

# 1. ELEMENTE DE TEHNOLOGIA MATERIALELOR

## 1.1. Introducere

Tehnologia este știința care studiază transformările la care este supusă substanța în procesul de lucru și le aplică în vederea obținerii produselor necesare societății în condiții de fabricație optime [3.1].

Tehnologia este o știință aplicativă, deoarece urmărește un scop practic nemijlocit.

## 1.2. Prelucrarea prin deformare plastică

Procedeele de prelucrare prin deformare plastică a materialelor metalice se pot clasifica după:

- Temperatura la care are loc deformarea: la rece și la cald;
- După viteza de deformare: cu viteze mici de deformare  $v < 10 m/s$  și cu viteze mari de deformare  $v > 10 m/s$ ;
- După calitatea suprafeței realizate: eboșare, finisare;
- După complexitatea procedeele folosite: intrinseci (Fig. 1.2.1), complexe.

PROCEDEE INTRINSECI DE PRELUCRARE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

- Laminare;
- Tragere;
- Extrudare;
- Matrițare
- Forjare;
- Tăiere cu tăișuri ascuțite;
- Prelucrarea tablelor

Fig. 1.2.1

**Laminarea** este metoda de prelucrare prin deformare plastică – la cald sau la rece – la care materialul este obligat să treacă forțat printr doi cilindri în rotație (Fig. 1.2.2). Cei doi cilindri au axele de rotație  $O_1$  și  $O_2$ . Dimensiunile materialului ( $h_0$ ) se reduc în direcția apăsării și cresc în celelalte direcții (de la  $b_0$  la  $b_1$ ).

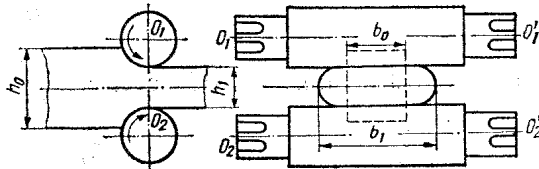


Fig. 1.2.2

**Tragerea** este procedeul de deformare plastică a materialelor, sub acțiunea unei forțe de tracțiune  $F$ , în scopul obținerii unor fabricate de tip bară, sârmă, țevi etc. Materialul ductil 2 este tras printr-o matriță 1 a cărei secțiune este mai mică decât secțiunea inițială a materialului. Principiul tragerii este prezentat în Fig. 1.2.3 ( $d_0$  dimensiunea materialului;  $d_1$  – dimensiunea produsului final)

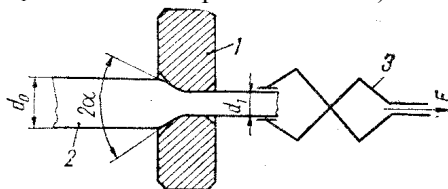


Fig. 1.2.3

**Extrudarea** este procedeul de prelucrare prin deformare plastică care constă în tragerea forțată a materialului, datorită unei forțe de compresiune. Matrița are o deschidere profilată și de secțiune mai mică decât a materialului comprimat.

Semifabricatul 1 este obligat să treacă prin matrița 2 sub acțiunea forței  $F$  realizată de pistonul 3. Schema de principiu este prezentată în Fig. 1.2.4

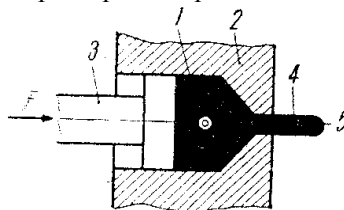


Fig. 1.2.4

În Fig. 1.2.5 se prezintă profile utilizate în industria electronică și obținute prin extrudare.

