împreună cu obiectul de lucru ["6"]. RI comandă sudarea segmentelor $i=7$ și $i=8$ conform fazelor ciclogramei subsistemului S_5^{R-1} ["1.1-1.8"] ["5"].

Sistemul de comandă al RI emite comandă de deplasare a căruciorului modulului de translație lungă din punctul de lucru 1a. în poziția 3 de curățire a capului de sudare ["8"], respectiv operația de curățire a capului de sudare conform ciclogramei S_4^{R-1} ["9"]. din fig.6.34.

În continuare, sistemul de comandă al RI emite comanda de deplasare a căruciorului modulului de translație lungă din poziția 3 de repaus în punctul de lucru 1.a. ["10"] după care comandă rotirea prin intermediul MPO_1 cu 90^0 , a dispozitivului de lucru cu obiectul de lucru ["7"]. după care comandă sudarea segmentelor de cordon $i=9$ și $i=10$ conform fazelor ciclogramei subsistemului S_5^{R-1} ["1.1-1.8"] ["9"].

În sfârșit, sistemul de comandă RI mai emite comandă de rotire prin intermediul MPO_1 , cu 180^0 (conform fig.6.44.) a dispozitivului de lucru cu obiectul de lucru ["6"] și sudarea segmentelor $i=11$ și $i=12$ conform fazelor ciclogramei subsistemului S_5^{R-1} ["1.1-1.8"] cu care se încheie operația de sudare a țepușei.

Sistemul de comandă al RI emite comandă de deplasare a căruciorului modulului de translație lungă din poziția 1.a. de lucru în poziția 3 de curățit capului de sudare conform ["8"-["9"]

OU desprinde obiectul de lucru îl extrage din dispozitivul de lucru manual și îl depune în depozitul intermediar (DI).

Celula este pregătită pentru un nou ciclu ["11"].

Din ciclograma sistemului de fabricație flexibilă pentru sudarea țepușelor vagoanelor platformă tip EVA rezultă manopera de realizare a îmbinărilor sudate la o țepușă care este de 2066 sec=34,43 min/buc.

Se menționează faptul că țepușa sudată în sistemul flexibil, după ordinea de sudare prezentat în fig.6.44. nu reclamă operație de îndreptare, fiindcă

deformațiile se încadrează în câmpurile de toleranțe prevăzute în desenele de execuție a produsului.

Conform normativelor republicane rezultă manopera de sudare a unei țepușe (inclusiv fazele de întoarcere) de 46,25 min/buc. La această manoperă se mai adaugă 20 min/buc echivalentul manoperei de îndreptare, rezultând o manoperă de 66,25 min/țepușă.

Ca urmare, manopera totală de sudare manuală a unei țepușe este de :

$$M_M=66,25 \text{ min/țepușe}$$

Manopera de sudare a unei țepușe în cadrul sistemului de fabricație flexibilă este:

$$M_{SF}=34,43 \text{ min/țepușe}$$

În consecință, economia de manoperă realizată prin trecerea la sudarea țepușei în sistemul de fabricație flexibilă, neluând în considerare manopera economisită de la operația de îndreptare:

$$D_t=M_M-M_{SF}= 66,25-34,43=31,82 \text{ min/țepușe}$$

6.5.5. Modelarea SFF de sudare a țepușei vagon platformă tip EVA și simularea funcționării lui

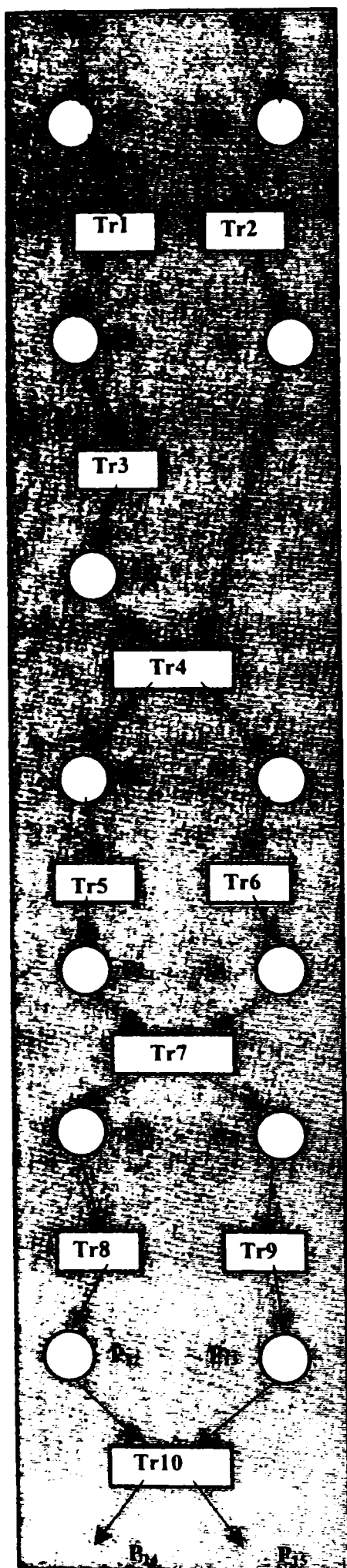
Se consideră planul de amplasament a celulei (fig.6.23.) și ordinea de sudare (fig.6.44.) a țepușei care stau la baza elaborării rețelei Petri pentru modelarea și simularea unei SFF de sudare.

La realizarea îmbinărilor sudate a țepușei contribuie următoarele componente ale celulei: dispozitivul de lucru DL cu masa de poziționare-orientare MPO, modulul de translație lungă TR și robotul industrial RI.

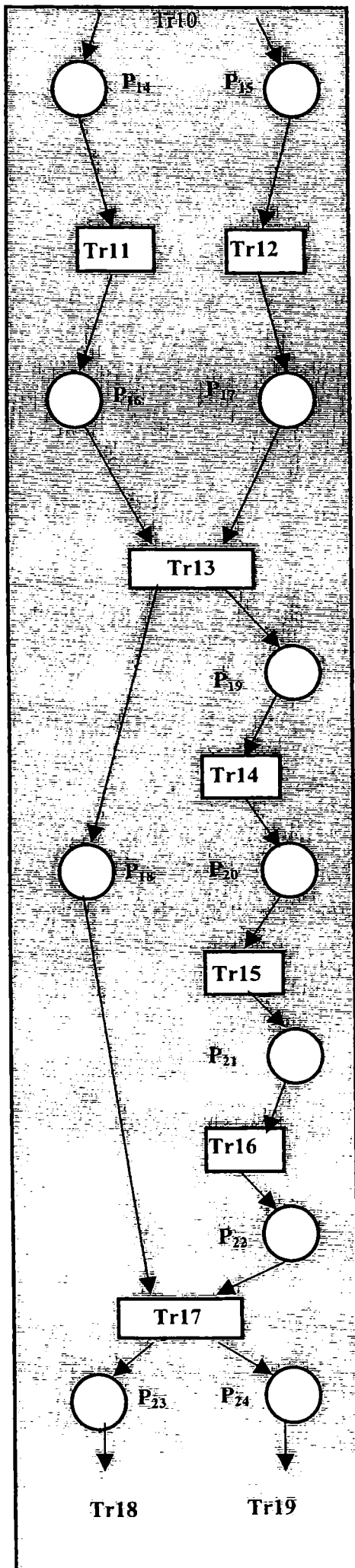
Dispozitivul de lucru cu masa de poziționare-orientare realizează situarea și fixarea obiectului de lucru Ob în timpul operației de sudare. Modulul de translație lungă deplasează RI de la “poziția de repaus 3” respectiv de curățat capul de sudare la “poziție de lucru 1.a.” a țepușei. RI execută operația de sudare a celor 12 segmente de cordon respectiv contribuie la curățarea capului de sudare.

În fig.6.48. s-a reprezentat rețeaua Petri binară aferentă sistemului de fabricație flexibilă SFF de sudare a țepușei vagonului platformă tip EVA în momentul t_0 .

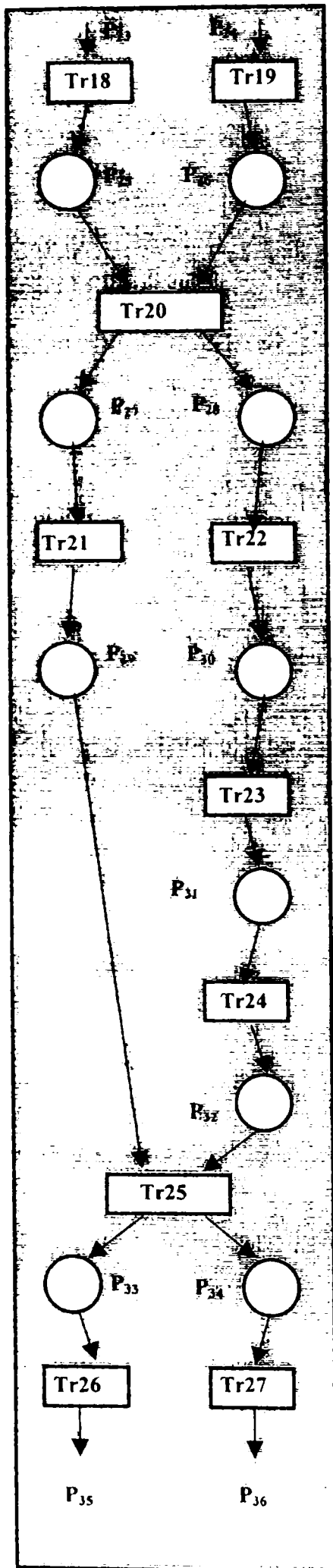
Pentru graful din fig.6.48. matricea de stare va avea 32 coloane și 40 linii. Elementelor matricei M_1 li se atribuie valoarea “0” în cazul pozițiilor fără marcaj și valoarea “1” în cazul pozițiilor cu marcaj în coloanele aferente tranzițiilor înainte și după care se găsesc la timpul considerat. Matricea de incidență C_{01} [KOV 99]



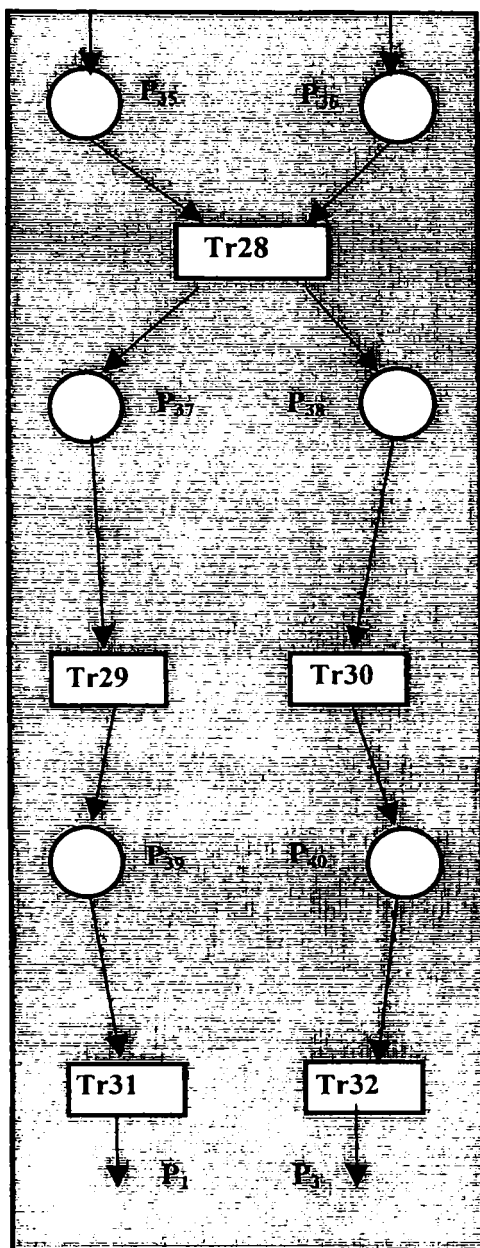
Simbol	Conținut
P ₁	Subansamblul montat este pregătit să fie în DL din MPO
Tr1.	Subansamblul montat este introdus în DL din MPO
P ₂	DL conține semifabricatul montat
P ₃	RI se găsește în poziție de repaus 3
Tr2	RI se deplasează în situarea aferentă sudării cordonului 1.
P ₄	RI se găsește în situarea aferentă începerii sudării cordonului 1
Tr3	MPO rotește DL cu subansamblul montat cu 45°.
P ₅	Subansamblul montat se găsește în situarea corespunzătoare începerii sudării cordonului 1
Tr4	RI sudează cordonul 1
P ₆	Subansamblul montat are cordonul 1 sudat
P ₇	RI se găsește în situarea corespunzătoare sfârșitului cordonului 1
Tr5	MPO rotește DL cu subansamblul montat cu 180°
P ₈	Subansamblul montat se găsește în situarea corespunzătoare începerii cordonului 2
Tr6	RI se deplasează în situarea corespunzătoare începerii sudării cordonului 2.
P ₉	RI se găsește în situarea corespunzătoare începerii sudării cordonului 2.
Tr7	RI sudează cordonul 2.
P ₁₀	Subansamblul montat are cordonul 2 sudat
P ₁₁	RI se găsește în situarea corespunzătoare sfârșitului cordonului 2.
Tr8	MPO rotește DL cu subansamblul montat cu 90°
P ₁₂	Subansamblul montat se găsește în situarea corespunzătoare începerii sudării cordonului 3
Tr9	RI se deplasează în situarea corespunzătoare începerii sudării cordonului 3
P ₁₃	RI se găsește în situarea corespunzătoare începerii sudării cordonului 3
Tr10	RI sudează cordonul 3



Sim bol	Conținut
P ₁₄	Subansamblul montat are cordonul 3 sudat
P ₁₅	RI se găsește în situarea corespunzătoare sfârșitului cordonului 3
Tr11	MPO rotește DL cu subansamblul montat cu 180°
P ₁₆	Subansamblul montat se găsește în situarea corespunzătoare începerii cordonului 4
Tr12	RI se deplasează în situarea corespunzătoare începerii sudării cordonului 4
P ₁₇	RI se găsește în situarea corespunzătoare începerii sudării cordonului 4
Tr13	RI sudează cordonul 4
P ₁₈	Subansamblul montat are cordonul 4 sudat și se găsește în situarea corespunzătoare începerii sudării cordonelor 5 și 6
P ₁₉	RI se găsește în situarea corespunzătoare sfârșitului cordonului 4
Tr14	RI se deplasează în situarea aferentă curățirii mecanizate a capului de sudare
P ₂₀	RI se găsește în situarea aferentă începerii curățirii capului de sudare
Tr15	RI efectuează curățirea capului de sudare
P ₂₁	RI se găsește în situarea aferentă terminării operației de curățire a capului de sudare
Tr16	RI se deplasează în situarea aferentă începerii sudării cordonelor 5 și 6
P ₂₂	RI se găsește în situarea aferentă începerii sudării cordonelor 5 și 6
Tr17	RI sudează cordonul 5 și 6
P ₂₃	Subansamblul montat are cordonul 5 și 6 sudat
P ₂₄	RI se găsește în situarea corespunzătoare sfârșitului cordonului 6
Tr18	MPO rotește DL cu subansamblul montat cu 180°



Simbol	Conținut
P ₂₅	Subansamblul montat se găsește în situația corespunzătoare începerii sudării cordoanelor 7 și 8
Tr19	RI se deplasează în situația corespunzătoare începerii sudării cordoanelor 7 și 8
P ₂₆	RI se găsește în situația corespunzătoare începerii sudării cordoanelor 7 și 8
Tr20	RI sudează cordoanele 7 și 8
P ₂₇	Subansamblul montat are cordoanele 7 și 8 sudate
P ₂₈	RI se găsește în situația corespunzătoare sfârșitului cordonului 8
Tr21	MPO rotește DL cu subansamblul montat cu 90°
P ₂₉	Subansamblul montat se găsește în situația corespunzătoare începerii cordoanelor 9 și 10
Tr22	RI se deplasează în situația aferentă curățirii mecanizate a capului de sudare
P ₃₀	RI se găsește în situația aferentă începerii curățirii capului de sudare
Tr23	RI efectuează curățirea capului de sudare
P ₃₁	RI se găsește în situația aferentă terminării operației de curățire a capului de sudare
Tr24	RI se deplasează în situația aferentă sudării cordoanelor 9 și 10
P ₃₂	RI se găsește în situația aferentă începerii sudării cordoanelor 9 și 10
Tr25	RI sudează cordoanele 9 și 10
P ₃₃	Subansamblul montat are cordoanele 9 și 10 sudate
P ₃₄	RI se găsește în situația corespunzătoare sfârșitului cordonului 10
Tr26	MPO rotește DL cu subansamblul montat cu 180°
P ₃₅	Subansamblul montat se găsește în situația corespunzătoare începerii cordonului 11 și 12



Sim	Conținut
bol	
Tr27	RI se deplasează în situarea corespunzătoare începerii sudării cordoanelor 11 și 12
P ₃₆	RI se găsește în situarea corespunzătoare începerii sudării cordoanelor 11 și 12
Tr28	RI sudează cordoanele 11 și 12
P ₃₇	Subansamblul montat are cordoanele 11 și 12 sudate, adică subansamblul este complet sudat
P ₃₈	RI se găsește în situarea corespunzătoare sfârșitului cordonului 12.
Tr29	MPO rotește DL cu subansamblul sudat cu 45° în poziția de extragere a subansamblului
P ₃₉	Subansamblul sudat este pregătit să fie extras din DL
Tr30	RI se deplasează în situarea aferentă curățirii automate a capului de sudare
P ₄₀	RI se găsește în situarea corespunzătoare curățirii automate a capului de sudare
Tr31	Subansamblul sudat este extras din DL din MPO
Tr32	RI efectuează curățirea automată a capului de sudare

.Fig. 6.48. Rețeaua Petri pentru SFF de sudare țepușe vagon platformă.

$$\underline{C}_{01} = \underline{M}_1 - \underline{M}_0 \quad (6.41.)$$

care modelează tranziția sistemului de sudare din starea avută la timpul t_{i-1} în stare primită la timpul t_i are tot dimensiunea 40×32 , liniilor corespunzând poziții iar coloanelor tranziții. Valorile elementelor sale diferă de "0" pentru pozițiile ale căror valoare se modifică în intervalul de timp $t_{i-1} - t_i$ și anume "-1" pentru pozițiile de "intrare" și "+1" pentru pozițiile de "ieșire" din tranziție.

Matricele de stare \underline{M}_0 și \underline{M}_1 precum și matricea de incidență \underline{C}_{01} corespunzătoare tranziției Tr_1 specifică în rețeaua Petri binară din fig.6.45. sunt redate în relația (6.42.)

$$\begin{array}{cccc}
 & 1 & 2 & \dots & 32 \\
 & 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\
 & 2 & 1 & 0 & \dots & 0 \\
 \underline{M_0} = & 3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 & 4 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 & 40 & 0 & 0 & \dots & 0
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{cccc}
 & 1 & 2 & \dots & 32 \\
 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 & 2 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 \underline{M_1} = & 3 & 1 & 0 & \dots & 0 \\
 & 4 & 1 & 0 & \dots & 0 \\
 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 & 40 & 0 & 0 & \dots & 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc}
 & 1 & 2 & \dots & 32 \\
 & 1 & -1 & 0 & \dots & 0 \\
 & 2 & -1 & 0 & \dots & 0 \\
 \underline{C_{01}} = & 3 & 1 & 0 & \dots & 0 \\
 & 4 & 1 & 0 & \dots & 0 \\
 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 & 40 & 0 & 0 & \dots & 0
 \end{array}
 \tag{6.42}$$

conform relației (10.76 din [KOV 99] se poate scrie suma matriceală:

$$\underline{M_1} = \underline{M_0} + \underline{C_{01}} \tag{6.43}$$

Introducând notațiile:

$$\begin{aligned}
 \underline{M_0} &= \|\underline{Tr_1 M_0} \dots \underline{Tr_2 M_0} \dots \underline{Tr_3 M_0} \dots \dots \dots \underline{Tr_{32} M_0}\| \\
 \underline{M_1} &= \|\underline{Tr_1 M_1} \dots \underline{Tr_2 M_1} \dots \underline{Tr_3 M_1} \dots \dots \dots \underline{Tr_{32} M_1}\| \\
 \underline{C_{01}} &= \|\underline{Tr_1 C_{01}} \dots \underline{Tr_2 C_{01}} \dots \underline{Tr_3 C_{01}} \dots \dots \dots \underline{Tr_{32} C_{01}}\|
 \end{aligned}
 \tag{6.44.}$$

unde

$\underline{Tr_i M_0}$, $\underline{Tr_i M_1}$, și $\underline{Tr_i C_{01}}$ ($i=1,2,3,\dots,32$) sunt matrici 32×1 ce corespund coloanelor alocate tranziției Tr_i în matricile $\underline{M_0}$, $\underline{M_1}$ și $\underline{C_{01}}$, în acest caz suma (6.43) devine:

$$\begin{aligned}
 &\|\underline{Tr_1 M_1} \dots \underline{Tr_2 M_1} \dots \underline{Tr_3 M_1} \dots \underline{Tr_4 M_1} \dots \dots \dots \underline{Tr_{31} M_1} \dots \underline{Tr_{32} M_1}\| = \\
 &= \|\underline{Tr_1 M_0} + \underline{Tr_1 C_{01}} \dots \underline{Tr_2 M_0} + \underline{Tr_2 C_{01}} \dots \underline{Tr_3 M_0} + \underline{Tr_3 C_{01}} \dots \dots \dots \underline{Tr_{32} M_0} + \underline{Tr_{32} C_{01}}\| \tag{6.45}
 \end{aligned}$$

Egalând linie cu linie matricile din cei doi membri ai relației (6.45), se obțin egalități matriciale simple pentru determinarea fiecărei coloane a matricii de stare

\underline{M}_1 în funcție de coloanele matricii de stare inițială \underline{M}_0 și ale matricii de incidență \underline{C}_{01}

Relațiile similare se deduc pentru toate celelalte matrici de stare \underline{M}_i ($i=1,2,3,..32$) în conformitate cu procesul de desfășurare al fluxului de obiecte de lucru. Aceste relații stau la baza programului de calcul pentru simularea funcționării sistemului.

