

2. ASAMBLARI NEDEMONTABILE

2.1 Asamblari nituite

Nituirea este o asamblare nedemontabila care se realizeaza prin solidarizarea tablelor cu ajutorul niturilor. Nitul este un corp cilindric prevazut la un capat cu un cap cilindric, tronconic sau bombat; celalalt cap se obtine prin deformare plastica (figura 2.1).

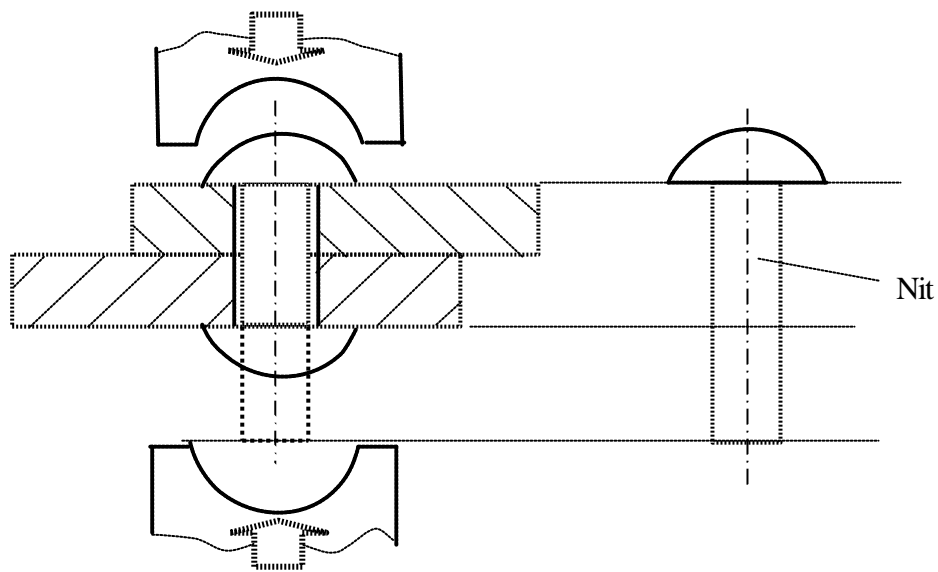


Fig. 2.1

Utilizarile asamblarilor nituite sunt relativ diverse: poduri, poduri rulante, grinzi industriale, tinichigerie, vagoane de cale ferata, material auto, constructia de aeronave.

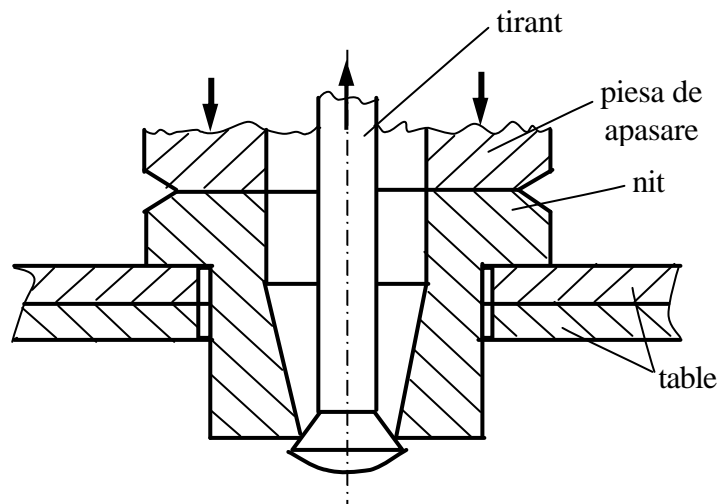


Figura 2.2 a)

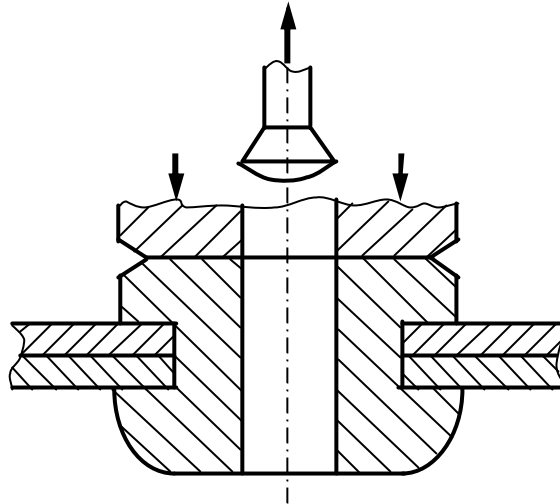


Fig. 2.2 b)