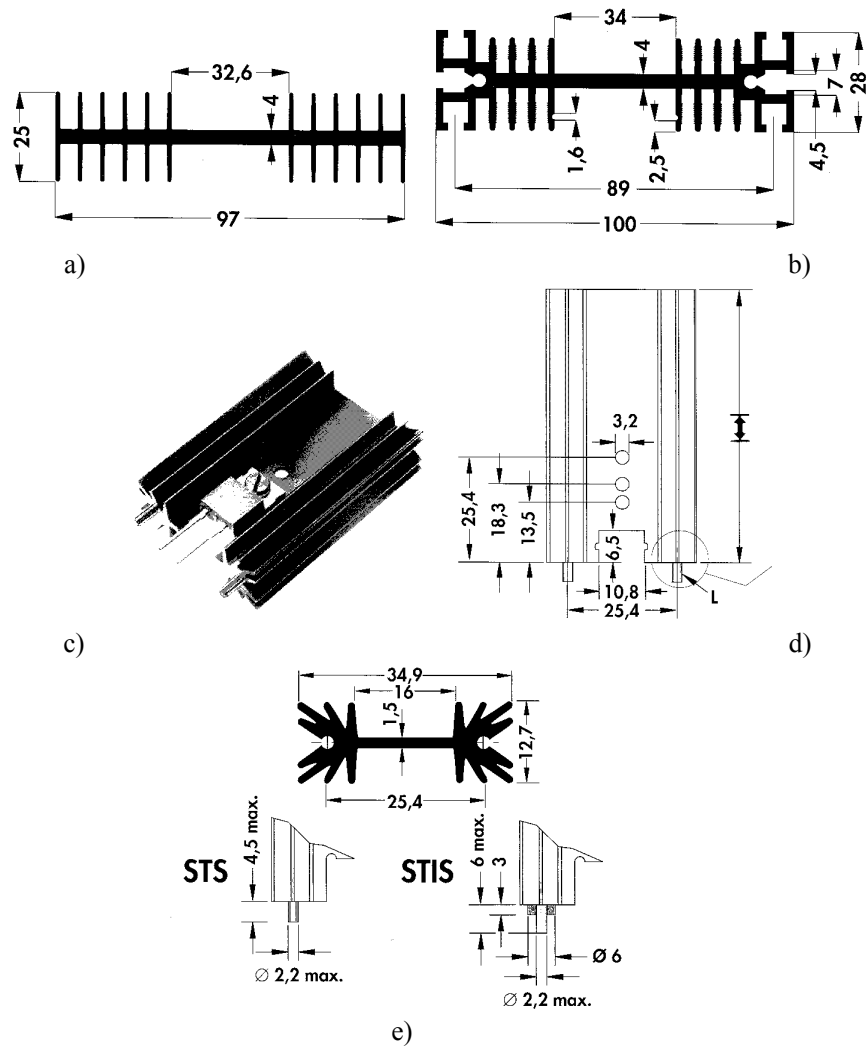


Fig. 1.2.5

**Îndoirea** este operația de deformare plastică prin care se schimbă orientarea axei semifabricatului fără afectarea lungimii acestuia. Procesul de îndoire are loc cu ajutorul unui poanson care deformează semifabricatul prin apăsarea acestuia pe un suport cu profil adecvat.

În Fig. 1.2.6 se prezintă procesul de prelucrare prin îndoire (semifabricatul 1 și suportul 2) iar în Fig. 1.2.7, table profilate.

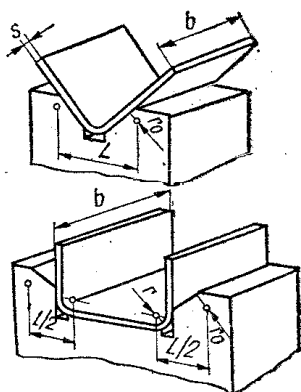


Fig. 1.2.6

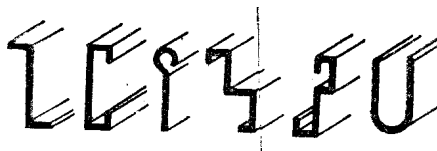


Fig. 1.2.7

**Tablele** sunt semifabricate care au una din dimensiuni (grosimea) mult mai mică decât celelalte două. Prelucrarea lor prin deformare plastică asigură obținerea unor piese complexe cu forma apropiată de cea finală și cu o mare economie de material. Îndoirea și ambutisarea sunt două din metodele de prelucrare a tablelor cu aplicații în domeniul electronic.

**Ambutisarea** este procesul tehnologic de prelucrare prin deformare plastică prin care, dintr-un semifabricat plan se obține o piesă cavă cu sau fără modificarea grosimii materialului. Prin apăsarea poansonului 1, semifabricatul 4 este obligat să ia forma cavității matriței 2 care coincide cu forma piesei dorite. Principiul ambutisării este prezentat în Fig. 1.2.8.

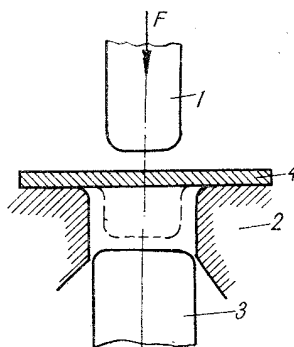


Fig. 1.2.8

### 1.3. Prelucrarea prin agregarea de pulberi

Principial prelucrarea pornește de la pulberi de metale.

Pulberile sunt amestecate în proporțiile necesare, impuse de compoziția chimică a aliajului dorit. Amestecul rezultat este presat la forma dorită în matrițe metalice. Comprimatele obținute sunt supuse unui tratament termic adecvat care trebuie să îi confere produsului proprietățile fizico-chimice dorite. Tratamentul termic este cunoscut sub numele de sinterizare și se realizează la o temperatură inferioară temperaturii de topire a metalului cel mai refractar. Tratamentul se realizează într-o atmosferă protectoare, neutră sau în vid (Fig. 1.3.1).

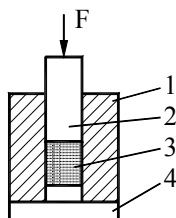


Fig. 1.3.1

### 1.4. Prelucrarea prin eroziune electrică

Prelucrarea prin eroziune electrică se bazează pe efectul eroziv polarizat al unor descărcări electrice prin impuls, amorsate în mod succesiv între un electrod și obiectul prelucrării. Schema de principiu a prelucrării dimensionale prin eroziune electrică este prezentată în Fig. 1.4.1.