Cap.7. CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI CONCLUZII FINALE

Asigurarea unor produse de calitate și totodată competitive pe piața mondială din punctul de vedere a prețurilor este imposibilă fără automatizarea, robotizarea proceselor tehnologice deci implementarea de celule flexibile de fabricație.

Lucrarea de față este rodul unei activități îndelungate de cercetare și de producție a autorului și aduce o serie de contribuții originale teoretice și practice în domeniul mecanizării, automatizării și robotizării proceselor de sudare în general și în cadrul întreprinderii ASTRA-VAGOANE Arad în mod particular.

Pe baza studiului bibliografiei, a experienței îndelungate în producție și a unor vizite de lucru de documentare în diferite fabrici de vagoane din Europa, respectiv la două întreprinderi mari producătoare de roboți industrial și sisteme flexibile robotizate în domeniul sudării (CLOOS,IGM). Autorul și-a propus soluționarea în cadrul tezei de doctorat a următoarelor probleme:

- stabilirea cerințelor de flexibilitate a proceselor de sudare în construcția de vehicule feroviare;
- stabilirea cerințelor de adaptivitate a proceselor de sudare în construcția de vehicule feroviare;
- elaborarea unor tehnologii de montare și sudare de grup;
- elaborarea unor tehnologii de pregătire a componentelor din punct de vedere dimensional și a calității suprafețelor;
- sinteza unor celule flexibile de fabricație pentru aplicarea tehnologiilor amintite mai sus;
- proiectarea elementelor componente specifice ale celulelor, periferiilor de robot;
- sinteza planurilor de amplasament și a celulelor de fabricație flexibilă;
- elaborarea strategiei de implementare a celulei flexibile de fabricație.

Teza de doctorat dă răspuns la întrebările ridicate de problemele enumerate mai sus. Soluțiile sunt atât de natură teoretică generalizate, cu privire la sudarea automată a componentelor de vehicule feroviare, cât și –mai ales– practice, legate de conceperea și punerea în funcție a unor sisteme de fabricație la S.C.ASTRA-VAGOANE S.A. Arad

Experiența câștigată a permis autorului și formularea unor concluzii cu privire la metodologia implementării unor sisteme de fabricație flexibilă robotizate.

Soluționarea problemelor din prezenta lucrare a fost pregătită de autor prin cercetări parțiale, valorificate prin publicarea unor articole în reviste de specialitate în țară (7) și străinătate (3) la diferite sesiuni de comunicări (11.) și brevetarea a

“Instalația automată universală cu două capete de sudare sub strat de flux“. Dosar OSIM nr.132817 din 30.12.1989. invenție.

Se formulează următoarele considerații finale și concluzii privind contribuțiile originale ale tezei de doctorat:

Principalele contribuții originale ale tezei se grupează în două categorii: contribuții teoretice și contribuții practice-experimentale

A. Contribuții teoretice.

A.1. Stabilirea principiilor tehnologiei de grup pentru asamblarea prin sudare.

A.2. Elaborarea a trei procese tehnologice de grup pentru fabricarea structurilor sudate din componența vehiculelor feroviare.

A.3. Elaborarea principiilor sintezei structurale, a sintezei ciclogramelor și a sintezei planurilor de amplasament (“layout“) pentru sistemul de fabricație pentru asamblare prin sudură.

A.4. Elaborarea unei metodologii de calcul a influenței construcției componentelor sistemelor de fabricație pentru asamblarea prin sudare asupra exactității subansamblelor produse.;

A.5. Elaborarea unei metodologii de corelare a exactității de situare a obiectelor de lucru realizate de componentele sistemului, deformația termică a obiectelor de lucru datorită arcului și caracteristicile senzorului de rost.

B. Contribuții în domeniul cercetării practice experimentale.

B.1. Conceperea și implementarea în fabricație a instalației de sudare automată sub strat de flux cu două capete de sudare (Brevet dosar OSIM nr.132812 din 30.12.1989.)

B1.1. Elaborarea proiectului de execuție conducerea execuției, punerea în funcție a instalației de sudare automată sub strat de flux cu două capete de sudare.

B.1.2. Elaborarea proiectului de execuție conducerea execuției și punerea în funcție a mesei de poziționare-orientare.

B.1.3. Elaborarea proiectului de execuție conducerea execuției și punerea în funcție a dispozitivului de lucru pentru logeronul de tip I și pentru longeronul central al vagonului de transportat minereu (fig.6.1.c.)

B.1.4. Elaborarea și omologarea procesului tehnologic de sudare pentru îmbinările celor două tipuri de longeroane.

B.2. Conceperea și implementarea în fabricație a celulei robotizate pentru sudarea subansamblelor mici în construcția de vehicule feroviare.

B.2.1. Elaborarea proiectului de execuție conducerea execuției și punerea în funcție a dispozitivului de lucru pentru balamale, suporti și componente de tampoane.

B.2.2. Elaborarea și omologarea procesului tehnologic de sudare pentru îmbinările balamalelor, suportilor și componente de tampoane.

B.3. Conceperea și implementarea în fabricație a celulei flexibile robotizate pentru sudarea subansamblelor mijlocii în construcția vehiculelor feroviare.

B.3.1. Elaborarea proiectului de execuție, conducerea execuției și punerea în funcție a modulului de translație lungă.

B.3.2. Elaborarea proiectului de execuție conducerea execuției și punerea în funcție a mesei de poziționare-orientare.

B.3.3. Elaborarea proiectului de execuție conducerea execuției și punerea în funcție a dispozitivelor de lucru pentru longeronul lateral, pentru traversa crapodinei boghiului Y25 și pentru țepușa vagonului platformă tip EVA.

B.3.4. Elaborarea și omologarea proceselor tehnologice de sudare a îmbinărilor pentru longeronul lateral, pentru traversa crapodinei boghiului Y25 și pentru țepușa vagonului platformă.

B.3.5. Elaborarea unei ordini de sudare a țepușei vagoanelor platformă care a redus deformațiile remanente la nivelul abaterilor prevăzute în desenele de execuție a produsului ,eliminându-se astfel operația de îndreptare.

B.4. Conceperea executarea și încercarea unui stand experimental pentru determinarea deplasării punctelor rostului în care se formează cusătura în timpul operației de sudare.

B.5. Conceperea executarea și încercarea unui stand experimental pentru determinarea influenței situării cu eroare a capului de sudare în raport cu rostul asupra calității sudurii executate.

Concluziile cu privire la metodologia de implementare a unor sisteme de fabricații flexibile robotizate, formulate de autorul tezei, se referă mai ales la cooperarea dintre furnizorul/furnizorii de echipamente și beneficiari (întreprinderea unde se instalează acestea). Aceste concluzii sunt prezentate sub forma unui "decalog"-zece reguli ale introducerii roboților în întreprinderi industriale.

1. Se va căuta un furnizor care are specialiști cu cunoștințe practice și în domeniul de activitate a beneficiarului.

Cel mai important moment al procesului de implementare este alegerea corectă a furnizorului de robot industrial.

Roboții industriali au programabilitate universală. În realitate însă nu există lucruri care pot fi utilizate universal ci în cât mai multe cazuri particulare.

Fiecare aplicație are particularitățile ei, iar aplicațiile particulare reclamă și soluții speciale.

Pentru ca o temă de robotizare să fie rezolvată cu succes este necesar ca pe lângă un robot industrial corect ales să existe și specialiști corespunzători cu cunoștințe tehnologice și experiență îndelungată în domeniu. Beneficiarul trebuie să se convingă dacă furnizorul de robot industrial are specialiști care pot să înțeleagă procesul de producție al beneficiarului și dacă acești specialiști au experiența cuvenită în robotizarea unor asemenea procese.

Se propune să se viziteze furnizorii potențiali, și să se verifice încărcarea lor cu comenzi cu această ocazie beneficiarul va face cunoștință cu viitorii colaboratori.

Se vor analiza rezultatele firmei (output). Numărul angajaților la firma este un element de intrare (input) și nu are caracter de rezultat. În concluzie, beneficiarul

trebuie să se convingă dacă firma potențial furnizoare este în stare să rezolve problema.

Un furnizor corespunzător reduce cheltuielile de reciclare a specialiștilor beneficiarului.

2. Nu este necesar să se acorde prea mare importanță mărimii prețului echipamentelor achiziționate și costului transportului acestora de la furnizor la beneficiar.

Realizând investiție de automatizare beneficiarul cumpără o linie de fabricație care va produce produse mai ieftine, respectiv va asigura produselor o calitate superioară față de cea existentă înainte de automatizare. Printr-o astfel de investiție va crește foarte mult competitivitatea produselor beneficiarului.

3. Se pune întrebarea: cine va exploata și susține productiv sistemul de fabricație robotizat? Răspunsul este: specialiștii întreprinderii beneficiare.

Specialiștii operatori, programatori, de întreținere, respectiv inginerii unei întreprinderi beneficiară a unei aplicații robotizate știu mult mai mult despre această întreprindere (despre procesele de producție) decât cei ai furnizorului, de aceea un sistem robotizat trebuie proiectat și realizat cu aportul lor. Parcurgerea acestor etape fără ei este o greșeală enormă.

4. În robotizare este greșită contrapunerea importanței soluțiilor teoretice cu cea a celor practice. Este neapărat necesară participarea ambelor pentru realizarea și succesul automatizării.

Soluția optimă trebuie să fie rezultatul utilizării medii ponderate între cunoștințele teoretice și cele practice. Este nevoie de soluții penetrante de procese tehnologice care să fie în stare să rezolve problemele puse.

Un furnizor de celule flexibile de fabricație poate obține cunoștințe teoretice și practice necesare pentru a da soluții optime numai prin câștigarea unei experiențe în urma realizării a foarte multe implementări de roboți industrial, în cele mai diverse procese de fabricație.

5. Nimic nu costă mai mult beneficiarului decât timpul de staționare, a echipamentelor. Din acest punct de vedere trebuie pretins furnizorului să garanteze siguranța în funcționare a întregului sistem.

La început timpul de funcționare a unui sistem robotizat nu a depășit 60% din timpul calendaristic disponibil ce astăzi această pondere ajunge la 99,9% (care este garantat). Beneficiarul trebuie să se convingă dacă furnizorul garantează buna funcționare în timp a întregului sistem. Din nou se poate trage concluzia că beneficiarul are nevoie de un furnizor partener corect.

6. Toate întreprinderile furnizoare de sisteme robotizate afirmă că asigură un service pe o perioadă de timp după vânzarea produselor. Beneficiarul trebuie să se convingă că acest lucru este adevărat?

Un furnizor serios poate defini foarte bine ce fel de servicii va asigura după livrarea produsului. Acestea trebuie bine formulate și în contract, împreună cu stabilirea perioadei de prestare a acestor servicii.

7. Sistemul robotizat implementat va fi exploatat un interval de timp foarte lung. Trebuie să vă convingeți dacă furnizorul are putere de supraviețuire îndelungată!

Pe eșichierul pieței există multe întreprinderi producătoare de roboți industriali atât mici cât și de dimensiuni “mamut”. Multe întreprinderi au dat faliment din cauza lipsei de fonduri bănești, altele au avut fonduri dar a lipsit atașamentul față de industrie. Unele întreprinderi nu au dorit să facă investiții pentru viitor au cunoscut o perioadă de stagnare și ca urmare automat au ieșit din competiție.

8. Nu este recomandată cumpărarea de roboți industriali sau sisteme flexibile robotizate de la firme care livrează primul robot sau primul sistem.

Întreprinderile producătoare de bunuri materiale au nevoie de tehnologii noi, de linii de fabricație productive cu sisteme robotizate care să producă produse cât mai ieftine și de o calitate cât mai ridicată. Nu este timp de experimentări fiindcă se pierde piața potențială.

9. Nu se recomandă efectuarea experimentărilor asupra instalației în secțiile de fabricație paralel cu alte linii de fabricație care produc!

Orice nepotrivire în funcționare respectiv experiment de îmbunătățire conduce la reducerea eficienței aplicației respectiv la neîncrederea în nou a operatorilor umani care vor exploata sistemul.

Este foarte important ca în colective la care lucrează la implementarea sistemului să fie incluși specialiști care sunt convinși de reușita aplicației și care lucrează cu pasiune pentru acest scop.

10. Trebuie căutată o întreprindere furnizoare de sisteme flexibile de fabricație care dorește sincer să fie un partner adevărat, la propriu și la figurat. La fel este necesar ca la firma beneficiară de sistem să existe un nucleu care dorește în mod sincer implementarea sistemului flexibil de fabricație în întreprindere și nu dorește acest lucru doar pentru motivul că este la modă introducerea sistemelor robotizate în diferite procese de fabricație.

BIBLIOGRAFIE

1. [ARG 87] Arghiriade,I.
Utilizarea calculatoarelor în domeniul sudării și al proceselor conexe.
SID.1987.
2. [BER 92] Berger,I.; Bergling,G.;Oskarsson,J.;
Flexibile Fertigungssysteme im mannarmen Betrieb wie in der Mannlosen
Fertigung. Roboter 1992
3. [BLE 95] Blebea,I ; Ispas,V.
Calculul și construcția Roboților Industriali. Cluj 1995.
4. [BOG 94] Bogdanov,I.
Problema conducerii unui robot industrial. Simpozionul Național de roboți
industriali Ed.XII 1994
5. [BRE 84] Brenner,A.; Rakoncza,L.
Hegesztökészülékek. Műszaki könyvkiado. Budapest 1984
6. [BUS 92] Buschhaus,K.; Obernburg, I.
Schweißroboter in mittelständischen Betrieben. Roboter 1992
7. [CĂL 88] Călin,S.; Popescu,Ș.
Conducere adaptivă și flexibilă a proceselor industriale. Ed.Tehnică
București 1988.
8. [COJ 85] Cojocaru,G.; Kovacs,F.
Roboți în acțiune.Sisteme flexibile de fabricație serie. Ed. Facla Timișoara
1985
9. [COJ 86] Cojocaru,G.; Kovacs,F.
Roboți în acțiune. Problema ale sintezei sistemelor de fabricație flexibilă.
Ed.Facla Timișoara 1986
10. [CRA 86] Craig,J.
Introduction to Robotics, Mechanics and Control, Stanford University, SUA
1986
11. [CRA 85] Craig,J
Introduction to Robotics Mechanics&Control. ; Addison-Wesley Publishing
Company 1985
12. [CRI 88] Crișan,I. ; Drăgănoiu,Gh. ; Predoi, A.
Sisteme flexibile de montaj cu roboți și manipolatoare. Ed.Tehnică București
1988.
13. [DAN 79] Dancea,I.
Microprocesoare.Arhitectura internă, programare, aplicații: Ed.Dacia. Cluj
1979.
14. [DEH 97] Dehelean, D.
Sudarea prin topire. Ed.Sudura. Timișoara. 1997.
15. [DIL 91¹] Dilthey,U.;
Schweißtechnische Fertigungsverfahren I.Aachen 1991
16. [DIL 91] Dilthey,V.;Stein,L.
Industrial Robot Systems for Electric Arc Welding. Doc. IIW-XII-1254-1991
17. [DIL 91] Dilthey,U. ; Kahrstedt, U.; Oster,M.
Utilizarea roboților industriali la sudarea în mediu de gaz protector. Sudura
nr.3. 1991. Timișoara.

18. [DIL 92'] Dilthey,U.;Borowka,W.
Prozeßorientirte Schweißkopfführung mit Künstlichen neuronalen Netzen-die erste lernfähige Lichtbogensensorik. Roboter 1992
19. [DIL 92] Dilthey,U.; Stein,L.;Georges;D.
Erweiterung eines Off-Line-Programiersystems und ein Modul zur Schweißparameter Einsteuerung. Roboter 1992
20. [DIL 95] Dilthey,U.;Stein,L.; Oster,M.
Aplicații multiple ale senzorului cu arc electric la sudare automată cu arc electric. . Conferința jubiliară 25 de la înființarea ISIM Timișoara 1995.
21. [DOL 66] Dolezalek,C.; Ropohl
Die Flexible Fertigungslinie und ihre Bedeutung für die automatizirung der Serienfertigung. VDI-Z 108.1966
22. [DOL 69] Dolezalek,C.M.; Ropohl,G.
Maschinenbau, Baden-Württemberg 16. 1969.
23. [DOL 73] Dolezalek,C.; Baur,K.
Planung von Fabrikanlagen. Springer-Verlag ,Berlin 1973.
24. [DOL 93] Dolga,V.
Construcția traductoarelor și senzorilor.Universitatea Teehnică Timișoara. 1993
25. [DRĂ 97] Drăgulescu,D.
Dinamica roboților. EDP. București 1997
26. [DRĂ 81] Drăgănescu,B.
A doua revoluție industrială. Automatica-Informatica-Electronica E:T 1981
27. [DRA 89] Dragomir,T.;Preitl,Ș.; Trică,A
Regulatoare automate. Ed. I.P.Traian Vuia Timișoara 1989
28. [DRE 92] Drews,P.; Starke,G.
Sensorik für das Schutzgasschweißen mit Robotern-Aktueller Stand der Technik und Ausblick. Roboter 1992
29. [DRE 96] Dreucean, M.; Joanovici,F.
Mașini de lucru în procese robotizate. Lito Politahnica Timișoara 1996.
30. [EIC 85] Eichhorn,F.
Aspects de la mecanisation de l'-automatisation et de l'utilisation de robots en sudage. In Sudage et techniques connexes. P.236-261. 1985.
31. [ENG 81] Engelberger,J.
Les robots industriels Applications, Gestion,Practique, Hermes Publ. Paris 1981.
32. [FAR 94] Farkas,A.
Szenzoralkalmazás a gépesített ivhegesztésnél Hegesztéstechnika 2.sz.1994 Budapest
33. [FET 96] Fetche,V.; Magda,N.; Breaz,R.
Cercetări privind implementarea roboților industriali în celule flexibile de tratament termic. Simpozionul Național de roboți industriali Ed.XIII 1996
34. [FUC 88] Fuchs,H.; Hager,M.
Flexible Automation. Wien 1988.
35. [FUK 91] Fokuoka,H.;
Application of Touch Sensor to Arc Welding Robot. Sensor and Control System in Arc Welding. Welding Guide Book II. 1991. P.II. 129-133.

36. [GHE 86] Gheorghiu,N. ;Perju,N.; Mădăras,L.; Duțescu,A.; Kaposta,I.
Unele aspecte ale structurii robotului industrial “Meseser –Griesheim”
specializat pentru sudarea în puncte..Simpozion Național de Roboți
Industriali. Brașov 11-13 dec.1986
37. [GRI 99] Grigorescu,S.
Analiza sarcinii de fabricație a unui sistem flexibil utilizând metoda
tehnologiei de grup. Al 15-lea Simpozion național cu participarea
internațională ROBOTICA 2000
38. [GUT 57] Gutenberg,E.
Betriebswirtschaftslehre als Wissenschaft. Zetschr. F. Betriebswirtschaft 27.
1957.
39. [GUT 63] Gutenberg,E.
Grundlagender Betriebswirtschaftslehre. Die Produktion. 8/9
Berlin/Göttingen/heidelberg. 1963
40. [HAN 63] Hansen, F.
Konstruktionssystematik. Berlin 1965.
41. [HÖH 67] Höhne,G.
Die Funktion tehnischer Gebilde. Feingerätetechnik 16. 1967.
42. [HON 92] Honig,G.
Roboter und Positionervorrichtungen Anlagenkonzeption und optimale
Abstimmung. Roboter 1992
43. [HOR 95] Horváth,M.; Márkus,S
Gépgyártástechnologia. Műegyetemi Kiado. Budapest 1995.
44. [ION 85] Ioniță,N.
Elemente de mecanica automatelor și dinamica automatizării proceselor
industriale. Ed. Tehnică București 1985.
45. [JAJ 85] Jajcay,A.
Einsatz von Schweissrobotern in der CSSR in “Schweisstechnik“ DDR.nr.7
1985
46. [JON 89] Joni,N.; Șerban,A.;Matei,D.
Roboți pentru sudare. SID.99, 1989
47. [KES 55] Kesselring, F.
Technische Kompositionslehre Konstruktionsmethode. VDI-Z 97 1955.
48. [KIL 99] Killing,I.
Handbuch der Schweißverfahren. Düsseldorf. 1999.
49. [KOM93] Komocsin,M.
Az Esseni Nemzetközi Kiállítás a robotika szemszögéből. Hegesztéstechnika
4.sz.1993. Budapest.
50. [KOV 82] Kovacs,F.; Cojocaru,G.
Manipulatoare, roboți și aplicațiile lor industriale. Ed.Facla Timișoara. 1982
51. [KOV 88] Kovács,F.
Unele probleme ale strategiei de implementare a sistemelor de fabricație
flexibilă robotizate. Lucrările celui de al 8-lea Simpozion Național de Roboți
Industriali vol I Cluj-Napoca 1988
52. [KOV 91] Kovács,F.
Robotica și fabrica viitorului. Lucrările MERO 91 vol III pp 621-641.
București 1991