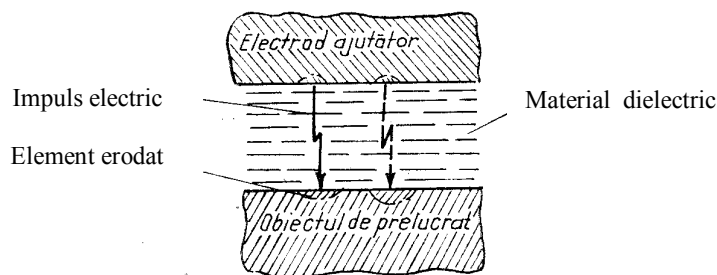


Fig. 1.4.1

Prelucrarea prin eroziune cu plasmă, prin eroziune electrochimică, prin eroziune chimică, prin eroziune cu radiații sunt câteva din procedeele des utilizate în prelucrarea unor piese complexe. Forma prelucrată prin eroziune este determinată de forma

electrodului.

### 1.5. Prelucrare prin așchiere

Prelucrările prin așchiere sunt operații de desprindere de material sub formă de așchii, dintr-o piesă, cu scopul de a se obține forma, dimensiunile și calitatea suprafeței prelucrate, impuse prin desen, prin model sau alte indicații [2].

**Burghierea** este operația de prelucrare prin așchiere executată manual sau mecanic (la mașina de găurit sau la strung) cu ajutorul burghiului "a" asupra semifabricatului "b". În general semifabricatul rămâne imobilă și scula execută mișcarea de rotire "1" și de avans "2" (Fig. 1.5.1).

**Ferăstruirea** este prelucrarea prin așchiere executată manual sau mecanic cu ajutorul pânzei de ferăstrău (Fig. 1.5.2)(a-ferăstrău; b-piesă; 1,2 – mișcări executate).

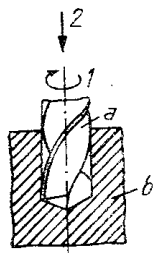


Fig. 1.5.1

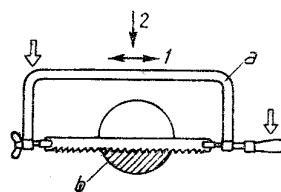


Fig. 1.5.2

**Polizarea** este prelucrarea prin așchiere executată mecanic (la polizor) cu ajutorul unei pietre de polizor "a" asupra unei piese "b" cu scopul de curăți sau a fasona piesele brute. Nu se urmărește o precizie dimensională a suprafeței. Piatra de polizor execută mișcarea de rotație iar piesa mișcarea de translație (Fig. 1.5.3).

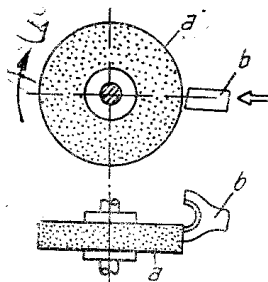


Fig. 1.5.3

**Rectificarea** este prelucrarea prin așchiere executată mecanic (în general la

mașini de rectificat) cu ajutorul unui corp abraziv. Mișcarea principală de rotație “1” este executată de corpul abraziv “a” iar mișcarea secundară de rotație “2” de către piesa “b”. Mișcarea rectilinie “3” este executată fie de piesă fie de către sculă (Fig. 1.5.4).

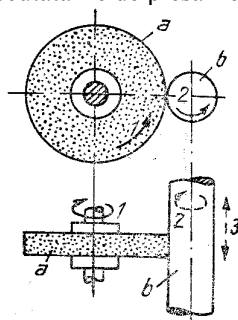


Fig. 1.5.4

**Filetarea** este prelucrarea prin așchiere executată manual sau mecanic – la strung, mașină de găurit, mașină de frezat filet, mașină de filetat) cu ajutorul unui cuțit, pieptene de filet, freză, tarod, filieră pentru obținerea unui filet pe suprafața exterioară sau interioară a unei piese (Fig. 1.5.5) [2]. Piesa execută mișcarea de rotație “1” iar scula mișcărilor “2” și “3”.

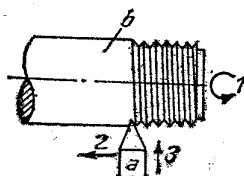


Fig. 1.5.5

## 1.6. Lipirea

**Lipirea** este procesul tehnologic de îmbinare la cald a două piese metalice - numite metale de bază - aliate în stare solidă, cu ajutorul unui metal de ados topit, numit aliaj pentru lipit. Aliajul pentru lipit întrebuițat are întotdeauna o temperatură de topire mai joasă – cu cel puțin  $50^{\circ}\text{C}$  - decât a metalelor de bază.

În timpul lipirii se produce o dizolvare și difuzie reciprocă între metalele de bază și aliajul pentru lipit care trebuie să dizolve bine metalele de bază, să se întindă ușor pe suprafața lor și să adere cât mai bine de aceasta. În plus, aliajul pentru lipit trebuie să îndeplinească și unele condiții economice: să fie ieftin și ușor de obținut.

Procedeele de lipire pot fi clasificate după mai multe criterii:

1. după temperatura de topire:

- a) *lipire moale* – aliajele de lipit au temperatura mai mică de 450 °C (de obicei sub 200 °C) – aliaje pe bază de staniu, plumb, cadmiu, indiu, zinc ș.a.. *Fluxurile* au rolul de a proteja metalul de bază și aliajul pentru lipit împotriva oxidării, să reducă oxizii, să contribuie la aderența marginilor cu aliajul pentru lipit și să îmbunătățească acoperirea suprafeței pieselor. Fluxurile des utilizate sunt sub forma: **compușilor organici** - colofoniul (sacâzul), stearina etc. – **compușilor neorganici** - acidul clorhidric, clorura de amoniu (țipirig), clorura de zinc. După lipire fluxurile neorganice trebuie îndepărtate de pe suprafața metalului deoarece pot produce o coroziune rapidă.
- b) *lipire tare* – aliaje de lipit cu temperatura de topire mai mare de 450 °C (de obicei peste 600 °C) – aliaje pe bază de cupru, aluminiu, zinc, aur, argint, platină ș.a. Fluxurile utilizate sunt: boraxul, acidul boric, fluoruri, cloruri etc. sub formă de praf, pastă, soluții lichide.

• după forma îmbinării în:

- a) lipire prin depunere, la care aliajul de lipit este introdus în rostul îmbinării;
- b) lipire capilară, la care aliajul de lipit pătrunde singur în rostul îmbinării prin fenomenul de capilaritate.

• după modul de încălzire al pieselor metalice în:

- a) lipire cu încălzire locală, pentru care are loc numai o încălzire parțială a pieselor în jurul îmbinării (recomandabilă pentru piese mari);
- b) lipire cu încălzire parțială când se încălzește întreaga piesă (recomandabilă pentru piese de dimensiuni mici).

În Fig. 1.6.1 se prezintă modul de realizare a îmbinării cap la cap prin lipire la cablurile optice pe suport metalic [5].

Se consideră în general că orice abatere a caracteristicilor unei lipituri de la cele ale unei conexiuni prin lipire “ideale” poate fi considerată ca *defect*. Principalele defecte, ușor vizibile, se pot include în următoarele:

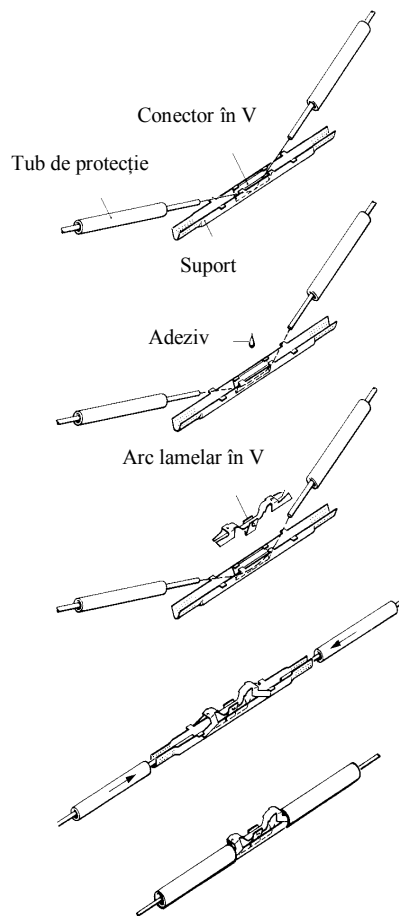
- *defecte de formă* (de ex. *punți*, “*stalactite*” etc.). Punțile realizate la o conexiune prin lipire, apar atunci când surplusul de aliaj de lipit conduce la formarea unei conexiuni electrice nedorite cu alte terminale. Se consideră un defect major. “Stalactitele” se datorează excesului de aliaj, se prezintă sub forma unei prelungiri conice și se consideră un defect major doar dacă prin forma lor conduc la atingerea accidentală a altor terminale.
- *defecte de aspect* (umectare necorespunzătoare etc.);
- *defecte datorate fabricației sau prelucrării cablajelor imprimate* (exfoliere, găurire necorespunzătoare etc.). Tensiunile interne rezultate în material în urma prelucrărilor constituie punctual de plecare al unor defecte prin oboseală ale îmbinărilor lipite. Aceasta impune să se dea o atenție deosebită acestui aspect.
- *defecte de montaj* (terminale scurte ale componentelor etc.);



- *alte defecte. Lipiturile false* constau în neîndeplinirea rolului acesteia (mecanic și electric) cu toate că aspectul său pare normal. Acest lucru se datorează fie unei inserții incorecte a terminalului (Fig. 1.6.2 a), fie că terminalul este prea scurt (Fig. 1.6.2 b).

*Lipiturile "recti"* constituie un defect major dar remedierea lor este simplă. Suprafața acestor lipituri este cu asperități. Cauza acestei lipituri este cantitatea de căldură insuficient aplicată.

*Lipiturile "galbene"* își au numele din îngălbenirea lipiturii. Cauza acestui efect are la bază peliculele de flux rămase pe suprafața lipiturii. Îngălbenirea lipiturii se poate realiza și datorită unei temperaturi de lucru prea ridicate care conduce la formarea unui oxid de Sn. Se consideră un efect minor.