53. [KOV 92] Kovacs,F.
Roboți industriali. Ed, UTT. 1992. Timișoara.
54. [KOV 94¹] Kovács,F.
Global Syntesis and Detail Syntesis of FMS/FAS, Proceedings of the Second Anglo-Ungarian Conference on Mecatronics vol I Budapesta 1994.
55. [KOV 94] Kovács,F.
Tendințe noi în dezvoltarea producției și posibilitățile de aplicare în România. Lucrările celui de al 12-lea Simpozion Național de Roboți Industriali vol I Timișoara 1994.
56. [KOV 94] Kovacs,F.; Grigorescu,S.; Rădulescu,C.
Sisteme de fabricație flexibilă robotizate. Vol.I-II Ed.UTT 1994. Timișoara
57. [KOV 95] Kovács,F.
On Social Impact of Robotics in Romania. Proceodings of the First International Conference on Advanced Robotics and Inteligent Automation, Athens 1995.
58. [KOV 99] Kovacs,F.; Tusz,F.; Varga,Șt.
Fabrica viitorului. Introducere în producția. Ed. Multimedia Internațional Arad. 1999
59. [LAN 65] Lange,O.
Wholes and parts. A. General Theory of sistem Behavior. Oxford/London 1965.
60. [LAN 91] Lantos, B.
Robotok iranyítása.; Akademia Kiado Budapest 1991
61. [LUC 85] Lucas,W.
Computers in Arc Welding-the Next Industrial Revolution. Metal Construction 1985.
62. [LUD 94] Ludvig,L.
Automatikus hosszvarat hegesztés alkalmazása a vasuti kocsik alvázgyártásában. Hegesztéstchnika. 4.sz.1994. Budapest.
63. [LÜT 90] Lüttmann,U.
Welterentwicklung von Lichtbogensensorssystemen zur Verringerung des Programmier auf wandes. Aachen 1990.
64. [MAN96] Maniu,I.;Dolga,V.
Acționarea roboților industriali și a manipuloarelor. Ed. Mirton Timișoara 1996
65. [MAS 65] Massberg,W.
Der einfluß der Vielgestaltigkeit eines Werkstückes auf den Wirtschaftlichen Einsatz numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen und maschineller Programmierverfahren. Diss. T.H. Aachen 1965.
66. [MAT 84] Mattes,K.; Schuricht,K.
Sensoren für das automatische MAG Schweißen. ZIS Mitteilungen 26 nr.11. 1984
67. [MIC 84] Micloși,V;Andreescu,F.;Lupu,V.
Echipamente pentru sudare. Ed. Didactică. București. 1984
68. [MID 80] Middle,J.E.; Stockn,J.
An Application of Robotic Arc Weelding. Conf. Internațional Developments in Mechanised Automated and Robotic Welding. Londres. Nov.1980

69. [MIK 92¹] Miklos,L.; Tarangul,I.; Tusz,F.
Întroducerea roboților industriali în construcția de vagoane. Sesiune de comunicări științifice a universității "AUREL VLAICU" Arad 7-8 mai 1992
70. [MIK 92] Miklos,L.; Tarangul,I.; Tusz,F.
Automatizarea flexibilă a procedurii SAF în construcția de vagoane. Sesiune de comunicări științifice a universității "AUREL VLAICU" Arad 7-8 mai 1992
71. [MIK 93] Miklos,L.; Tarangul,I.; Tusz,F.
Aspecte ale robotizării proceselor de sudare în construcția de vagoane. Lucrările celui de al XI simpozion Roboți industriali vol 3/1993
72. [MIK 93] Miklos,L. ; Tarangul, I. ; Tusz, F.
Flexibilitatea fabricației la ASTRA-VAGOANE prin automatizare și robotizare. Sudura nr.2. 1993. Timișoara
73. [MIK 93] Miklos,l.; Tarangul, I.; Tusz, F.
Cercetarea regimurilor optime de sudare MAG la o celulă robotizată dotată cu instalație de urmărire automată a rostului. Sudură nr.4. 1993. Timișoara.
74. [MIK 94] Miklos,L. Tusz, G. Tusz, F.
Gépesített és robotizált munkahelyek kialakítása. Hegesztéstechnika 2.sz. 1994. Budapest.
75. [MIT 62] Mitrofanov,S.P
Tehnologia de grup în construcția de mașini. Editura Tehnică Bucurșeti 1962.
76. [NAK 91] Nakajima,J.; Araya,T.; Sarugaku, S.; Iguchi,K.; Takabuchi,Y.
Touch sensor and arc sensor for arc welding robots. Sensor and Control System in Arc Welding. Welding Guide Book II. 1991. P.II. 74-79
77. [NEU 92] Neuland,G.
Flexibles Fertigungssystem zum Schweißen von großvolumigen Bauteilen. Roboter 1992
78. [NOM 85] Nomura,H.
Sensors and Sensor Systems for Arc Welding, Jurnal of Welding Technique vol 33 nr.6. 1985
79. [OKU 91] Okumura,S.;Nishikawa,S.
Visual Arc Sensor. Sensor and Control System in Arc Welding. Welding Guide Book II. 1991. P.II. 3134.
80. [OST 88] Ostapciuk,V.; Kaganovici, G.
Mijloace de orientare a roboților industriali. SID.1988.
81. [PAL 86] Palotás, B.
A számítógépek alkalmazásának lehetősége a hegesztés gyártástervezésében. Gép. Hegesztés nr.4.p.151-156. 1986
82. [PAS 91] Pascu,A.
Actualitatea în domeniul roboților industriali SID.1991.
83. [PEP 93] Peptea,L.; Dafinoiu,A
Tehnologie de sudare robotizată la subsamblele carcasă cabină de autocamion. Sudura nr.2. 1993
84. [PHI 88] Philip,C
Robotique de Soudage. Ed. TEKNEA Paris 1988

85. [POP 65] Popovici,V.; Sălăgean,T.
Automatizarea proceselor tehnologice ale sudării. Ed.Didactică și pedagogică. București. 1965.
86. [POP 97] Popa,L.; Bădescu,A.
Flexibilitatea și competitivitatea. Robotica&Management. Vol.2. nr.2. 1997. Reșița.
87. [RAN 85] Ranky,P.; Ho,C.
Robot Modelling. Control and Applications with Software. IFS Ltd; UK Springer-Verlag Berlin, New York 1985
88. [RIP 92] Rippl,P.; Obermeier,H.
Schutzgasschweißen mit Roboter. Roboter 1992
89. [ROP 68] Ropohl,G.,Schreiber,F.
Grenzen der Flexibilität von Aufbaumaschinen aus genormten Baueinheiten. Werkstattstechnik 58. 1968.
90. [ROP 69] Ropohl,G
Sisteme flexibile de fabricație Stuttgart 1969
91. [ROP 71] Ropohl, G.
Flexible Fertigungssystemen. Krausskopf-Verlag Mainz. 1971
92. [RUS 90] Rusu,C.;Brudaru,O.
Proiectarea liniilor de fabricație flexibile. E.T. București 1990.
93. [SAD 91] Sadamoto,K.
Roboți în Japonia. Ed.Tehnică București 1984.
94. [SAN 92] Santos,O.; Quintino,L.
Automatização e robotização em soldadura. ISQ Instituto de Soldadura e Qualidade 1992. Lisboa
95. [SAN 95] Santos,O.
Automatizarea și robotizarea producției de serie mică. Conferința jubiliară 25 de la înființarea ISIM Timișoara 1995.
96. [SAV 77] Savi,G.; Cojocaru,G.
Flexibilitatea în fabricația de mașini. Ed. Facla Timișoara 1977.
97. [SCH 91] Schmidt,M.;Joni,N.
Mecanizarea și automatizarea sudării în mediu protector. Sudura nr.3. 1991
98. [SCH 92] Schmidt,M.; Schnell,G. Heiger,D.
Wirtschaftliche Verkettung zwischen konventioneller und Roboterschweißung. Roboter 1992
99. [SCH 94] Schmidt,M.; Schnell, G.; Joni,N.; Paul,C.
Programarea off-line cu aplicații practice. Sudura nr.2.1994. Timișoara.
100. [SHI 69] Shinsky;F
Practica sistemelor de reglare automată. București Ed. Tehnică 1969
101. [SIM 99] Sima,G. ;Tusz,F
Sudare prin presiune.Universitatea "Aurel Vlaicu" Arad 1999 (Curs)
102. [SIN 91] Singh,S.
Trajectory Planing for Robot Control: A Control Systems Perspectives;, ControlDynamic Systems pag.105-146. 1991
103. [SOM 88] Somlo,J.
SCARA tipusu robotok alkalmazatechnikaja BME Budapest 1988

104. [SOM 97] Somlo,J.; Lantos,B.; Cat,T.
Advanced Robot Control: Akademia Kiado Budapest 1997
105. [SOM 99] Som,F.
Feldbusfähige Robotersteuerungen realisieren komplexe Schweißaufgaben mit effizienter Prozeßüberwachung. Schweissen&Schneiden nr.11. 1999.
106. [STĂ 82] Stănescu,A.
Tendințe de dezvoltare pe plan mondial în robotică industrială. Al 2-lea Simpozion Național de Roboți Industriali I.P.București 1982.
107. [STE 94] Stenke,V.
A teljesen gépesített aktiv védőgázos fogyoelektrodás ivhegesztéhez szükséges hegesztő- és kiegészítő berendezések tervezésének szempontjai. Hegesztéstechnika 1.sz. 1994.Budapest.
108. [TAS 92] Tasseva,S.
Das europäische Konzept zur Ausbildung von Ausbildern für das Schweißen mit Roboter. Roboter 1992
109. [TÁT 92] Tátrai,Á.
Nagyméretű munkadarabok hegesztésére alkalmas robotrendszerek. Hegesztéstechnika 2.sz.1992 Budapest.
110. [TAU 54] Tauber,A.
Hegesztőkészülékek és gépek. Nehézipari könyv- és folyóiratkiado vállalat Budapest 1954.
111. [TAV 88] Tavalage,J.
Flexible Manufacturing Systems in Practice, Adisson-Wesley Publ, Reading 1988.
112. [TIP 95] Tiponuț,V.; Trofin,I. Zolog,I.; Botoș,T
Echipament pentru dezvoltarea de noi tehnici de procese a semnalelor. Conferința jubiliară 25 de la înființarea ISIM Timișoara 1995.
113. [TOA 85] Toacșe,G.
Introducere în microprocesoare. Ed. Științifică și Enciclopedică. București. 1985.
114. [TRI 94] Trif,I.; Joni,N.
Robotizarea proceselor de sudare. Ed.Ex Libris. Brașov 1994
115. [TRI 96] Trif,N. ;Machedon, T.
Probleme specifice robotizării sudării sub strat de flux. Sudura nr.3. 1996. Timișoara.
116. [TUS 89] Tusz,F.;Kormanyos,C.; Benczik,E. Dihelu,D.
Instalația automată universală cu 2 capete de sudare sub strat de flux. Brevet invenție 100321 Dosar OSIM nr.132812 din 30.12.1989
117. [TUS 89] Tusz,F.; Kormanyos,C.; Munteanu,V.; Biriș,V.
Realizările și perspectivele în domeniul mecanizării și robotizării operațiilor de sudare, în construcția de vagoane. Lucrările celei de a VII-a conferință de sudură și încercări de materiale 1989 Timișoara
118. [TUS 92] Tusz, F.
Considerente tehnologice la sudarea robotizată MAG și SAF în construcția de vagoane Robotica/Management nr.3/1992 Timișoara
119. [TUS 94] Tusz,F; Sima,G.;Tusz,G.
Utilizarea senzorilor la sudarea automatizată MIG-MAG ediția XII Simpozion național de Roboți Industriali 16-19 11.1994

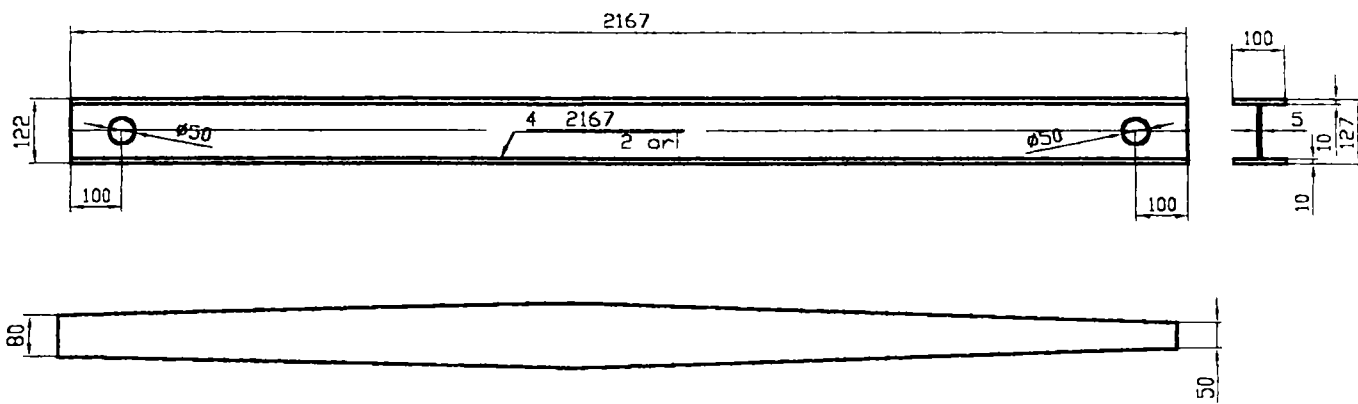
120. [TUS 94] Tusz,F.
Application of Industrial Robots in the Wagon Factory of Arad. Workshop on Robotics, Budapest 19-20 sept.1994
121. [TUS 95] Tusz,F.
Stadiul actual al cercetării sistemelor de fabricație flexibilă robotizată pentru procese de sudare. Referatul nr.1. 1995. Timișoara.
122. [TUS 96] Tusz,F.;Sima,G.; Tusz,G.
Celule flexibile robotizate în construcția de vagoane pentru operații de sudare. Simpozion Național de robotică Ediția XIII.Reșița 10-12 oct.1996
123. [TUS 96] Tusz,F.
Utilajul și tehnologia sudurii. Universitatea "Aurel Vlaicu" Arad 1996 (curs)
124. [TUS 97] Tusz,F.Miklos,L.; Durgheu N.
Reducerea deformațiilor remanente din stâlpii vagoanelor platformă. Conferința jubileară 60 de ani de cooperare științifice în domeniul sudurii ASR Romania Internațional Timișoara 19-21. 11.1997
125. [TUS 97] Tusz,F.
A munkadarab deformációja a hegesztés során. Hegesztéstechnika 1.szam 1997. Budapest
126. [TUS 97] Tusz.F.
Cele zece porunci ale introducerii roboților industriali în întreprinderi industriale. Robotica&Management vol.2. nr.1. 1997. Reșița.
127. [VĂC 92] Văcărescu,V. Kovacs, F.
O nouă metodă de determinare a matricii erorii de situare la RI, Al Xi-lea Simpozion național MTM-RI 1992 vol.3, luc. 23,24
128. [VĂC 98] Văcărescu,V.; Văcărescu,I.
Roboți industriali. Performanțe și testare. Ed. Mitron. Timișoara 1998.
129. [VAR 96] Varga,Ș.;Varga,G.
Flexibilizarea unei mașini automate de sudat țevi. Al 13-lea Simpozion Național de Roboți Industriali Reșița 1996
130. [VOK 91] Vokura,F.
Sudarea componentelor mari cu arc electric pe sisteme robotizate. Sudura nr.3. 1991. Timișoara.
131. [WAG90] Wagner,R.
Optische Sensorsysteme für den Einsatz mit Handhabungssystemen unter besonderer Berücksichtigung des Lichtbogenschweissens. Technisch-wissenschaftlicher Bericht,Prozesssteuerung in der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Nr.16 1990.
132. [WAR 84] Warnecke,H.J
Computer –Aided Welding Operations-Comparison of Current and Future Potential. Schweissen und Schneiden 1984. Nr.9.
133. [WAR 90] Warnecke,H.J.; Schraft,R.D.
Industrierober-Handbuch für Industrie und Wissenschaft, Springer Verlag, Berlin 1992
134. [WAR 94] Warnecke,H.; Becker,B.
Strategien für die Produktion, Raabe Stuttgart 1994.
135. [ZAD 80] Zadeh,I.; Polak,H
Teoria sistemelor. Ed. Tehnică București. 1980

Grupa traverselor lonjeroanelor ale caror lungime nu depaseste 3000mm

Anexa 1

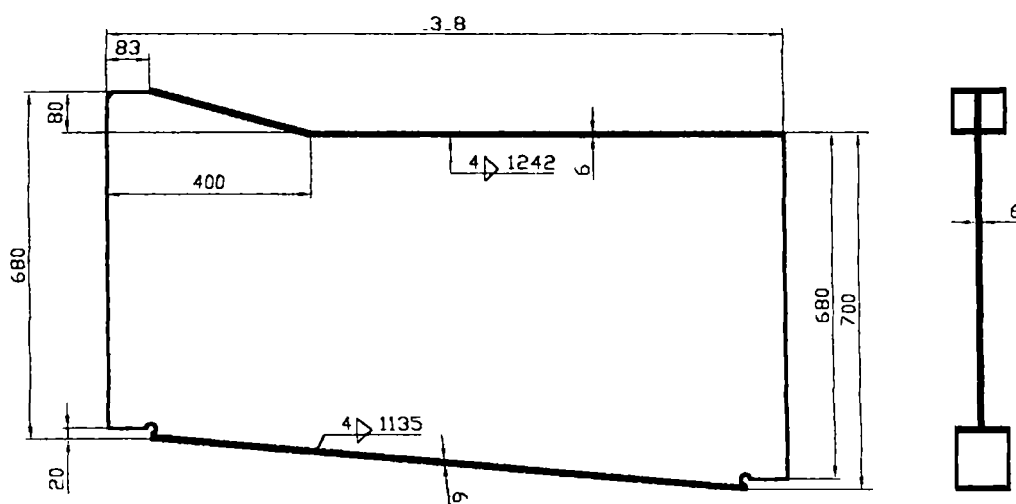
TRAVERSA

MB RCB52.3 38 buc/vag



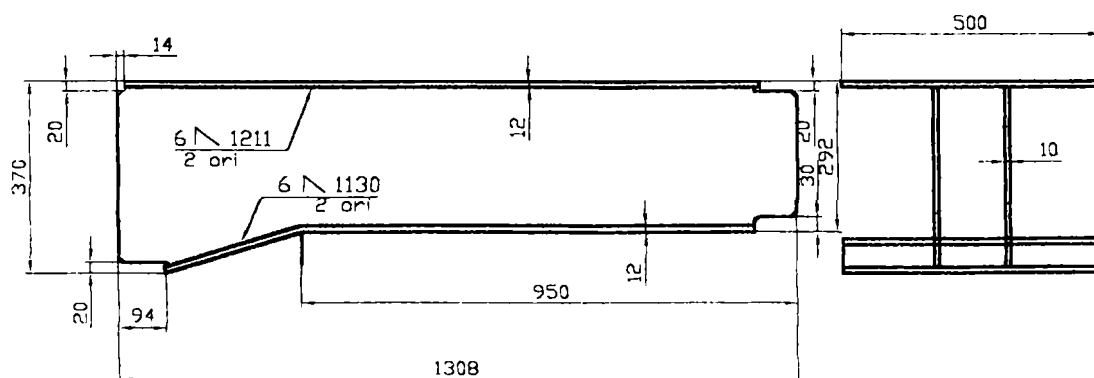
TRAVERSA

MB RCB52.3 8 buc/vag



TRAVERSA CRAPODINEI

MB RCB52.3 4 buc/vag

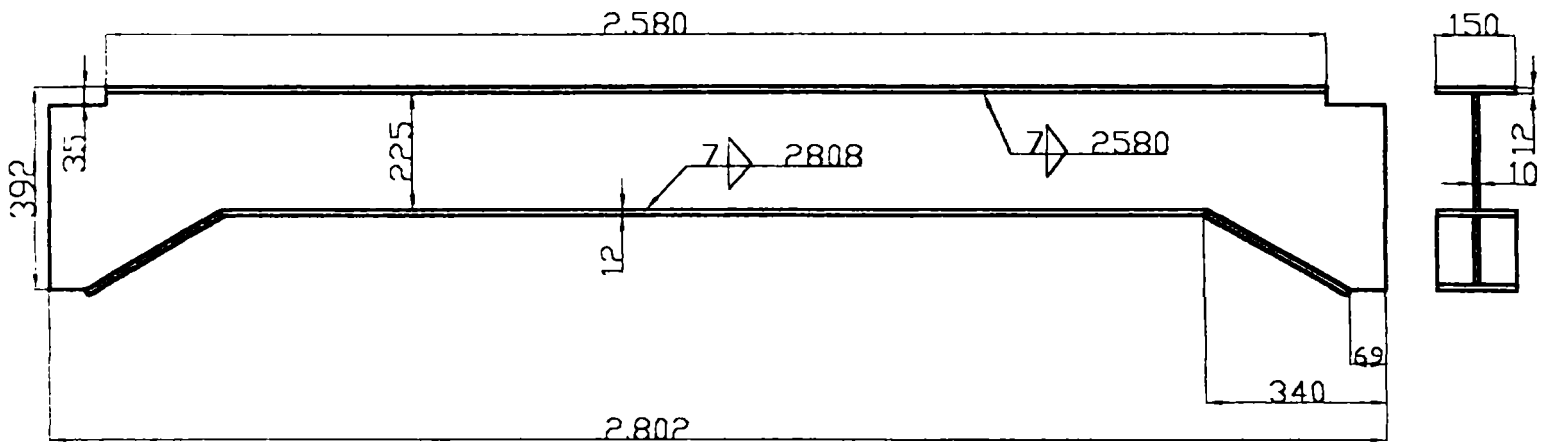


A 1-2

TRAVERSA

MB RCB52.3

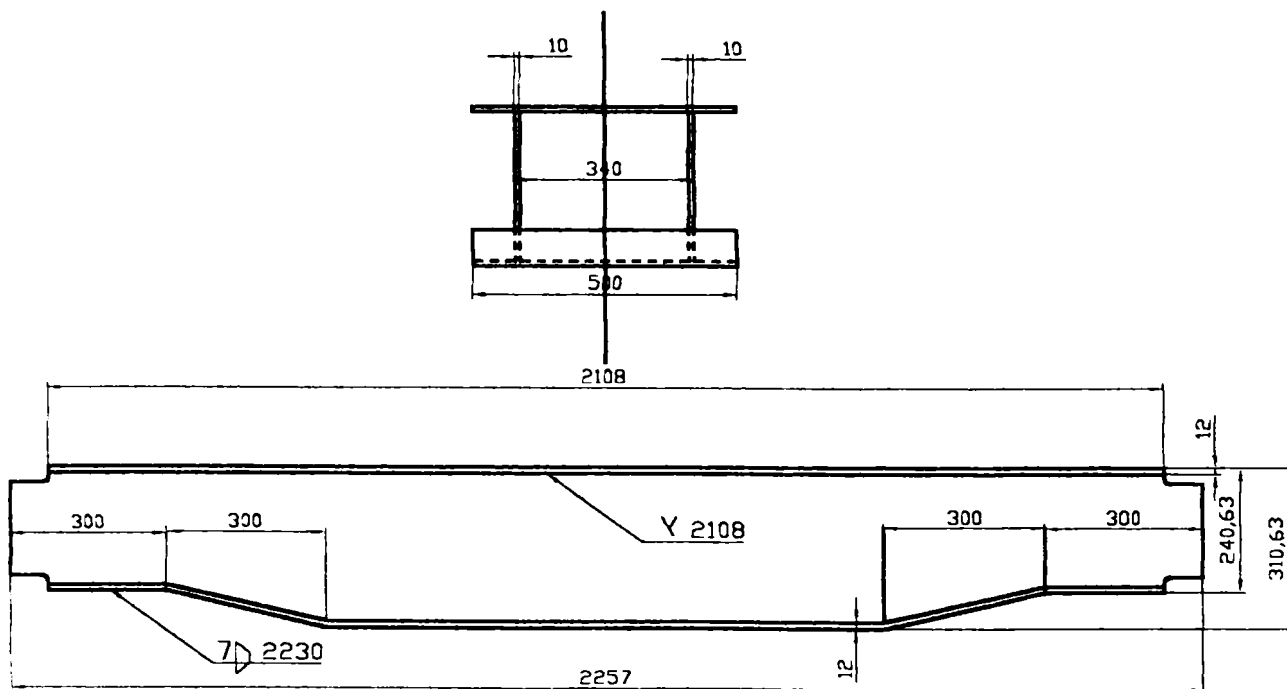
6 buc/vag



TRAVERSA CRAPODINEI

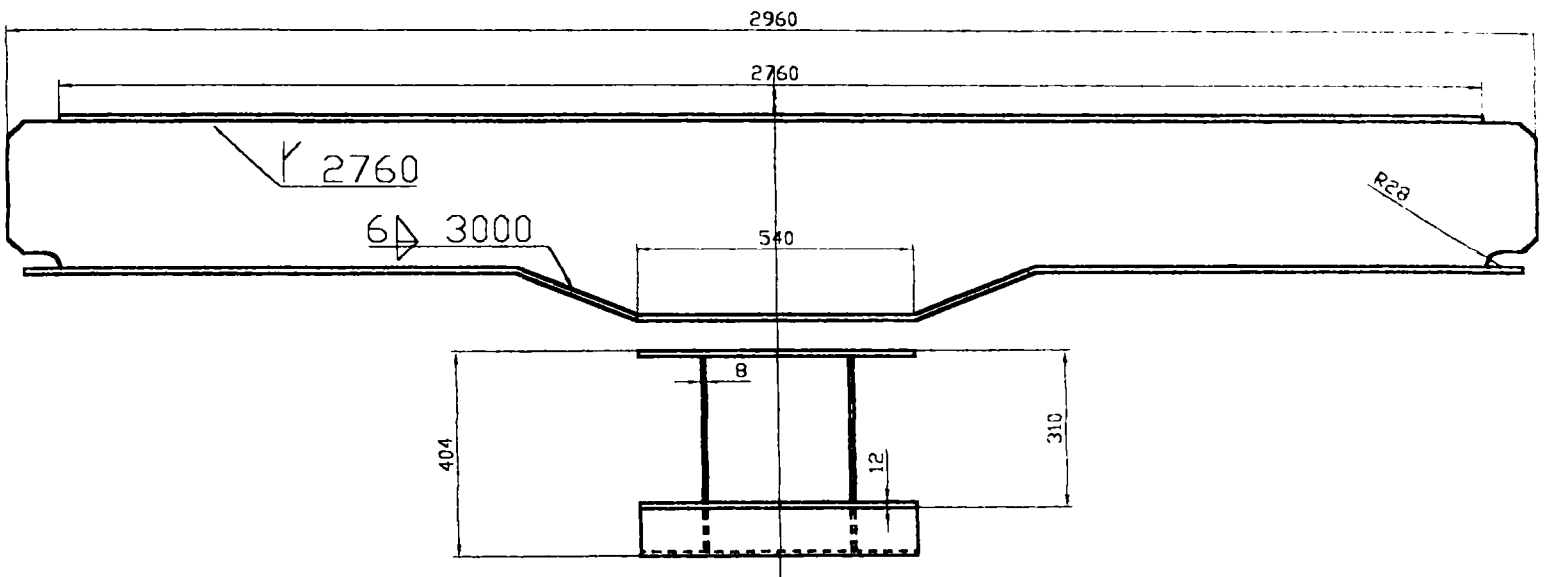
MB OL 52.3KF

8 buc/vag

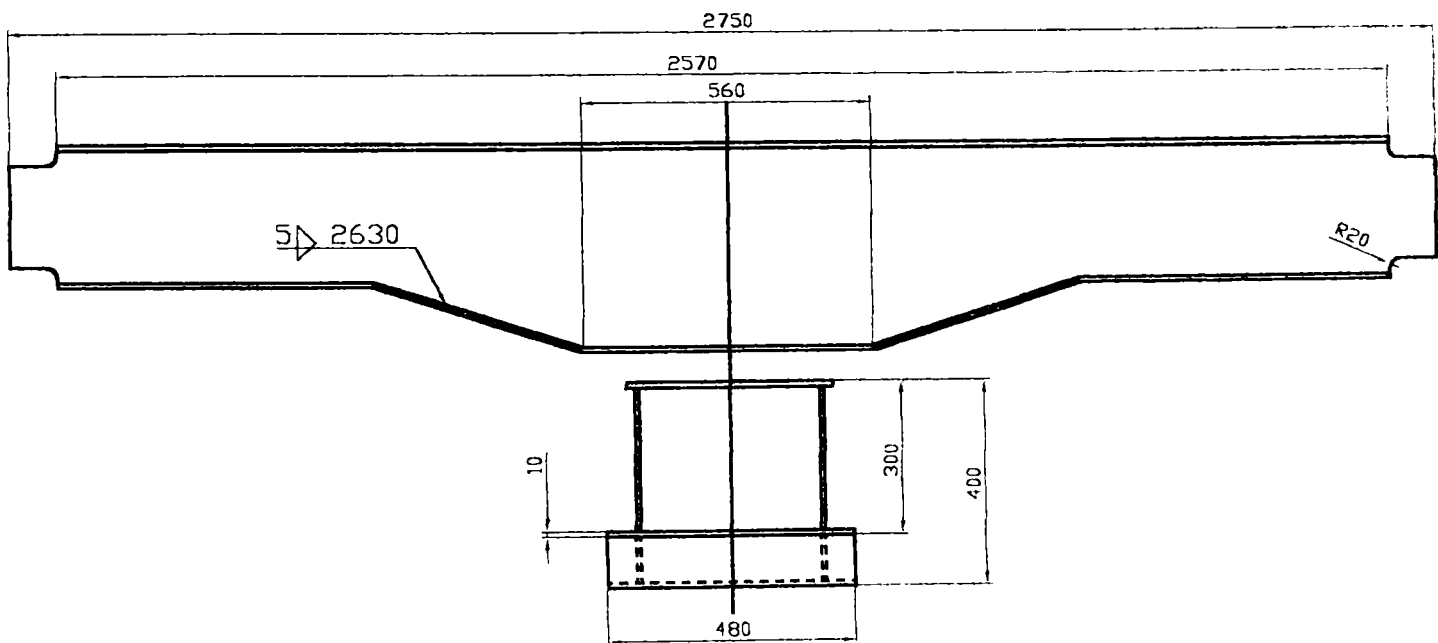


A 1-3

TRAVERSA CRAPODINEI MB OL52.3K 2 buc/vag



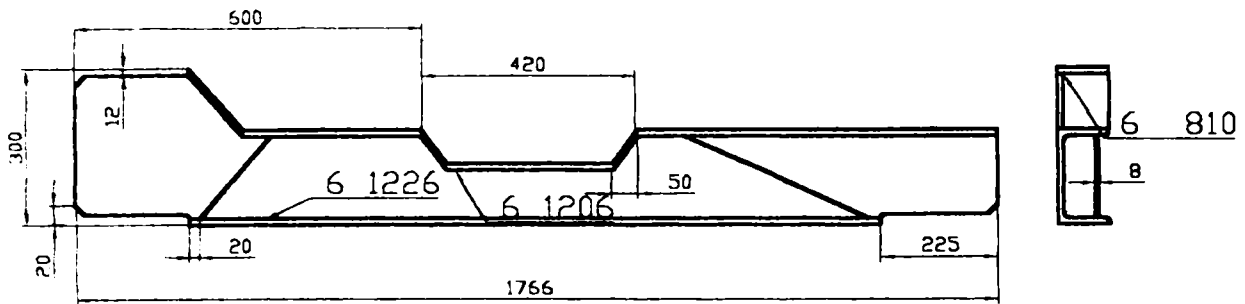
TRAVERSA CRAPODINEI MB OL 52.4K 2 buc/vag



DIAGONALA

MB OL52.3K

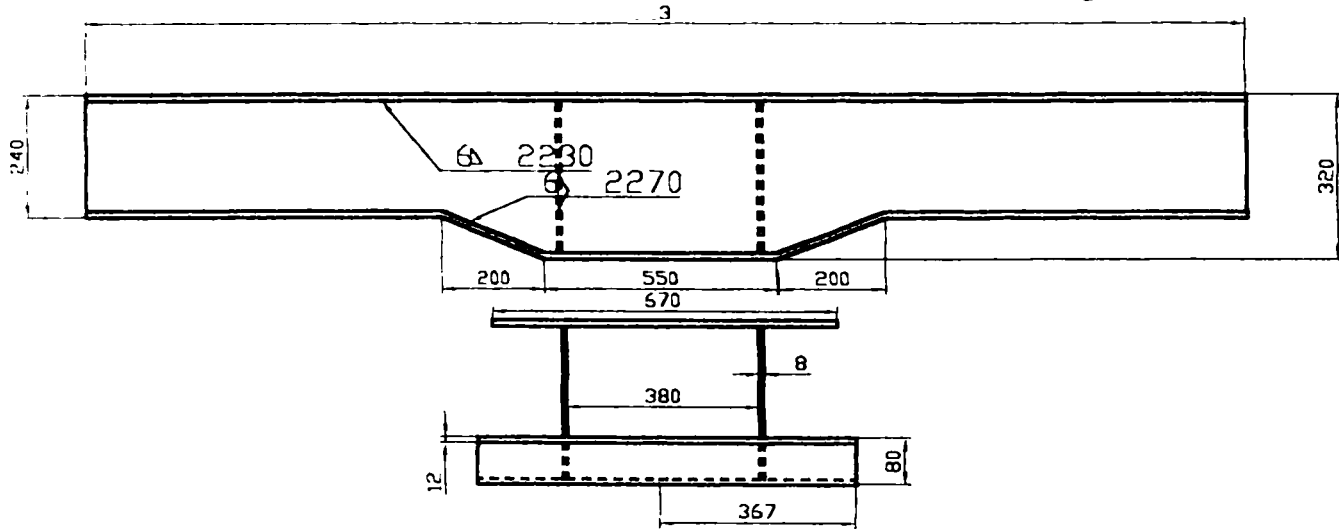
8 buc/vag



TRAVERSA CRAPODINEI

MB OL 52.3K

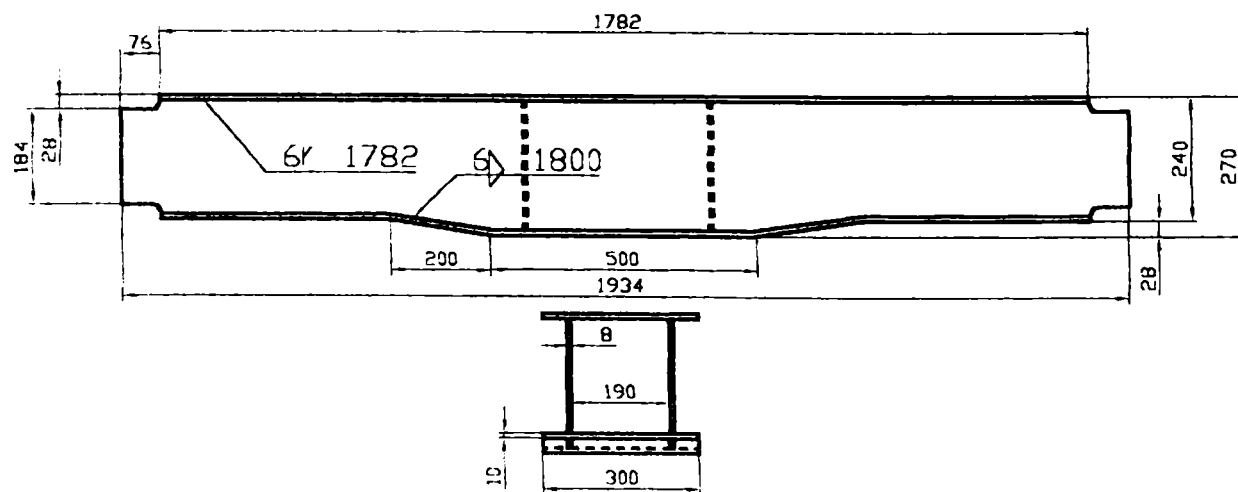
2 buc/vag



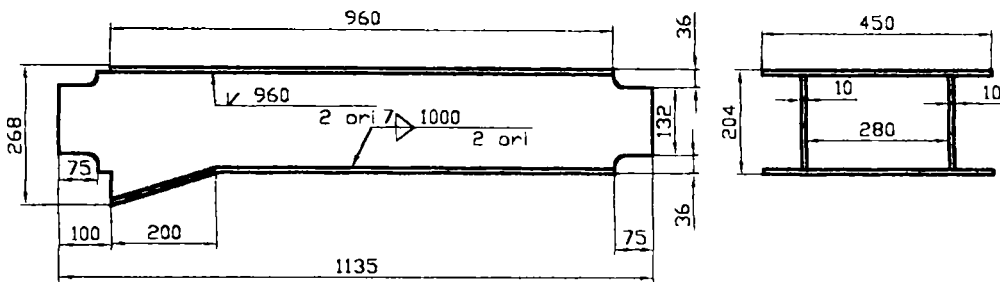
TRAVERSA CRAPODINEI

MB OL 52.3K

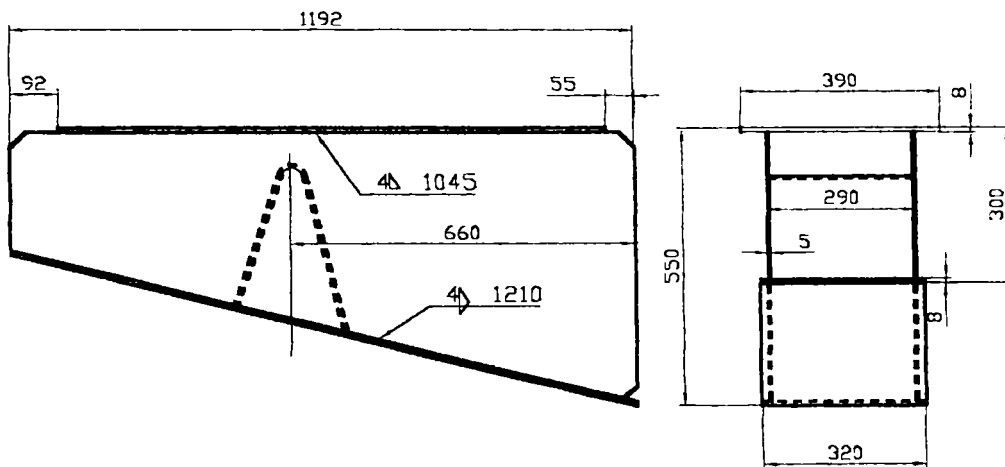
2 buc/vag



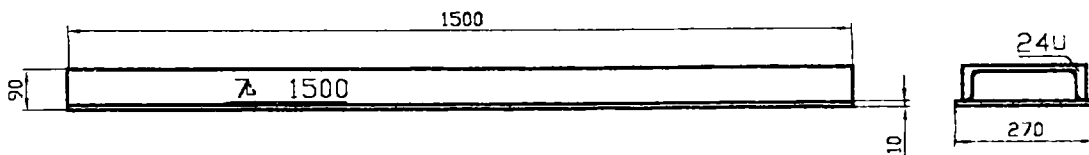
SEMITRAVERSA CRAPODINEI MB OL52.3K 4 buc/vag



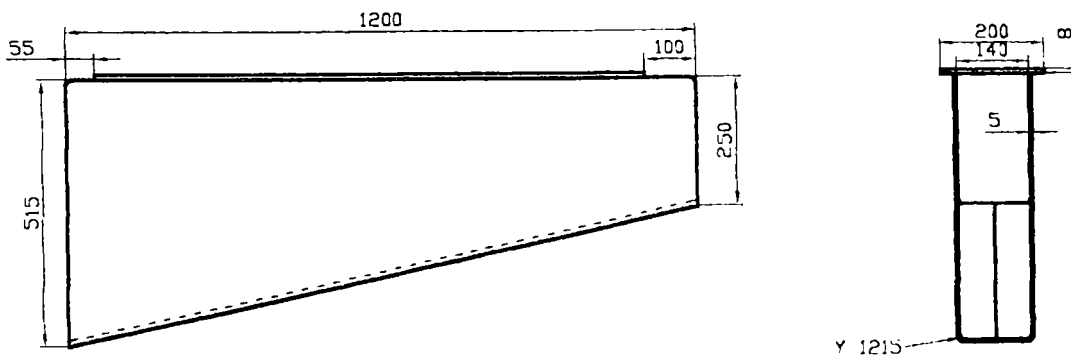
SEMITRAVERSA CRAPODINEI MB OL52.3K 4 buc/vag