**Fig. 1.6.1**

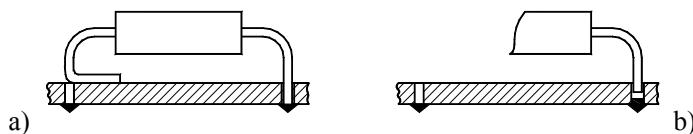


Fig. 1.6.2

### 1.7. Wraparea

Deși conexiunile prin lipire dețin ponderea principală, în aparatura electronică se mai utilizează și alte tipuri de conexiuni:

- *conexiunea prin wrapare* care constă în înfășurarea conductorului de conexiune cu secțiune circulară, dezizolat pe porțiunea de torsadă, în jurul unui pin. Aspecte prin modul de realizare a unei astfel de îmbinări sunt prezentate în Fig. 1.7.1 (1-fir izolat; 2-fir dezizolat; 3-pin de conectare; 4-muchie de referință): conexiune regulată (Fig. 1.7.1 a), conexiune modificată (Fig. 1.7.1 b). Muchiile pinului, fiind puternic presate în procesul de asamblare, determină imprimarea unor creștături în pelicula de oxid a conductorului ce se înfășoară și rezultă un contact de asamblare prin solicitări elastice în cele două părți componente ale asamblării. Îmbinarea este practic un contact metal – metal de presiune mare. Asamblarea oferă astfel continuitate electrică și stabilitate mecanică.

*Avantajele* îmbinărilor prin wrapare sunt: densitate mare de conexiuni, conectare fiabilă fără degajare de ăldură și gaze, stabilitate electrică și mecanică etc. *Dezavantajele* acestui tip de îmbinare constau în imposibilitatea reutilizării conductorului de conexiune, pini permit cel mult 25 de wrapări, nu se poate wrapa un conductor multifilar, la frecvență de peste 100 MHz capacitatea și inductivitatea parazită devin semnificative, etc.

Pinii ce se wrapează sunt din cupru sau aliaje de cupru cu beriliu, siliciu, nichel-zinc și, în cazuri speciale, din oțel inoxidabil. În general pini sunt protejați prin acoperire galvanică cu aur. Conductorul de wrapare este din cupru sau aliaje ale acestuia (cu cadmiu, cadmiu – crom).

Operația de wrapare este executată manual, semiautomat sau automat. Pistolul de wrapare este cel mai utilizat utilaj. Operația de wrapare constă din patru faze:

1. se îndepărtează izolația de pe conductorul de conexiune pe o lungime impusă de parametrii conexiunii ce urmează a se realiza;
2. capătul liber al conductorului dezizolat este agățat în creștătura terminalului de wrapare (Fig. 1.7.2 a);
3. pistolul este poziționat cu orificiul terminalului de wrapare peste pinul conexiunii de realizat (Fig. 1.7.2 b, e);
4. se comandă rotirea terminalului pistolului, înfășurând astfel firul (Fig. 1.7.2 c, d, f).

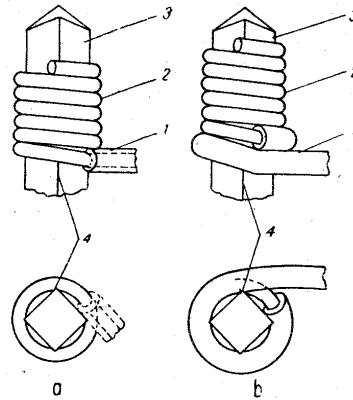


Fig. 1.7.1

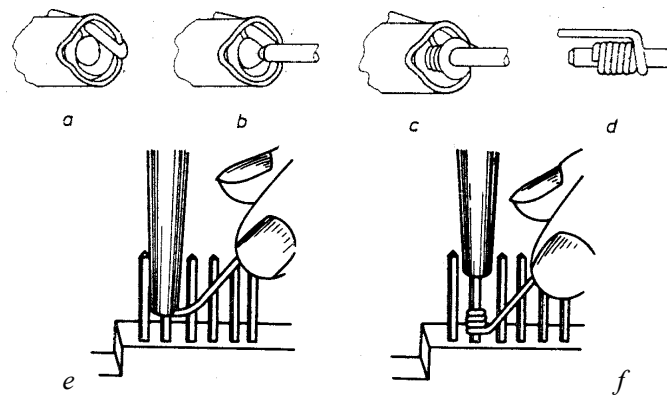


Fig. 1.7.2

Realizarea semiautomată sau automată a conexiunii asigură desfășurarea tuturor celor 4 faze descrise anterior.

### 1.8. Alte procedee de realizare a conexiunilor electrice

- **conexiunea prin sudură** conduce la îmbinări rezistente mecanic. În funcție de aplicația curentă se poate utiliza: sudare prin rezistență electrică, cu laser, cu fascicol de electroni, cu ultrasunete;
- **conexiunea prin sertizare** se realizează prin atașarea – presare și deformare – a unui element de conectare de tip papuc la capătul conductorului de conexiune, cu

ajutorul unor clești speciali sau a unor echipamente automate (Fig. 1.8.1). Aspectul unei conexiuni este prezentată în Fig. 1.8.1 a, diverse tipuri de papuci de sertizare în Fig. 1.8.1 b și secțiuni ale unor conexiuni în Fig. 1.8.1 c. O conexiune sigură presupune utilizarea unor profile ale elementelor de conectare adecvate secțiunii conductorului.