DIAGONALA MB OL 52.3K 4 buc/vag

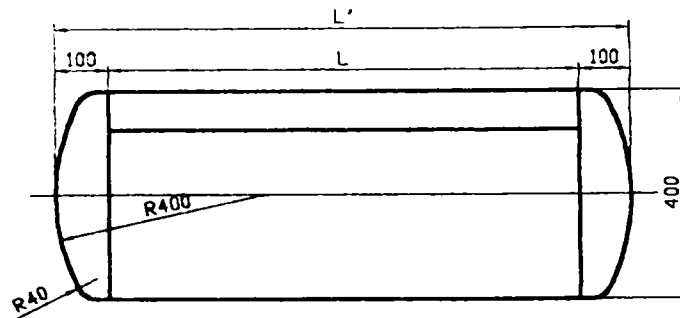


TRAVERSA MB OL 52.3K 10 buc/vag



REZERVOR

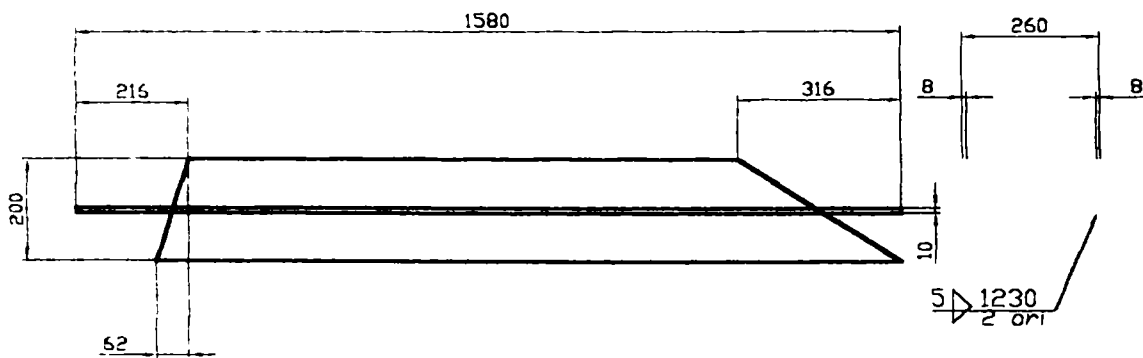
MB C 510-6a 2 buc/vag



	L (mm)	L' (mm)
48 l	263	453
57 l	338	538
125 l	901	1101
150 l	1114	1314

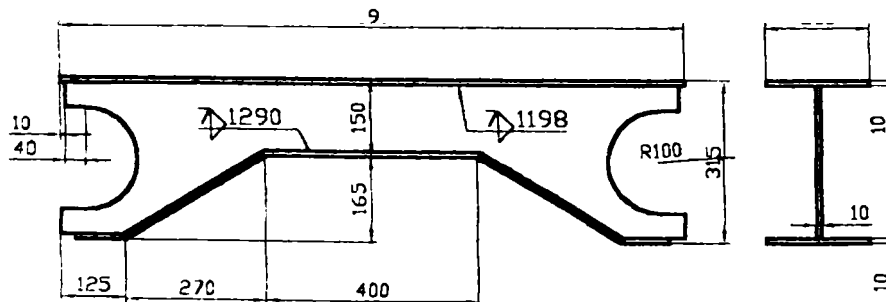
DIAGONALA

MB OL 52.3K 4 buc/vag

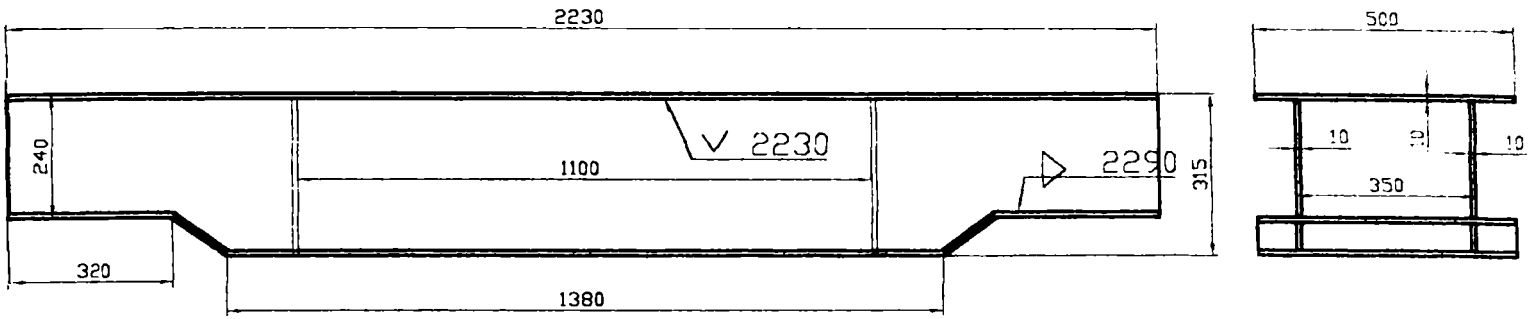


DIAGONALA

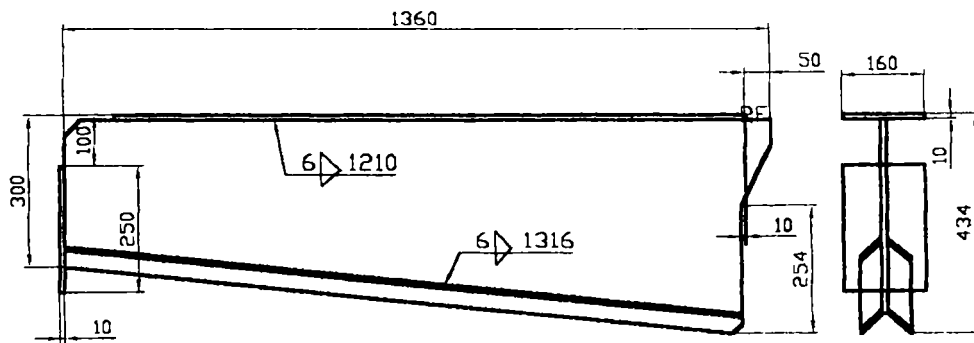
MB OL 52.3K 4 buc/vag



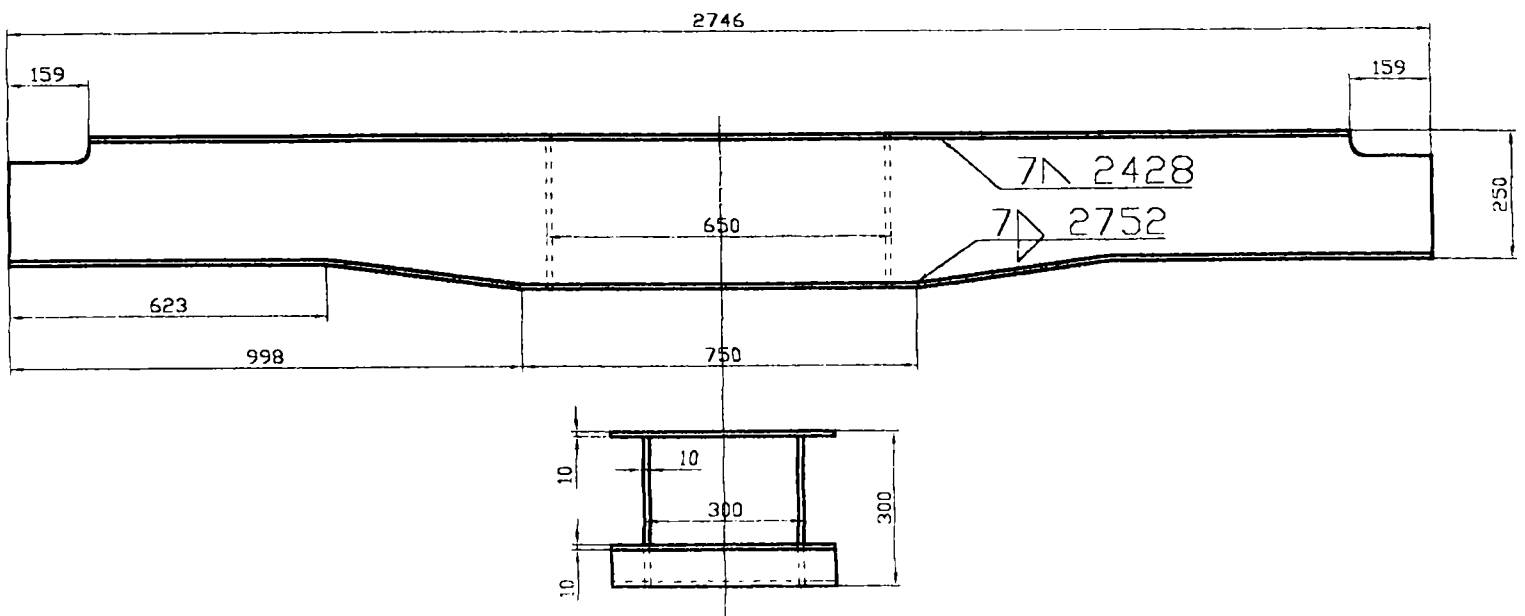
TRAVERSA CRAPODINEI MB OL 52.3K 2 buc/vag



TRAVERSA MB OL 52.3K 12 buc/vag

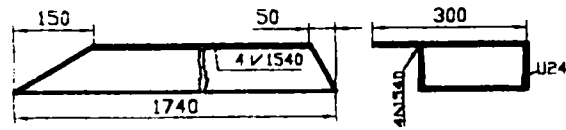


TRAVERSA CRAPODINEI MB OL 52.3K 2 buc/vag



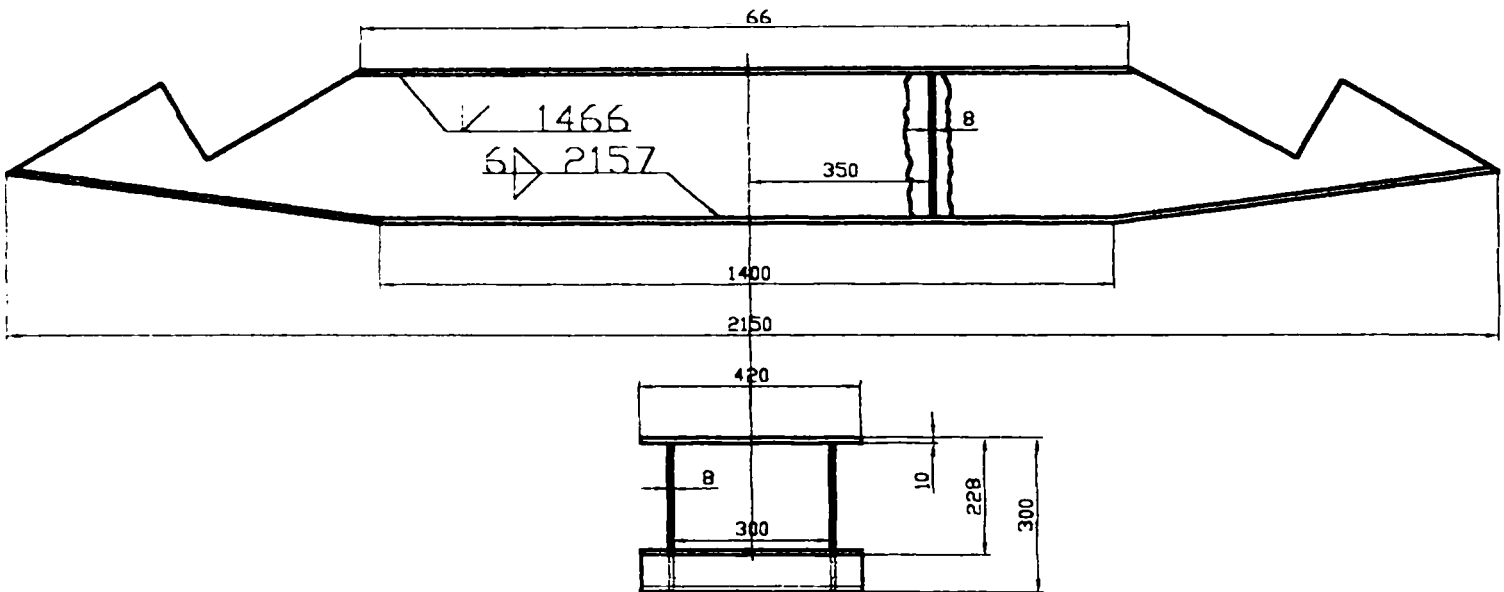
DIAGONALA

MB OL 52.3K 4 buc/vag



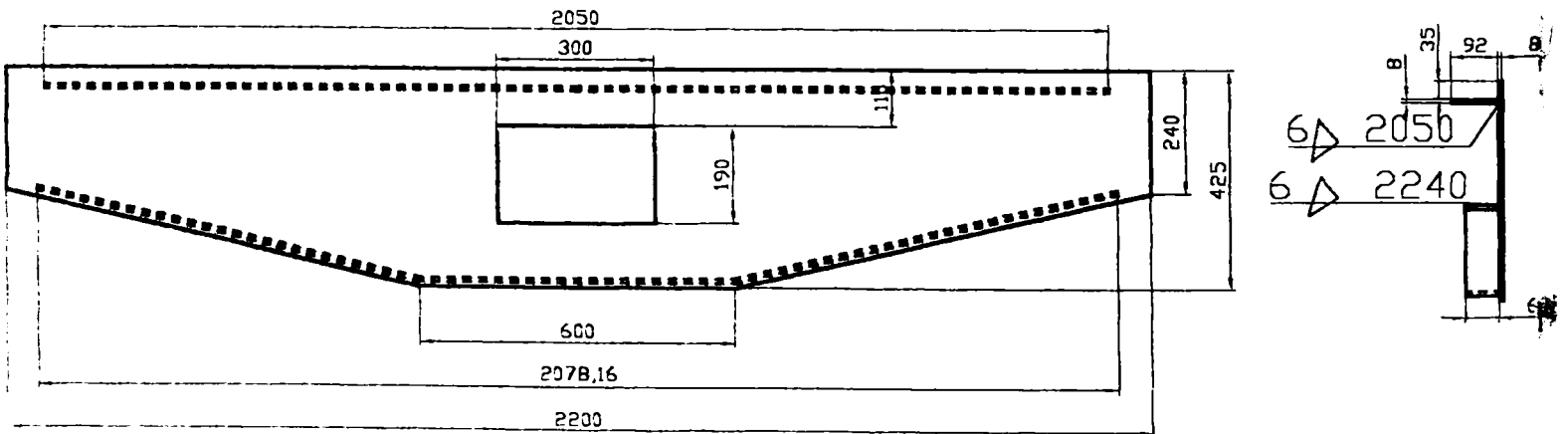
TRAVERSA CRAPODINEI

MB OL 52.3K 2 buc/vag

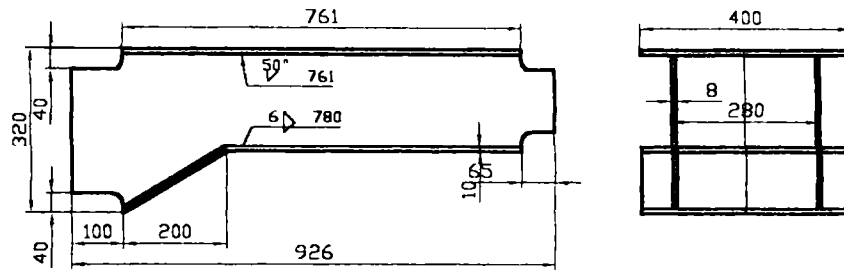


TRAVERSA FRONTALA

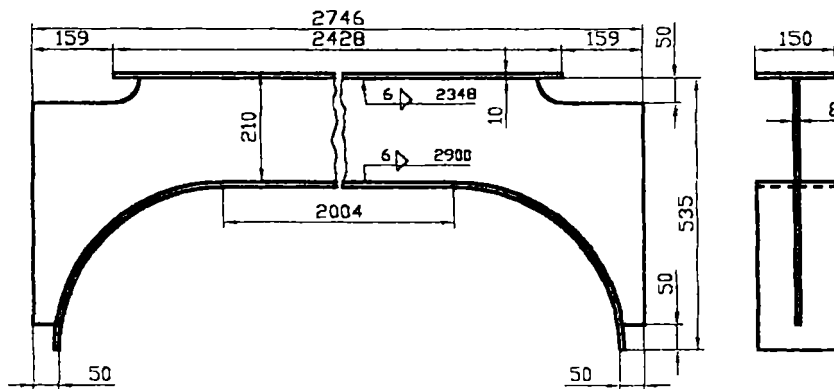
MB OL 37.3K 2 buc/vag



TRAVERSA CRAPODINEI MB OL 52.3K 4 buc/vag

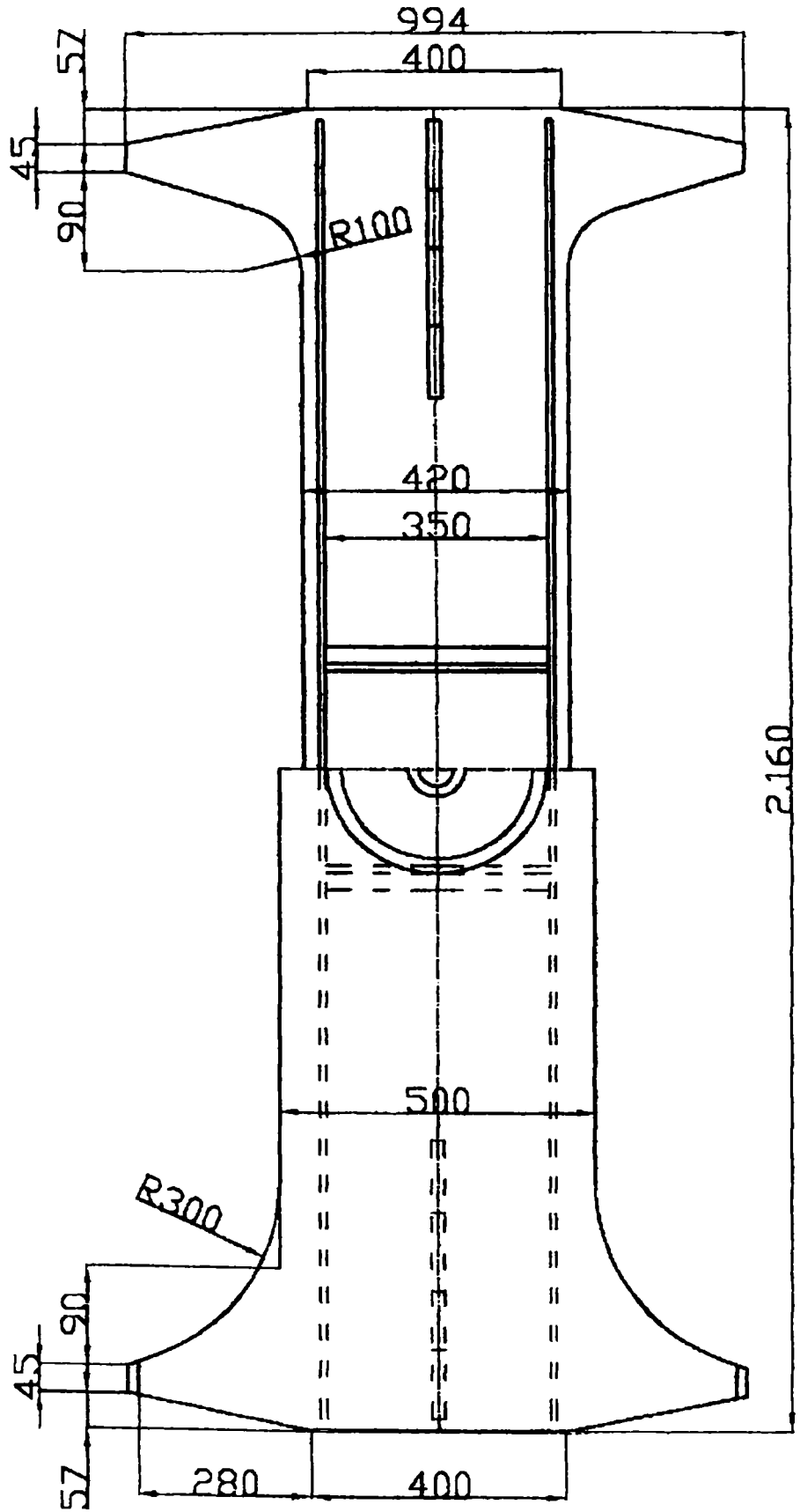
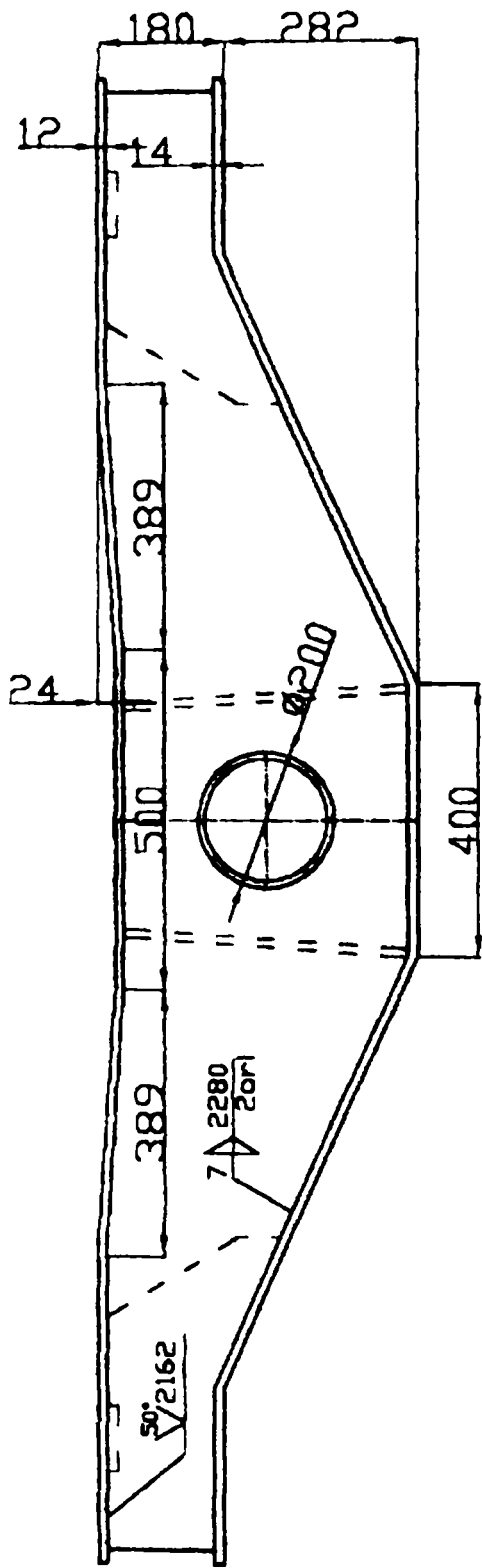


TRAVERSA MB OL 52.3K 4 buc/vag



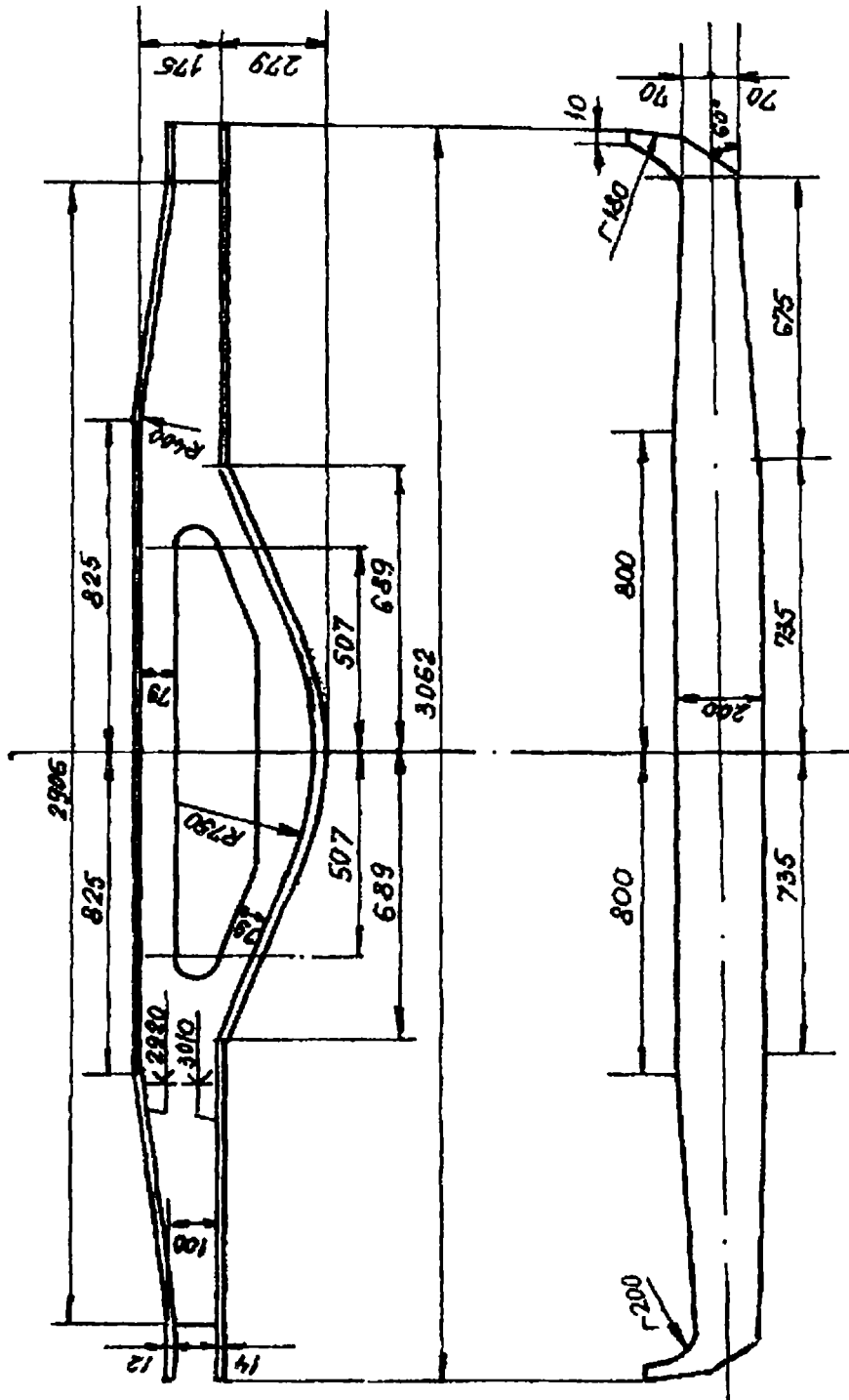
TRAVERSA CRAPODINEI

MB OL 44.4K 2 buc/vag



LONJERON LATERAL

MB OL 44.4K 2 buc/vag



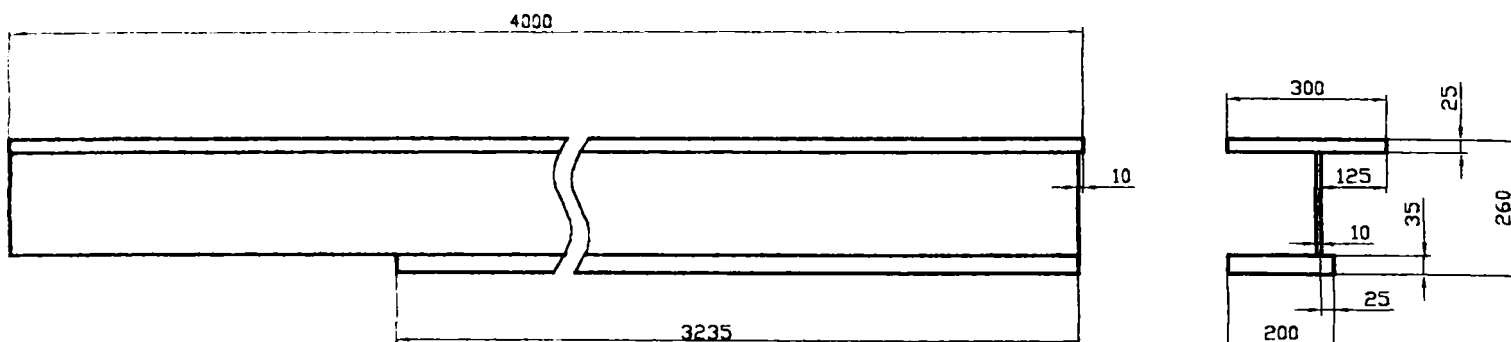
Grupa lonjeroanelor laterale si centrale ale caror lungime este cuprinsa intre 4000 - 20000mm