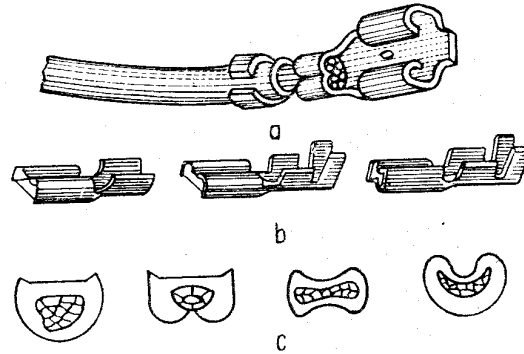


Fig. 1.8.1

- **conexiunea de tip termopunct** se realizează prin atașarea firului de conexiune dezizolat la un pin de secțiune dreptunghiulară, prin intermediul unei capse speciale aplicată manual sau automat (Fig. 1.8.2: a - secțiune printr-o conexiune de tip termopunct; b - vedere laterală a conexiunii; 1 - mănunchi de fire dezizolate și deformate prin presare; 2 - support izolator; 3 - pin de conectare; 4 - arc lamelar curbat de presiune; 5 - distanțiere).

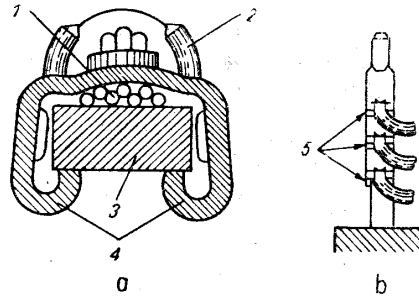


Fig. 1.8.2

- **conexiunea mecanică șurub – piuliță** este mai puțin utilizată în construcția echipamentelor electronice datorită în special rezistențelor electrice de contact destul de ridicate. Conexiunea este recomandată și este extrem de fiabilă pentru

echipamente ce funcționează la tensiuni și curenți mari. Un aspect al acestei conexiuni este prezentat în Fig. 1.8.3 și Fig. 1.8.4.

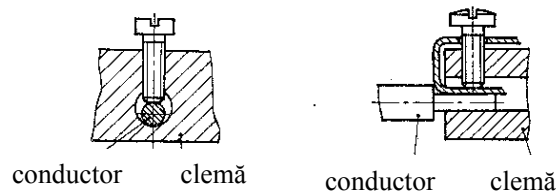


Fig. 1.8.3

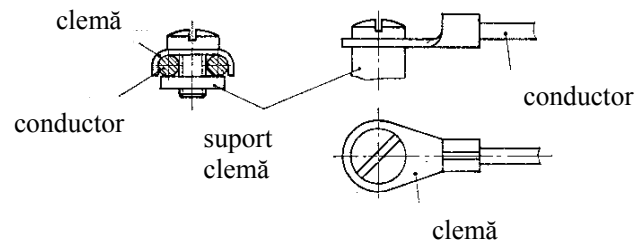


Fig. 1.8.4

Valori ale ratelor de defectare ale unor conexiuni utilizate în aparatura electronică sunt prezentate în Tab. 1.8.1 [3]. O comparație între fiabilitatea diferitelor tipuri de conexiuni pe baza datelor experimentale este prezentată în Tab. 1.8.2 [3].

Tab. 1.8.1

Tipul conexiunii	Rata defectărilor $\lambda$ [h <sup>-1</sup> ]
Lipire manuală	$2 \cdot 10^{-7}$
Lipire automată	$5 \cdot 10^{-8}$
Sudură electrică	$2 \cdot 10^{-8}$
Sertizare	$5 \cdot 10^{-8}$
Wrapare	$10^{-9}$

Tab. 1.8.2

Tipul conexiunii	Valoarea ratei de defectare $\lambda$ [ $h^{-1}$ ]	Durata testării (conexiune x ore de funcționare)
Conexiuni prin lipire		
Calculatoare (echipament staționar)	$4 \cdot 10^{-9}$	$523 \cdot 10^8$
Echipament electronic staționar	$5.7 \cdot 10^{-9}$	$179.5 \cdot 10^8$
Echipament electronic naval	$8.5 \cdot 10^{-9}$	$16.4 \cdot 10^8$
Echipament electronic aeronave	$3.4 \cdot 10^{-8}$	$29.9 \cdot 10^8$
Conexiuni prin sudură electrică		
Echipament electronic staționar	$1.9 \cdot 10^{-9}$	$10.72 \cdot 10^8$
Echipament electronic aeronave	$7.9 \cdot 10^{-8}$	$0.76 \cdot 10^8$
Conexiune prin sertizare		
Echipament electronic staționar	$1.6 \cdot 10^{-8}$	$3.73 \cdot 10^8$
Conexiuni prin wrapare		
<i>Echipament electronic staționar</i>	$3.7 \cdot 10^{-11}$	$2.7 \cdot 10^{11}$

Valorile ratelor de defectare a conexiunilor prin lipire sunt relativ coborâte. Cu toate acestea ponderea defectărilor datorate conexiunilor prin lipire este suficient de ridicată din cauza numărului ridicat de lipituri din echipamentele electronice. Solicitățile mecanice – vibrații, șocuri, accelerații etc. – la care sunt supuse echipamentele electronice influențează nefavorabil fiabilitatea conexiunilor prin lipire.

### 1.8.1. Sudarea

*Sudarea* este o metodă de îmbinare nedemontabilă a două corpuri solide, cu compoziții apropiate, prin stabilirea, în anumite condiții de temperatură și presiune, a unor forțe de legătură între atomii marginali ai celor două corpuri de îmbinat [1]. Procedeele se poate realiza cu sau fără material de adaos. Sudabilitatea metalelor este o proprietate a acestora care definește capacitatea lor de a realiza îmbinări nedemontabile care să corespundă condițiilor impuse de exploatare. Pentru oțeluri o sudabilitate bună se asigură pentru un conținut de până la 0.4 - 0.5 % C. Dintre fonte, sunt sudabile numai cele cenușii. Cuprul se sudează bine dacă nu conține O<sub>2</sub> mai mult de 0.04 % [3.1]. Alama și bronzul se sudează greu. Alumiul și aliajele sale se sudează greu datorită oxidării metalului topit și conductivității termice mari. Se sudează bine nichelul și aliajele sale.

*Sudarea la rece* se aplică pentru îmbinarea materialelor suficient de plastice la

temperaturi joase: aluminiu, cadmiu, plumb, alamă, zinc. Presiunea se aplică brusc sau progresiv. Presiunile utilizate depind de perechea de material de îmbinat: de la 10 N/mm<sup>2</sup> pentru Pb – Pb la 550 N/mm<sup>2</sup>.

*Sudarea cu arc electric* poate fi directă sau indirectă. La metoda directă un electrod se identifică prin piesa de sudat iar cel de-al doilea electrod este bara metalică ce amorsează arcul electric. (Fig. 1.8.5). Varianta indirectă are la bază încălzirea prin radiație a piesei de la cei doi electrozi – bare metalice. Arcul electric se stabilește prin aplicarea între electrozi a unei tensiuni care determină ionizarea aerului din jurul acestora. Electrocul de sudură are miezul din oțel iar învelișul are la bază o componentă dominantă cu un amestecat din diverse pulberi și constituie fluxul dezoxidant. Prin acest procedeu se realizează contacte electrice din argint – oxid de cadmiu, cupru – tungsten sau alte materiale refractare pe suport din cupru, realizarea termocuplelor etc.

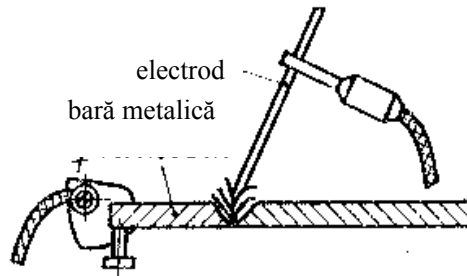


Fig. 1.8.5

*Sudarea prin presiune* este un procedeu extrem de răspândit. În cadrul acestui procedeu *sudarea în puncte* este cel mai utilizat procedeu în construcția echipamentelor electronice. Procedeu se realizează în general la trecerea unui current electric de valori ridicate printr-un contact, încălzirea acestuia la temperaturi înalte și răcirea sub presiune (Fig. 1.8.6). Se sudează simultan unul sau mai multe puncte.

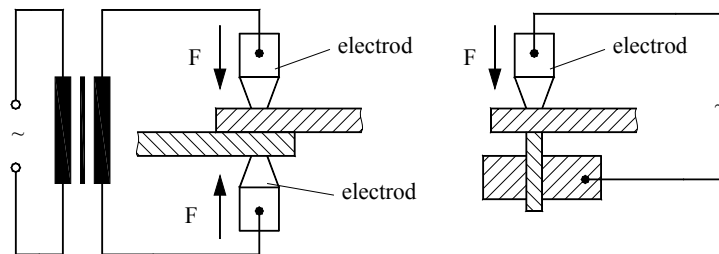


Fig. 1.8.6

Schema de principiu a *sudării în relief* este prezentată în Fig. 1.8.7. Punctele sudate se realizează simultan, curentul trecând între piese prin proeminențele realizate pe una dintre ele.

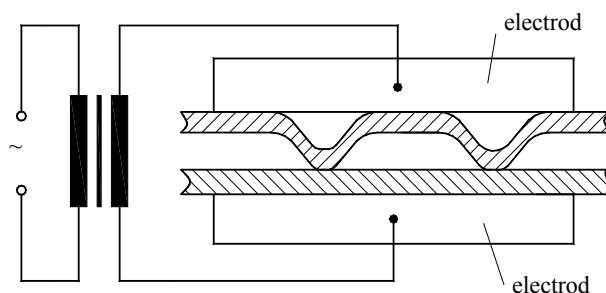


Fig. 1.8.7

*Sudarea cu energie înmagazinată* este utilizată în cazurile în care este necesară o definiție precisă a energiei consumate la sudarea fiecărui punct (Fig. 1.8.8).

Fazele de funcționare ale instalației sunt:

1. încărcarea condensatorului C atașat schemei pe perioada când întrerupătorul K este deschis și condensatorul este conectat la o sursă de curent continuu;
2. descărcarea condensatorului (când K este închis) peste înfășurarea primară a transformatorului de sudare.

Pe parcursul desfășurării procesului de sudare cele două piese sunt presate cu forța F.