Anexa 2

LONJERON CAPAT

MB OL 52.3K

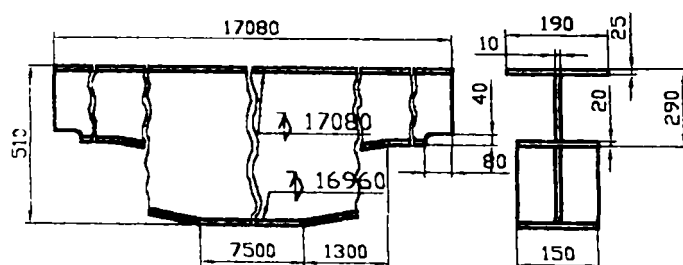
4 buc/vag



LONJERON CENTRAL

MB OL 52.3K

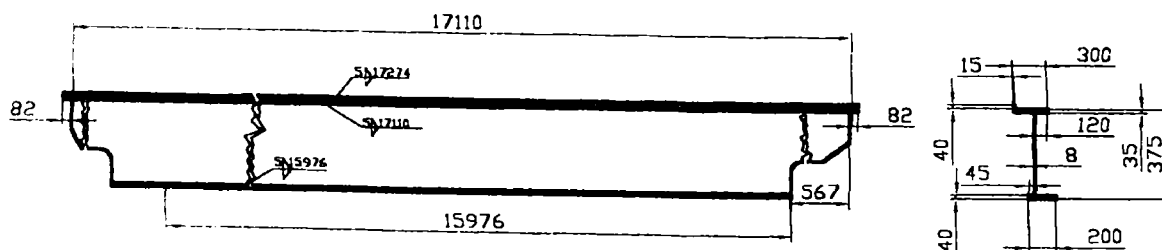
2 buc/vag



LONJERON INTERMEDIAR

MB OL 52.3K

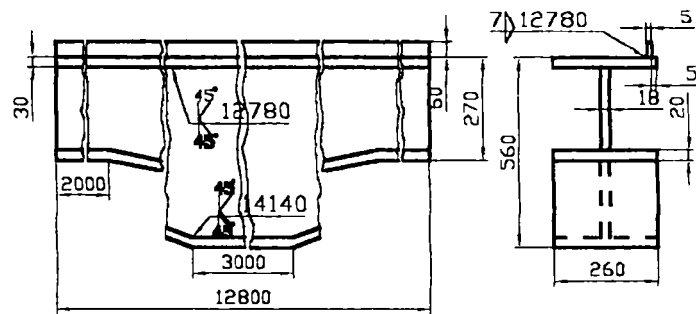
2 buc/vag



LONJERON LATERAL

MB OL52.3K

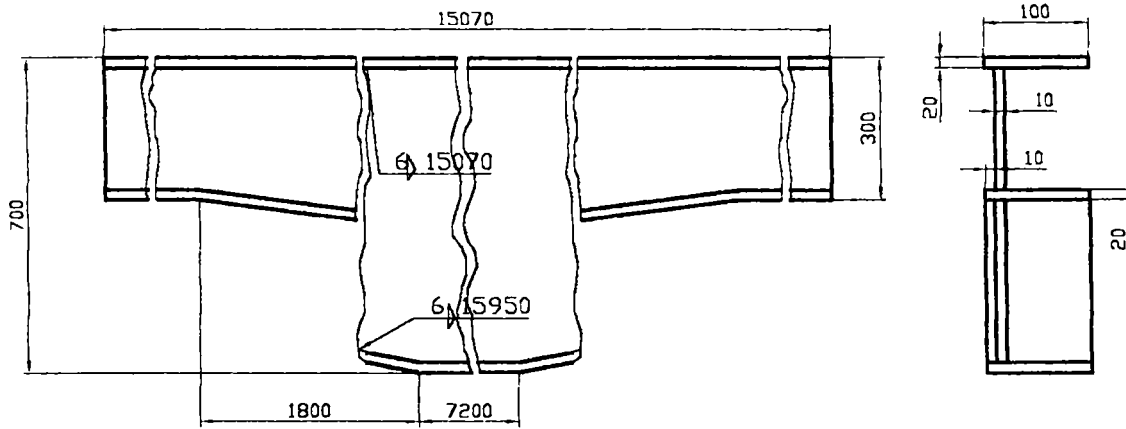
2 buc/vag



LONJERON LATERAL

MB RCB 52.3

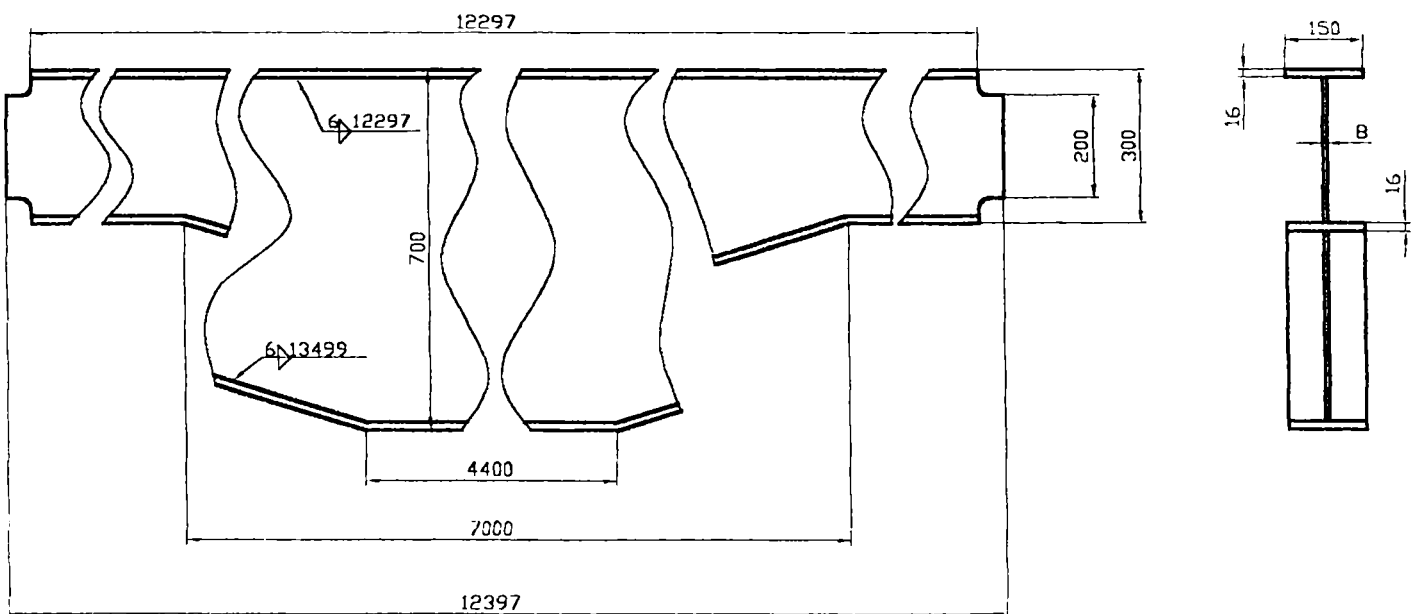
2 buc/vag



LONJERON LATERAL

MB OL52.3K

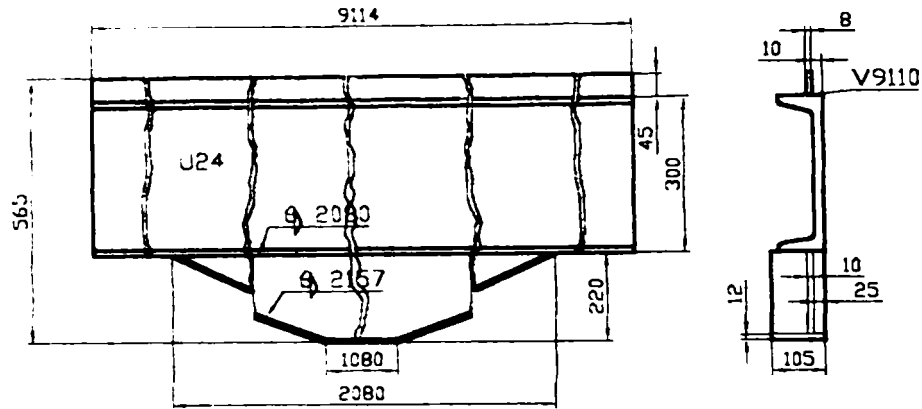
2 buc/vag



LONJERON MARGINAL

MB OL52.3K

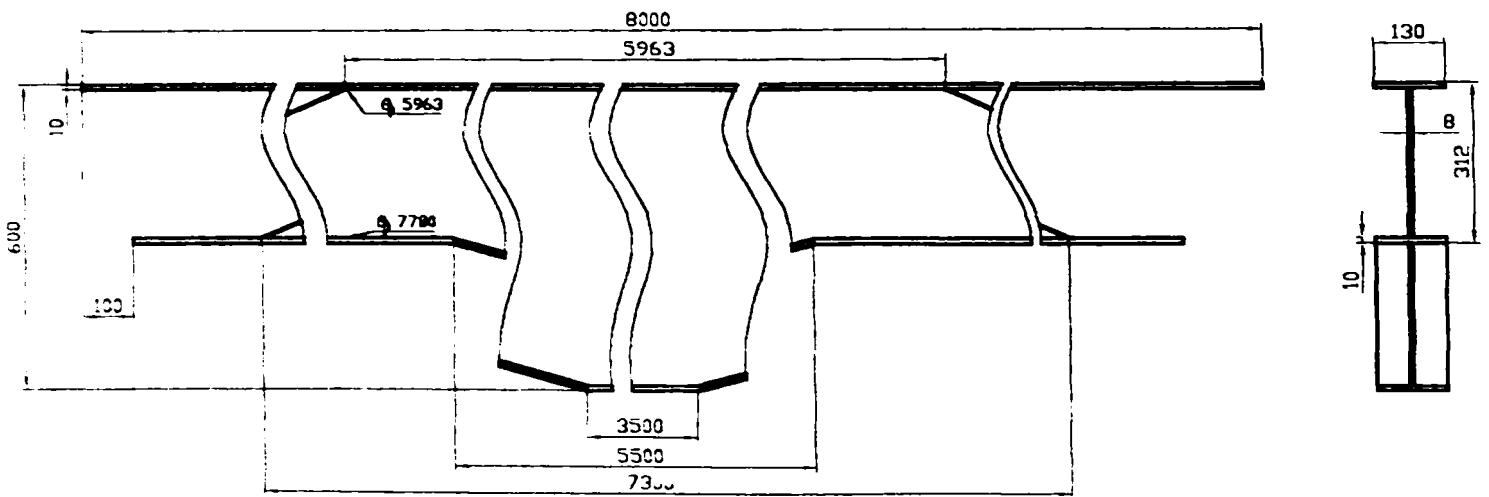
2 buc/vag



LONJERON

MB OL37.3K

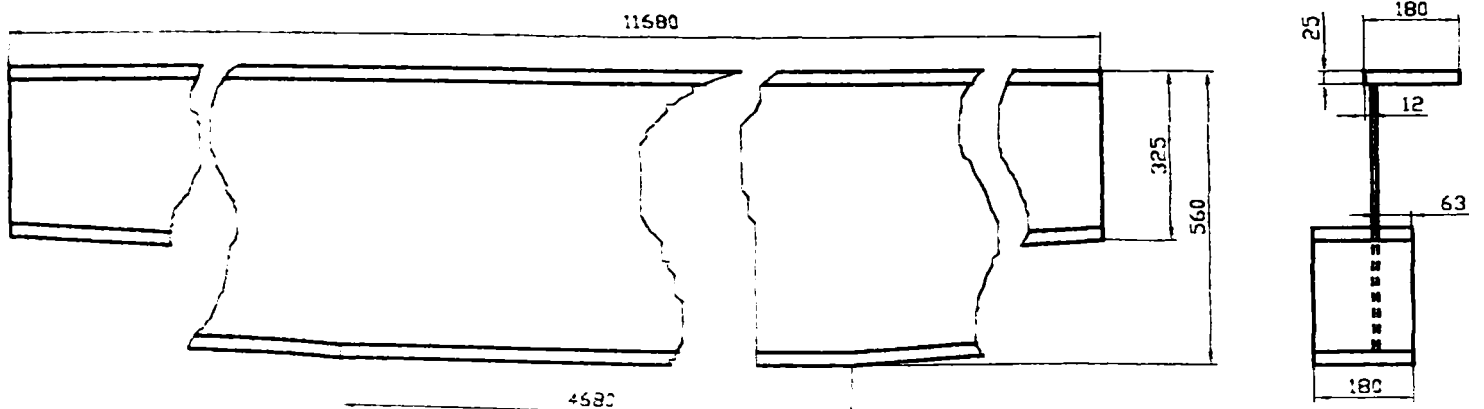
2 buc/vag



LONJERON LATERAL

MB OL52.3K

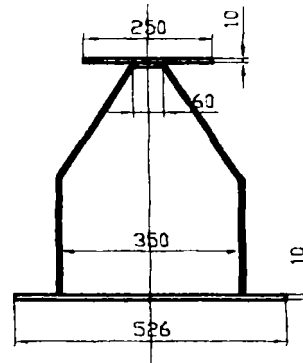
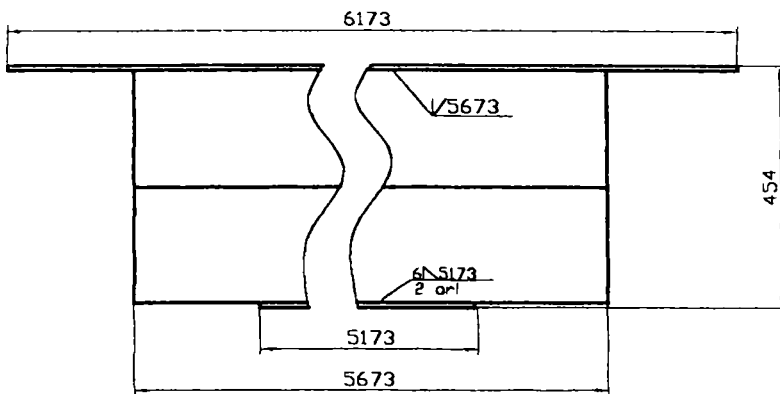
2 buc/vag



LONJERON

MB OL52.3K

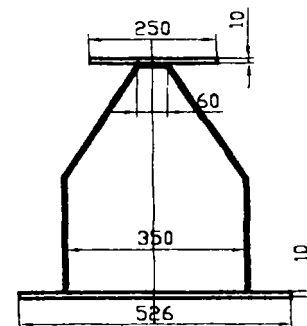
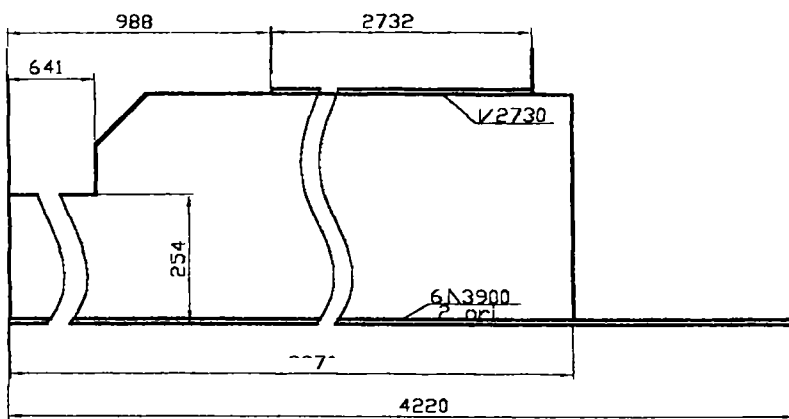
1 buc/vag



CAPAT LONJERON

MB OL52.3K

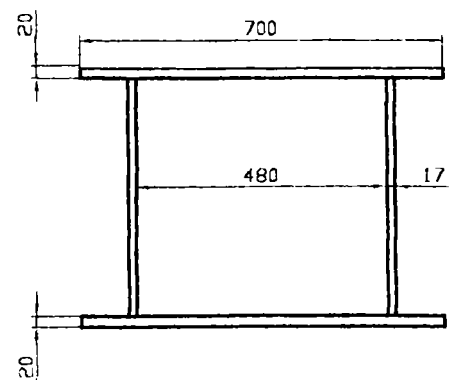
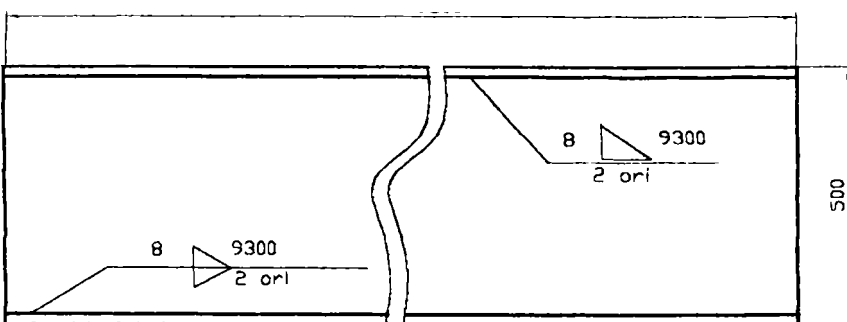
2 buc/vag



LONJERON CENTRAL

MB OL52.3K

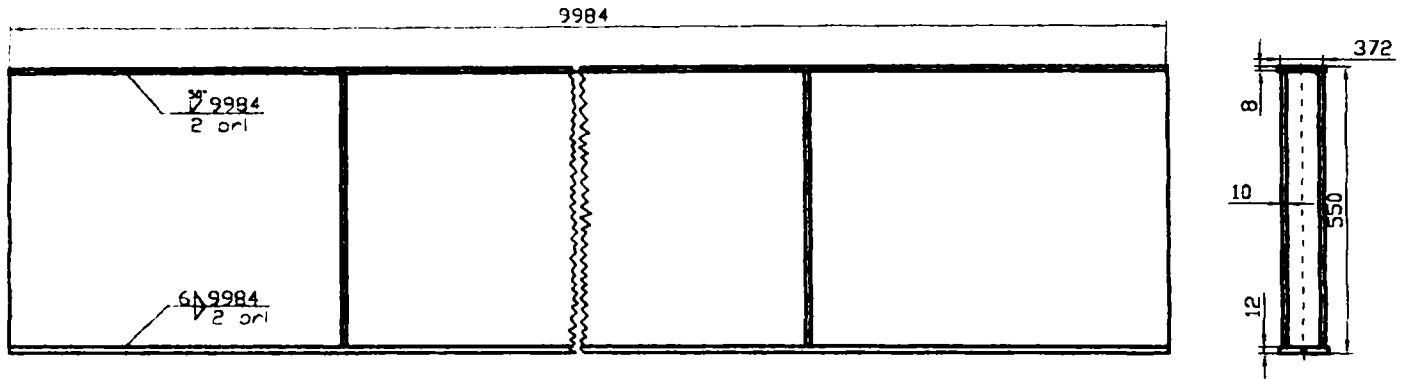
1 buc/vag



LONJERON CENTRAL

MB OL52.3K

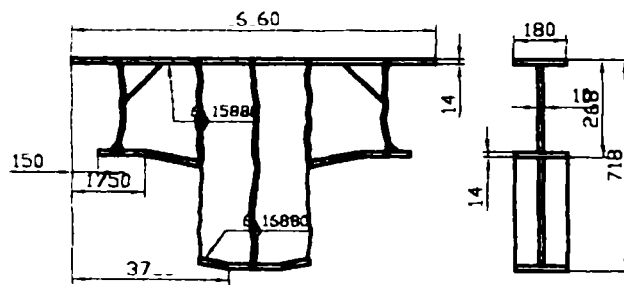
1 buc/vag



LONJERON CENTRAL

MB OL52.3K

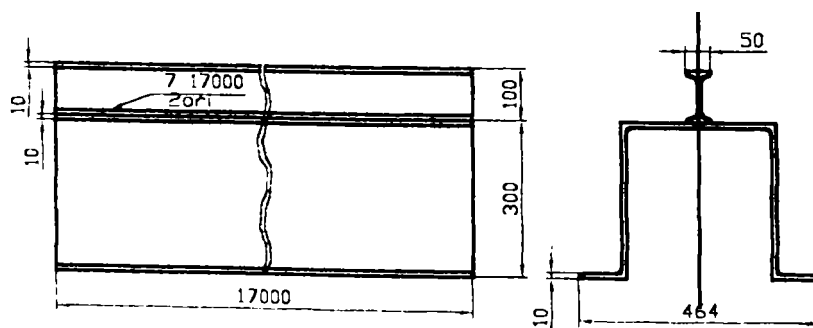
2 buc/vag



LONJERON CENTRAL

MB OL52.4K

1 buc/vag

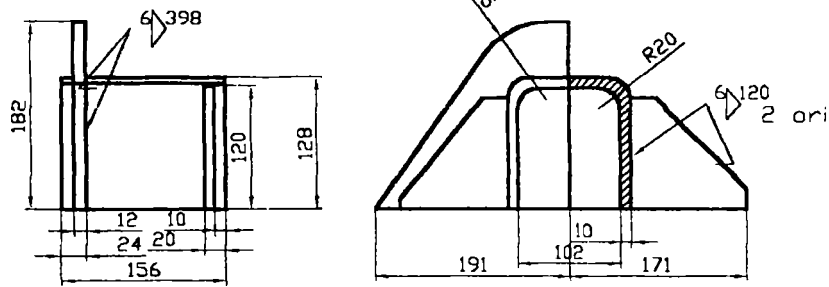


Grupa subansamblelor mici

Anexa 3

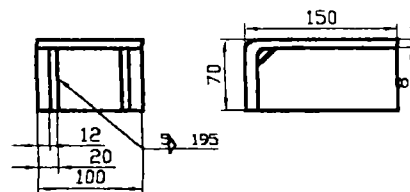
SUPPORT TEPUSE

MB RCB 52.3 38 buc/vag

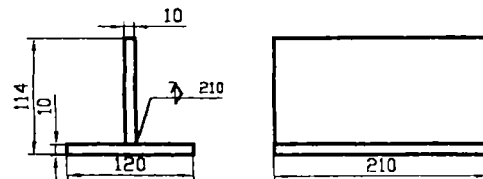


ADAOS

MB OL37.3K 4 buc/vag

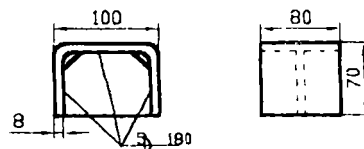


SUPPORT CIRLIG DE MANEVRA MB OL37.3K 4 buc/vag



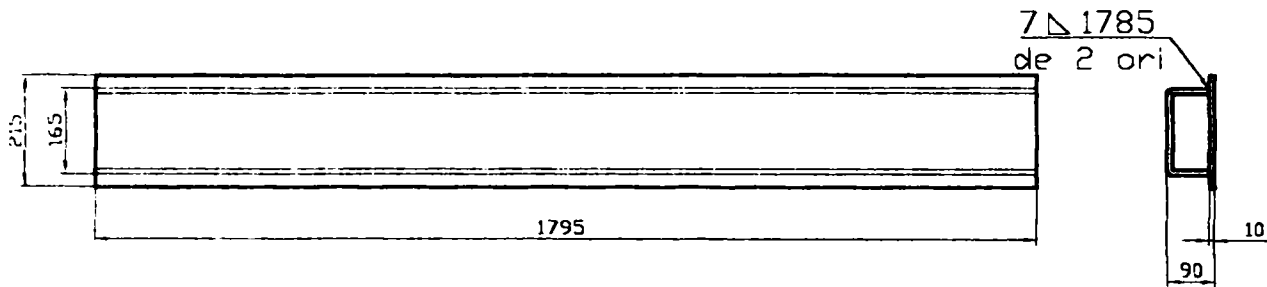
SUPPORT

MB OL37.3K 12 buc/vag



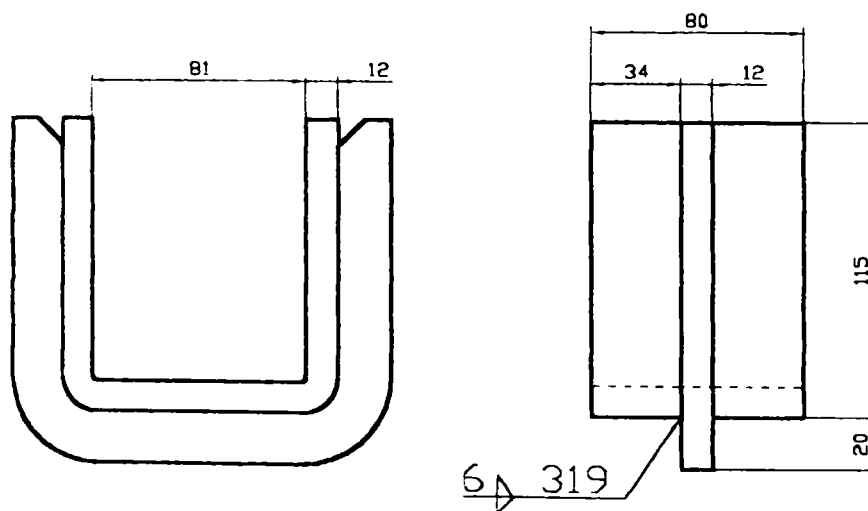
DIAGONALA

MB OL 52.3K 4 buc/vag



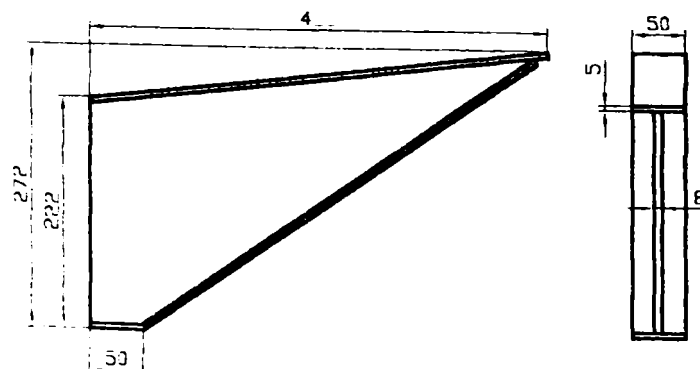
SUPPORT SUPERIOR

MB OL 52.3K 4 buc/vag

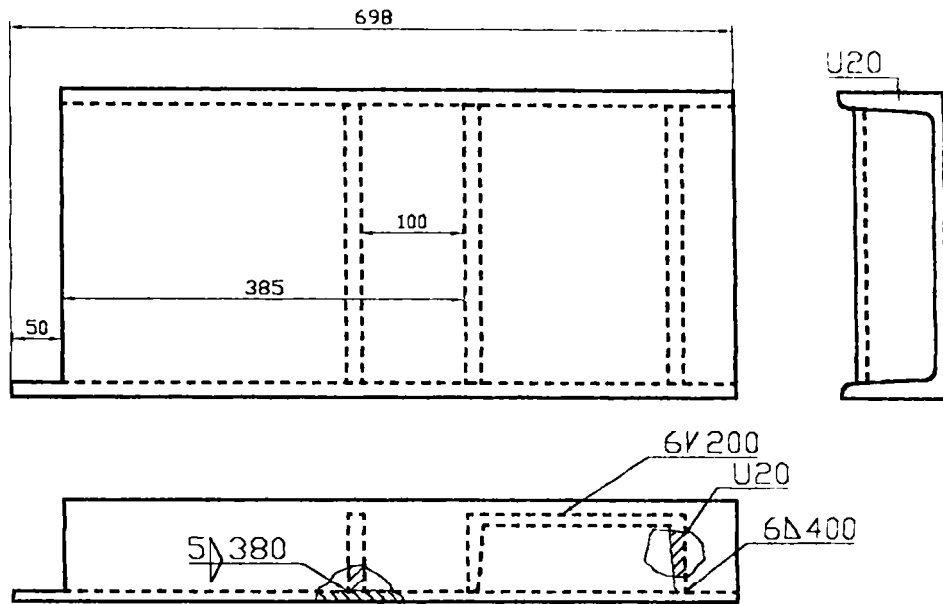


SUPPORT PERETE

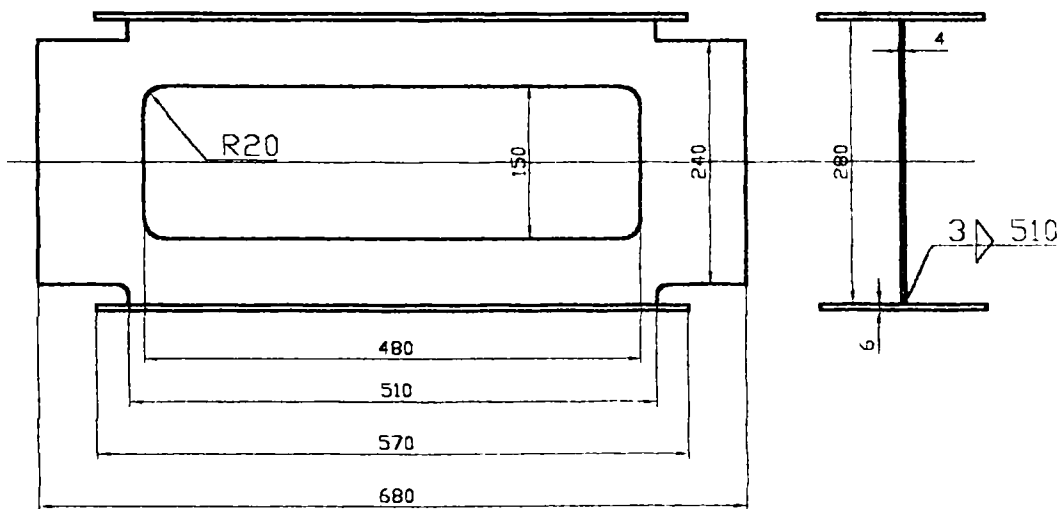
MB OL 52.3K 8 buc/vag



TRAVERSA FRONTALA MB OL 52.4K 4 buc/vag

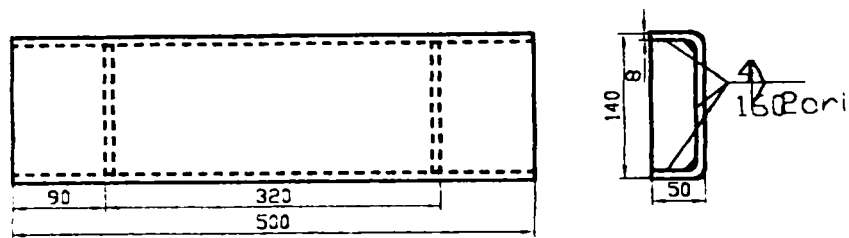


PROFIL I MB OL 52.4K 6 buc/vag



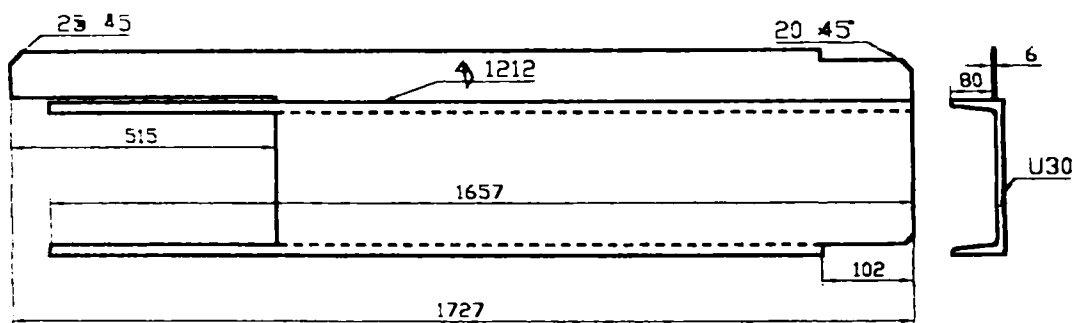
PLACA

MB OL 52.3K 8 buc/vag



LONJERON

MB OL 52.3K 4 buc/vag



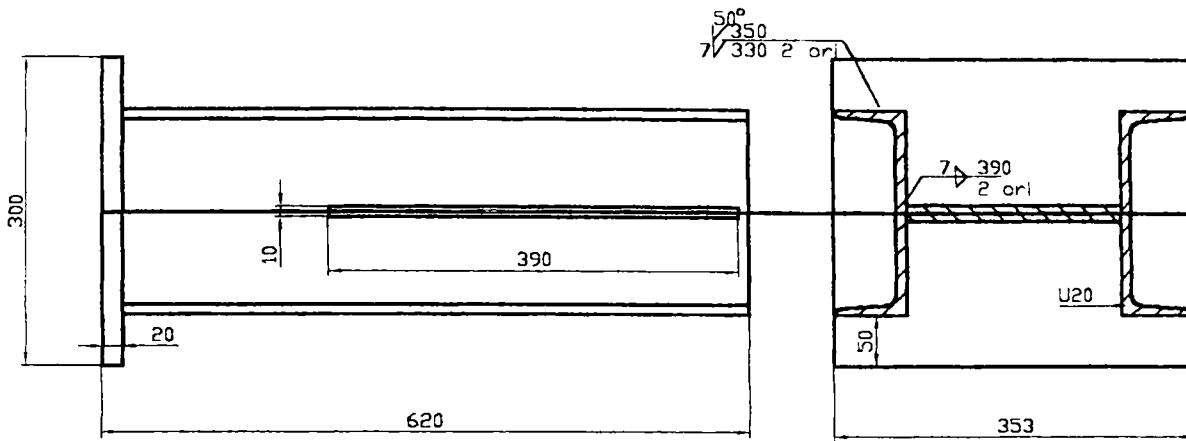
LEGATURA

MB OL 52.3K 4 buc/vag



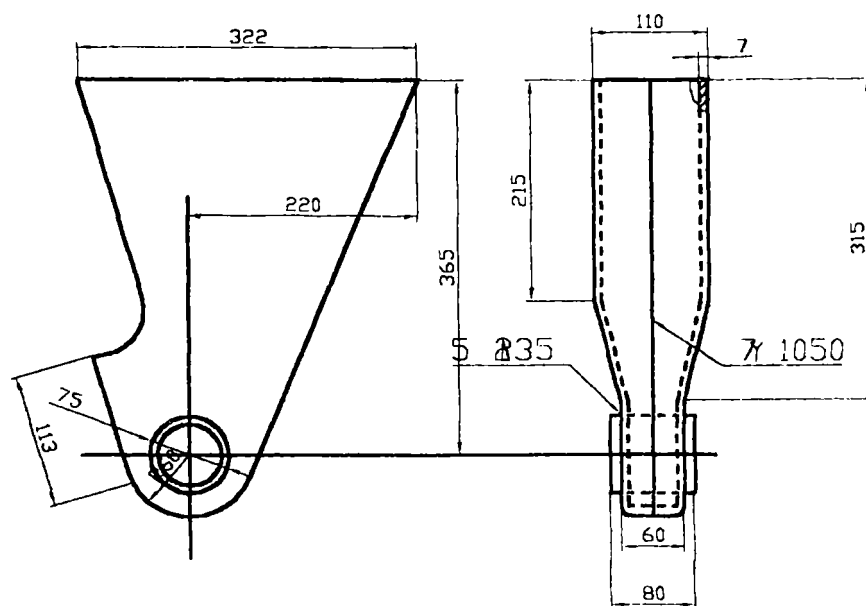
OPRITOR

MB OL 52.3K 2 buc/vag



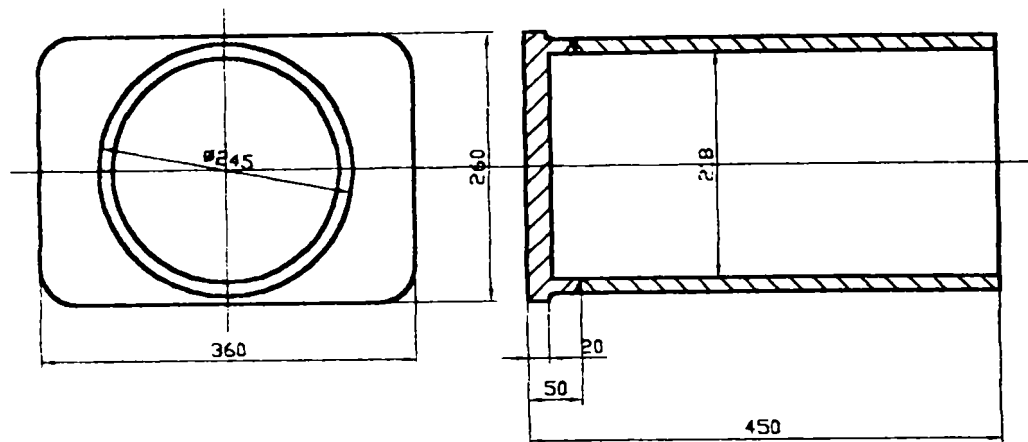
SUPORT ARC

MB OL 37.3K 8 buc/vag



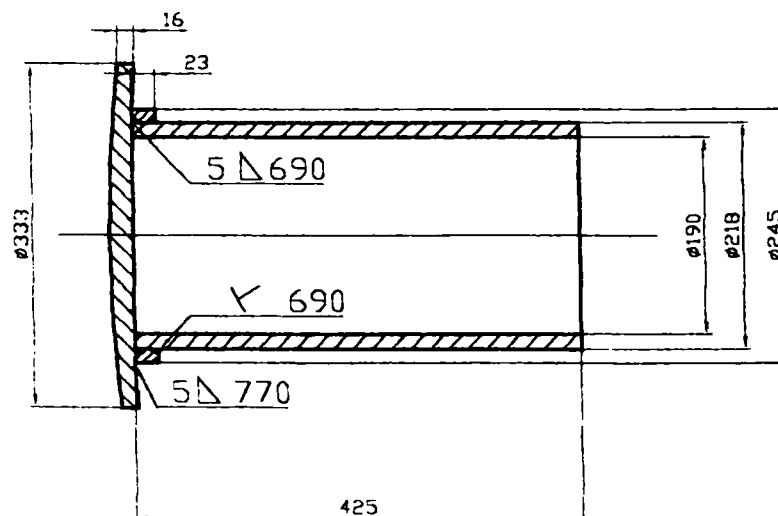
TIJA TAMPONULUI

MB OL 52.3K 4 buc/vag
+ OLT 42



TALERUL TAMPONULUI

MB OL 52.3K 4 buc/vag
+ OLT 52



Centralizatorul dimensional a longeroanelor centrale si laterale

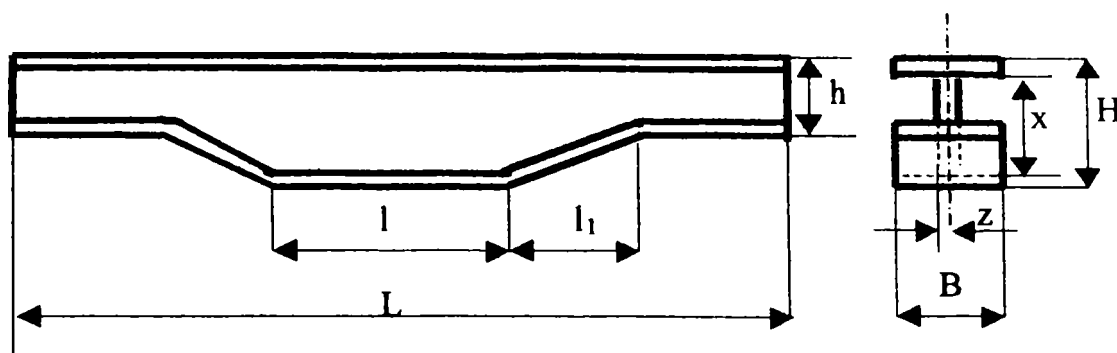


Fig.1. Dimensiuni principale a unui longeron complex.

Nr.long	L	l	l ₁	H	h	B	z	x
1	4000	-	-	260	-	300	±5	200
2	17080	7500	1300	510	290	190	±5	465
3	17274	-	-	415	-	342	±4	335
4	12800	3000	2900	620	310	260	±9	530
5	15070	7200	1800	700	300	100	±5	660
6	12397	4400	1300	700	300	150	±4	668
7	9114	1080	500	565	345	105	±12,5	508
8	8000	3500	1000	600	312	130	±4	580
9	11680	4680	3500	560	325	275	±5	510
10	4220	-	-	454	-	526	±185	434
11	6173	-	-	454	-	526	±185	434
12	9300	-	-	500	-	700	±257	460
13	9984	-	-	550	-	480	±186	530
14	16160	8660	2000	718	268	180	±5	690
15	17000	-	-	400	-	464	±25	200
Val. Min	4000	1080	500	260	290	100	±4	200
Val. Max	17274	8660	2000	718	345	700	±257	690

Amplasarea dispozitivelor de comandă

Așezarea dispozitivelor de comandă pe masa înclinată prezentată în fig.1.

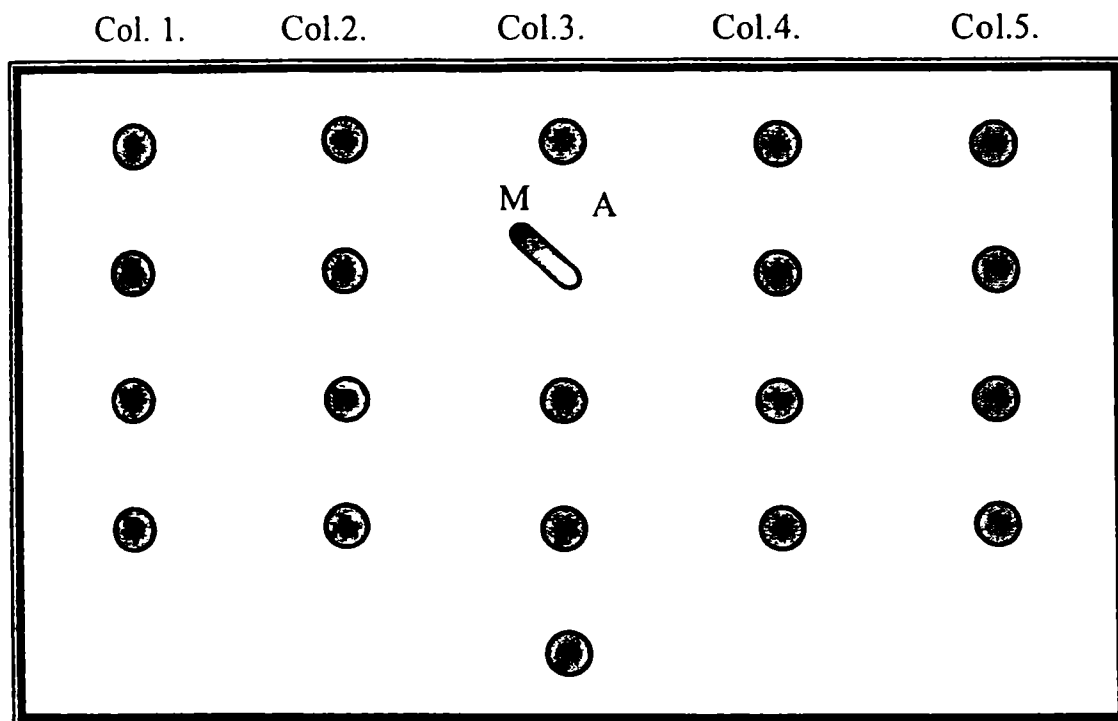


Fig. 1 Schema de amplasament a dispozitivelor de comandă

Pe masa înclinată dispozitivele de comandă sunt așezate în cinci coloane (fig.1.) după cum urmează (de sus în jos):

Coloana nr.1.