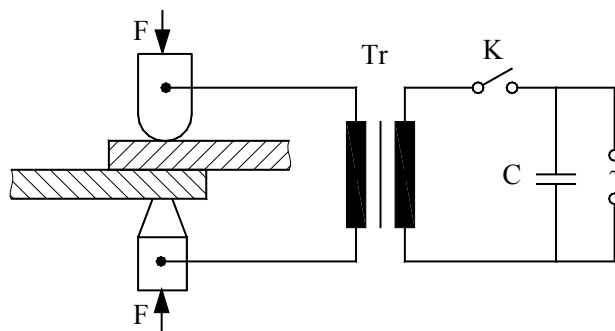


Fig. 1.8.8

*Sudarea în linie* este un procedeu care se realizează în același mod cu sudarea



în puncte. Deosebirea constă în forma electrozilor care se materializează sub aspectul unei role (Fig. 1.8.9). Cordonul de sudură este uniform și continuu.

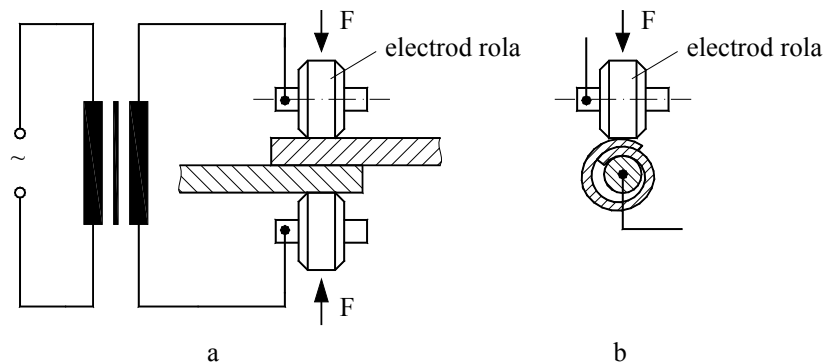


Fig. 1.8.9

*Sudarea prin presiune cu încălzire prin inducție, cu încălzire prin frecare sunt alte metode folosite.*

Principiul de realizare a sudării prin presiune la rece și vibrație cu ultrasunete este prezentat în Fig. 1.8.10. Presiunea asupra pieselor se aplică prin intermediul unei scule care este în același timp și sonotrod (produce undele ultrasonice). Suprapunerea vibrațiilor create peste presiunea exercitată asigură energia necesară realizării sudării.

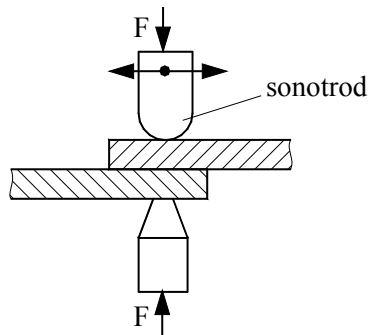


Fig. 1.8.10

Procedeeul de sudare este extins pe scară largă pentru îmbinarea cablului flexibil plat la un terminal, la îmbinarea terminalelor conductorilor izolați în industria calculatoarelor electronice, la îmbinarea conexiunilor izolate etc.

În Fig. 1.8.11, se prezintă soluția principală de sudare a conexiunilor izolate. Un electrod alimentat în c.a. este utilizat topirea și evaporarea izolației conductorului. Pe măsură ce materialul izolant se evaporă, rezistența electrică scade brusc iar între electrozii 1 și 3 realizându-se sudura dorită.

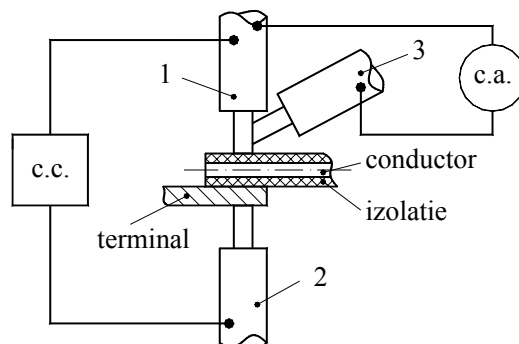


Fig. 1.8.11

Se pot suda componentele electronice pe circuitele imprimate cu un substrat flexibil din sticloepoxid și nichel depus electrochimic.

Industria electronică utilizează și alte metode de obținere a căldurii necesare pentru realizarea sudării. Se pot aminti astfel:

*Laserul.* Energia fascicului luminos este convertită în energie termică la suprafața pieselor de îmbinat, spotul luminos fiind focalizat la 0,0025 – 0,5 mm diametru. Energia este reglată prin puterea debitată de sursa de alimentare și dimensiunea spotului.

*Fasciculul de electroni.* Metoda permite o densitate de 2-3 suduri / mm<sup>2</sup>. Procedul se utilizează la asamblarea componentelor active și pasive, la îmbinarea metalelor refractare, a beriliului, aliajelor de titan etc.

## 1.9. Bibliografie

[3.1] Nanu, A., Tehnologia materialelor, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1977

[3.2] Georgescu, G.S., Îndrumător pentru ateliere mecanice, Editura Tehnică, București, 1978

[3.3] Bacivarof, I.C., Conexiuni prin lipire în aparatura electronică, Editura Tehnică, București, 1984

[3.4] \*\*\*, Mechanical Splicer for Optical Waveguides, Siemens Aktiengesellschaft, no. A4 5050