- buton pentru mărirea intensității curentului de sudare la convertizorul nr.1.
- buton pentru micșorarea intensității curentului de sudare la convertizorul nr.1.
- buton pentru cuplare convertizor nr.1
- buton pentru comanda avansului longitudinal înainte viteză redusă (cupla cinematică de translație A)

Coloana nr.2.

- buton pentru cuplarea capului de sudare nr.1.
- buton pentru decuplarea capului de sudare nr.1.
- buton pentru decuplarea convertizorului nr.1.
- buton pentru comanda avansului longitudinal rapid în sens înainte (cupla cinematică de translație A)

Coloana nr.3.

- buton pentru pornirea în regim automat.
- comutator basculant de selectare regim manual/automat;
- buton de stop general.
- buton de stop avans rapid.
- buton pentru comanda avansului longitudinal rapid sens înapoi (cupla cinematică de translație A)

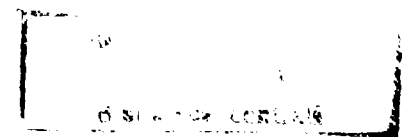
Coloana nr.4.

- buton pentru cuplarea capului de sudare nr.2.
- buton pentru decuplarea capului de sudare nr.2.
- buton pentru decuplarea convertizorului nr.2.
- buton de comanda a avansului rapid sens în sus (cupla cinematică de translație B).

Coloana nr.5.

- buton pentru mărirea intensității curentului de sudare la convertizorul nr.2.
- butonul pentru micșorarea intensității curentului de sudare la convertizorul nr.2.
- buton pentru cuplarea convertizorului nr.2.
- buton pentru comanda avansului rapid sens în sus (cupla cinematică de translație B).

Se menționează că din cauze constructive , adică a montării pe cele două fețe (față-spate) a brațului a celor două capuri de sudare sub flux acestea nu sunt în acelaș plan, fapt care reclamă comanda lor separată și în regim automat.



Fotografiile elementelor componente ale celulei flexibilă robotizată pentru sudarea subansamblelor mijlocii în construcția vagoanelor de cale ferată



Fig.1. Modul de translație lungă, operator uman, masă de poziționare-orientare, dispozitiv de lucru pentru longeron.



Fig.2. Masă de poziționare-orientare, dispozitiv de lucru pentru traversa crapodinei.

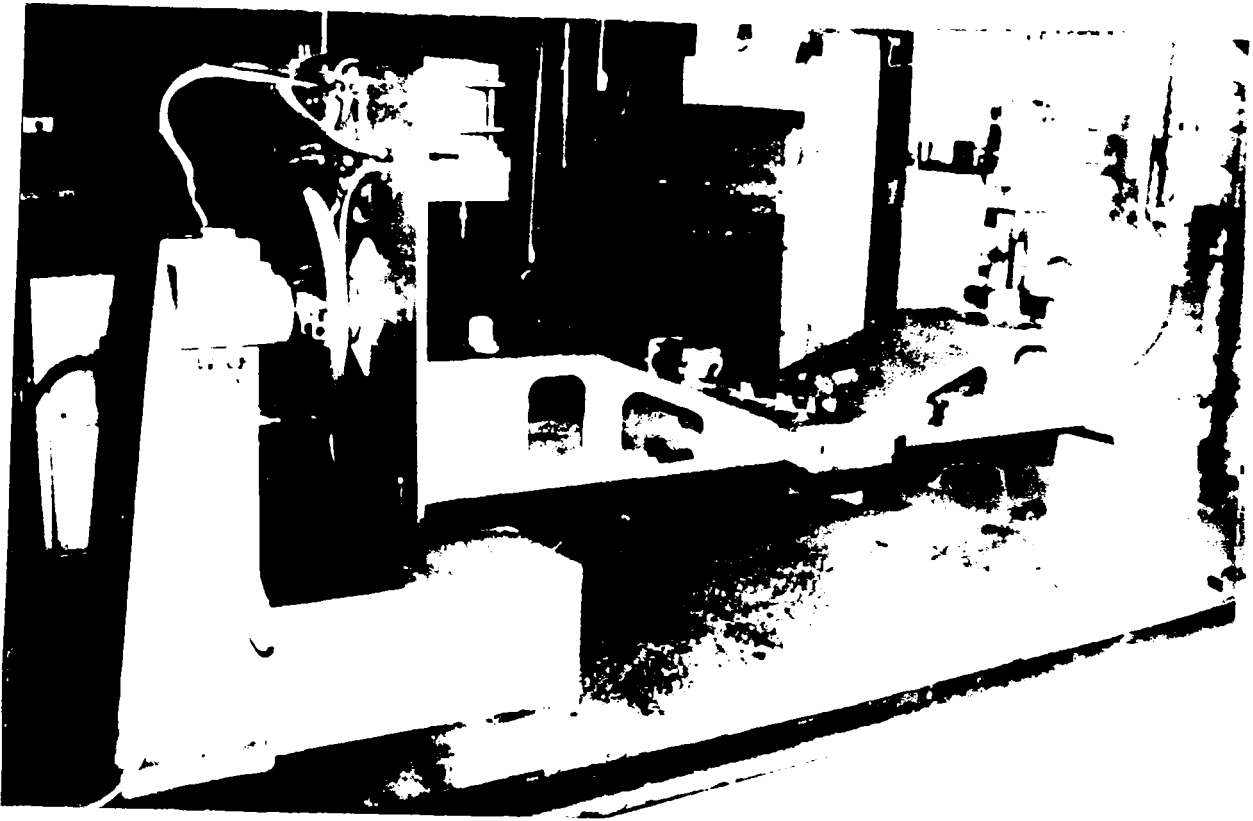


Fig.3. Masă de poziționare-orientare, dispozitiv de lucru, panoul de comandă locală pentru traversa crapodinei

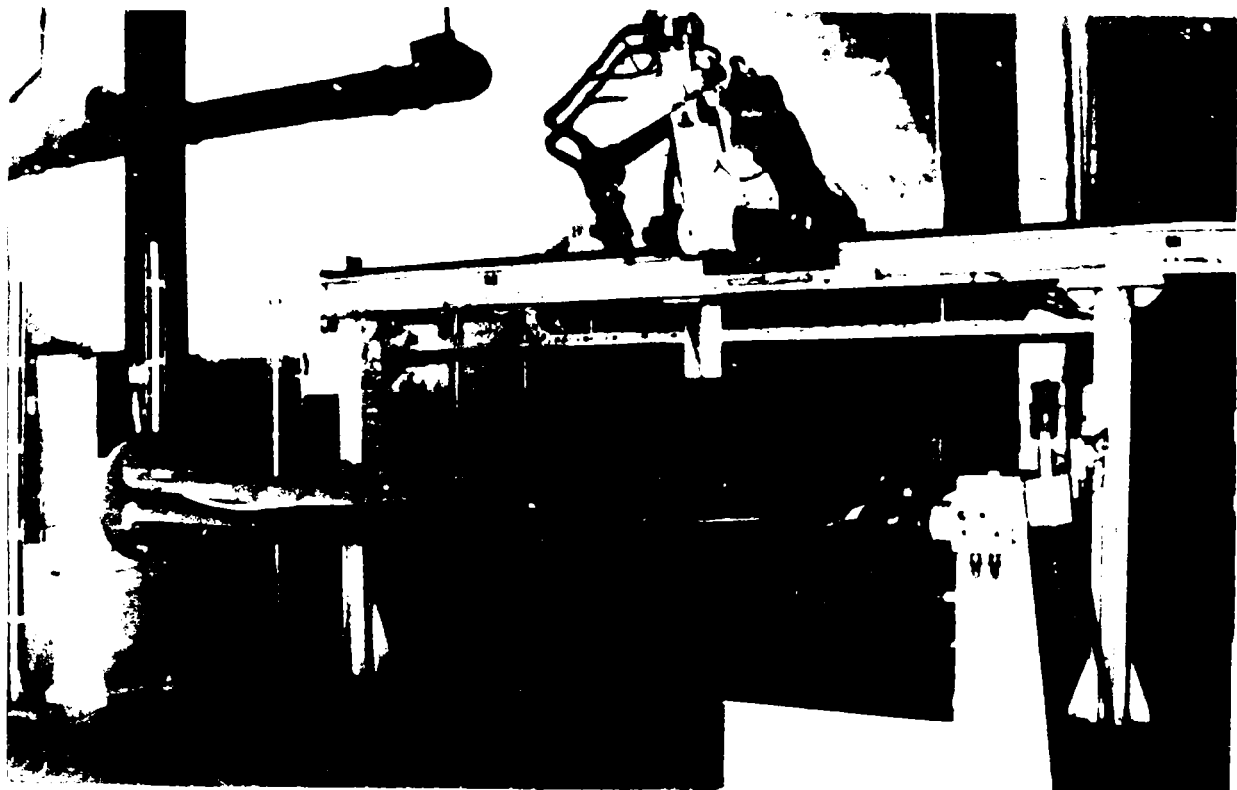


Fig.4. Masă de poziționare-orientare, dispozitiv de lucru, pano de comandă locală, pentru longeron și dispozitivul de curățat mecanizat capul de sudare

Aspecte de productivitate a muncii și aspecte comparative de calitate

În tabelul 1 se prezintă parametrii regimurilor de sudare pentru longeron și traversa crapodinei boghiu Y25.

Tabelul 1 Parametrii regimurilor de sudare în celulă flexibilă robotizată pentru longeron și traversa crapodinei boghiu Y 25

Nr.cordon conf. fig.6.32. și fig.6.35.	Intensitatea curentului de sudare (A)	Tensiunea arcului electric (V)	Viteza de sudare (cm/min)	Lățimea de pendulare a capului de sudare (mm)	Viteza de pendulare a capului de sudare (cm/min)
I1, I11	180	30	30	±1	80
I2, I12	320	35	50	±2	100
I3, I13	330	34	24	±3	130
I4, I14	340	36	24	±3	130
III1, III3	330	34	24	±3	120
III2, III4	340	37	30	±3	120

Din ciclograma fig.6.31. și tabelul 6.42. rezultă timpii de sudare pentru cele două obiecte de lucru:

-pentru longeron

$$T_l = 2(634 + 397 + 782 + 782) = 5190 \text{ sec};$$

-pentru traversa crapodinei

$$T_c = 2(581 + 487) = 2136 \text{ sec.}$$

Timpul necesar sudării longeronului și traversei crapodinei cu procedeul de sudare semimecanizat MIG/MAG într-un dispozitiv rotativ de sudat acționat manual, normat conform normativelor existente la S.C. ASTRA VAGOANE Arad:

-pentru longeron

$$T_{sm1} = 18320 \text{ sec};$$

-pentru traversa crapodinei

$$T_{smc} = 8800 \text{ sec.}$$

Din compararea acestor valori rezultă o creștere a productivității muncii de:

-pentru longeron: 352%

-pentru traversa crapodinei 415%

Condiția de bază la recepția unei structuri sudate este realizarea îmbinărilor nedemontabile prin sudare la clasa de calitate prevăzută în documentația tehnică a produsului indiferent de procedeul de sudare aplicat (manual, semimecanizat, mecanizat, automatizat etc.)

Pentru asigurarea nivelului calitativ al produselor, corespunzător clasei de execuție a îmbinărilor, sunt prevăzute metode de control și frecvența aplicării acestora.

Înainte de introducerea în fabricație a unui anumit produs procesele tehnologice de sudare sunt omologate astfel ca ele să asigure nivelul calitativ a îmbinărilor conform cerințelor prevăzute în caietele de sarcini a produsului respectiv, în normativele interne sau internaționale (U.I.C.; TÜV.; I.S.C.I.R.; etc)

Din cele prezentate mai sus reiese că indiferent de procedeul de sudare aplicat la realizarea unei îmbinări (manual, semimecanizat, mecanizat, automatizat etc.) sudate aceasta trebuie să fie la același nivel calitativ.

În timp ce la procedeele mecanizate, automatizate etc. parametrii tehnologici sunt menținut constanți în timpul desfășurării procesului de fabricație, nu același lucru se poate constata în cazul procedeele manuale sau semimecanizate.

În timpul procesului de fabricație chiar la un operator uman bine pregătit profesional respectiv foarte disciplinat în ceea ce privește respectarea prescripțiilor tehnologice, pe parcursul unui schimb apar momente de oboseală atât din punct de vedere fizic cât și psihic. Oboseala operatorului conduce la modificarea unor parametrii tehnologici în timpul operației de sudare de ex. lungimea arcului, viteza de sudare, unghiului α (fig.5.5). Aceste modificări provoacă reducerea adâncimii de pătrundere, apariția craterelor marginale, etc., ceea ce conduce la reducerea nivelului calitativ a îmbinărilor sudate.

Execuția operațiilor de sudare în sisteme de fabricație robotizate elimină operatorul uman în realizarea cordonului de sudare, respectiv în impunerea/mentinerea parametrilor tehnologici. Ca urmare, “nu există cine să obosească”. În consecință, nivelul calitativ al îmbinărilor sudate executate în cadrul sistemelor de fabricație robotizate este superior celui executate cu contribuția operatorilor umani.

Cele afirmate mai sus se exemplifică în continuare pentru cazuri concrete:

În fig.1. este reprezentat fotografia macrostructurii îmbinări de colț executat în poziție orizontală în celula flexibilă robotizată pentru sudarea subansamble mijlocii.

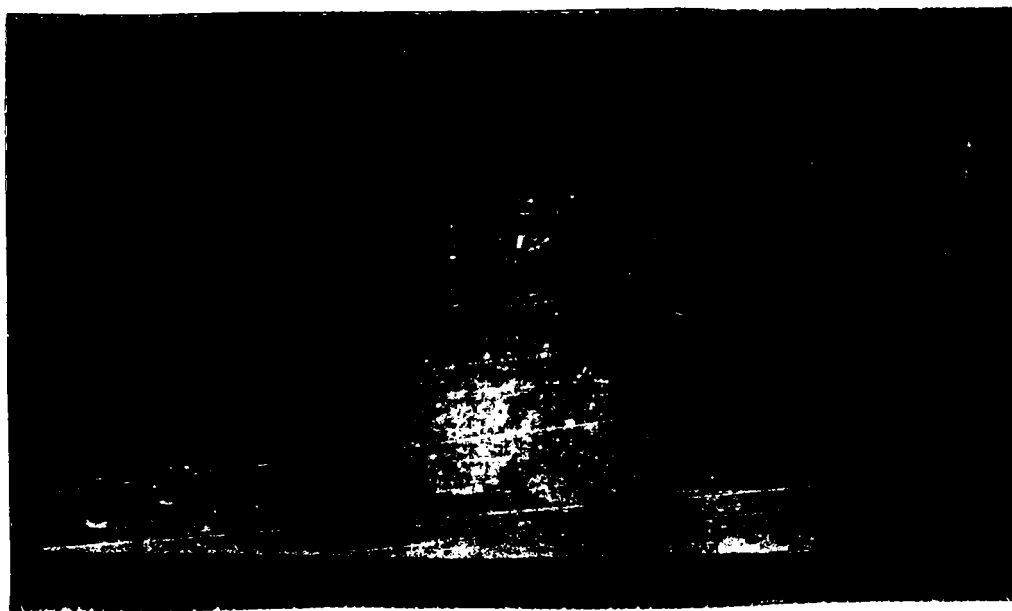


Fig.1. Macrostructura îmbinării de colț realizat în celula flexibilă robotizată.

În fig.2 este reprezentată fotografia macrostructurii pentru aceeași îmbinare realizată semimecanizat.(deci cu participarea operatorului uman).

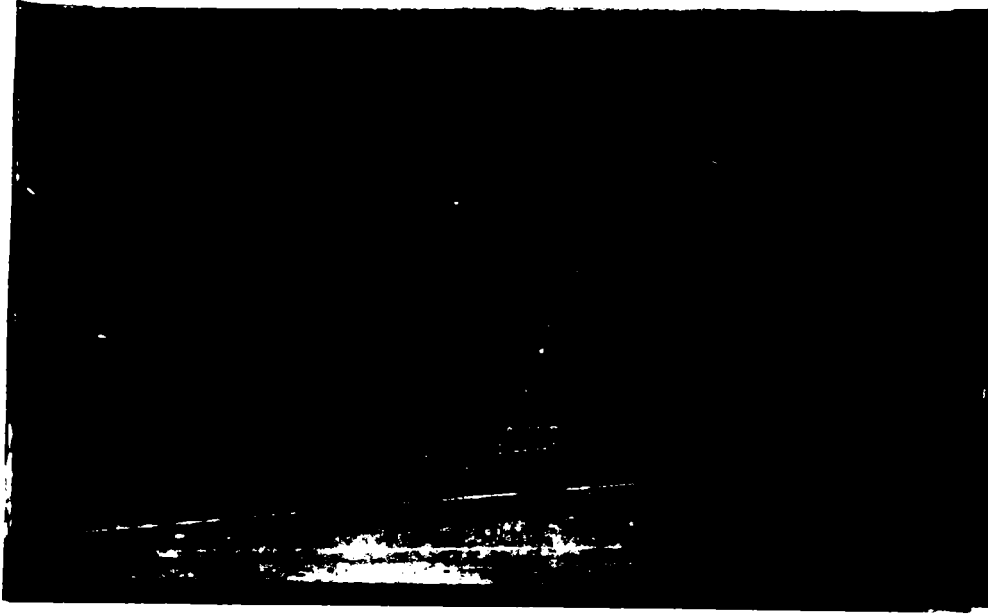


Fig.2. Macrostructura îmbinării de colț realizate semimecanizat.

Dacă în fig 1 nu se observă nici un defect intern și de suprafață, în fig.2. se observă ca defect intern lipsă de pătrundere respectiv defect de suprafață crater marginal pe talpa inimii a îmbinării din stânga inimii.

În fig.3. este reprezentată fotografia macrostructurii îmbinării dintre talpa superioară și inimă la traversa crapodinei realizate în celula flexibilă robotizată pentru sudarea subansamblelor mijlocii dintr-o singură parte cu pătrundere perfectă

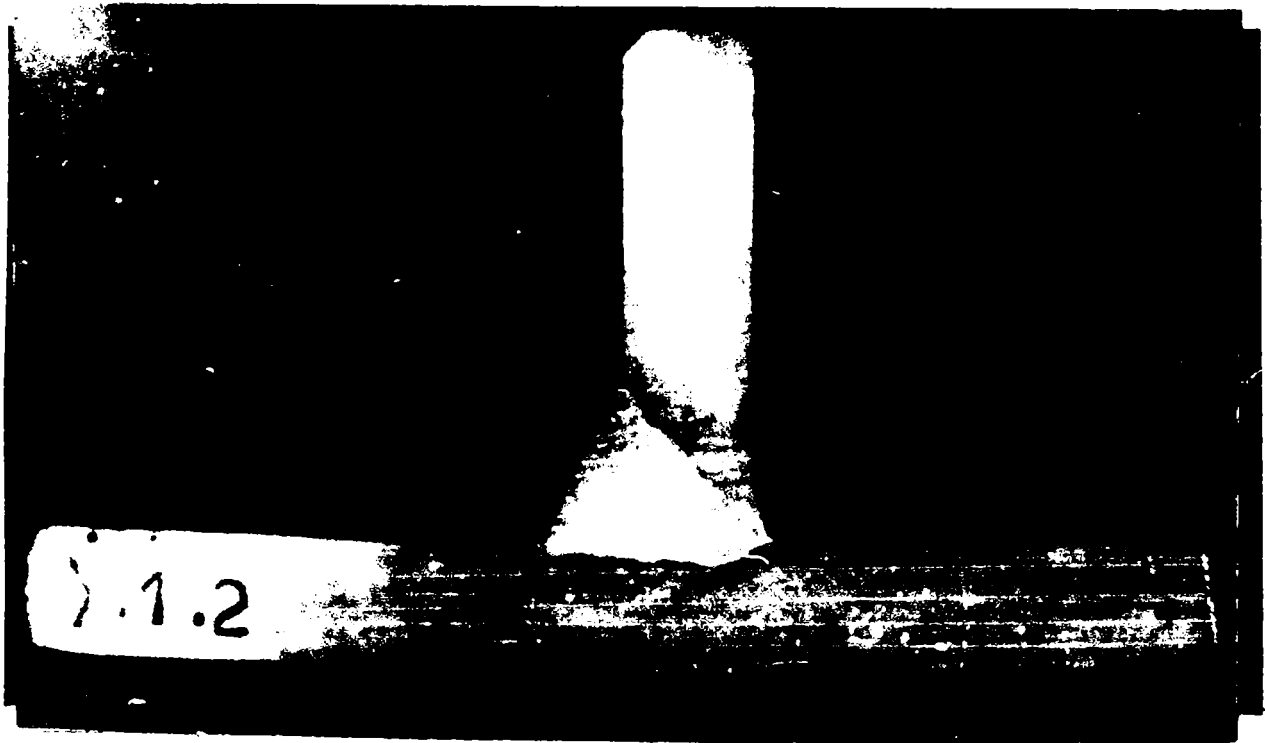


Fig.3. Macrostructura îmbinării dintre talpa superioară și inimă a traversei crapodine realizat în celulă flexibilă