La avioane si la caroserii auto se utilizeaza, de obicei, nituri tubulare asamblate mecanizat sau automatizat. Cum niturile din industria automobilelor si aviatiei sunt de dimensiuni mici, nituirea se face la rece. Pentru industria de aviatie se utilizeaza tehnologii performante, precum cele sugerate de figurile 2.2 si 2.3.

Dupa tragerea tirantului (figura 2.2 b), peretele exterior al nitului tubular ia contact cu peretele gaurii date în tablele care urmeaza sa fie asamblate, iar deformarea laterala a corpului cilindric al nitului tubular asigura solidarizarea tablelor.

La varianta din fig. 2.3 deformarea corpului nitului tubular este determinata de forma conjugata a gaurii conice a nitului cu a capului tirantului care va ramâne, dupa rupere, încastrat în el.

Strângerea realizata la variantele prezentate este foarte puternica, asa încât este asigurata si etanseitatea asamblarii.

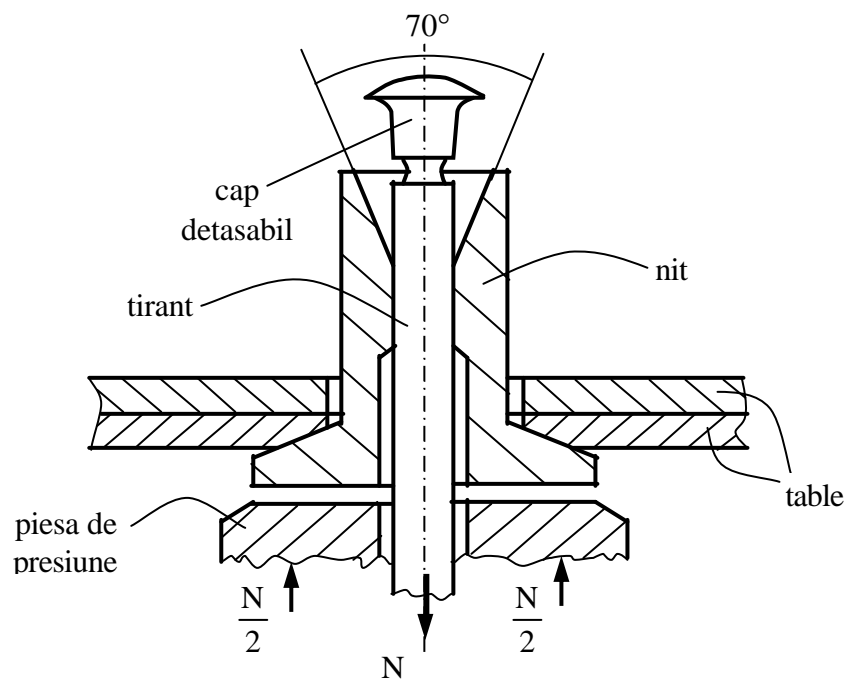


Figura 2.3 a)

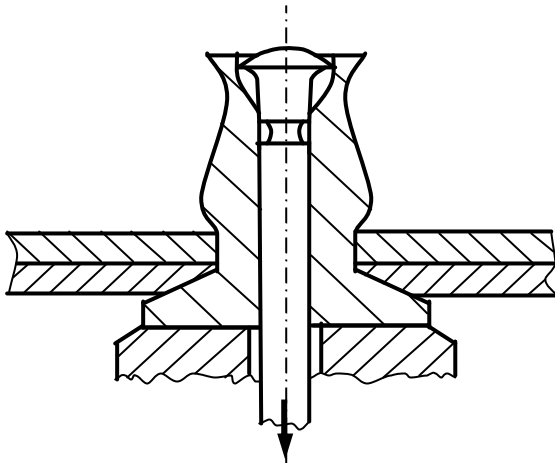


Figura 2.3 b)

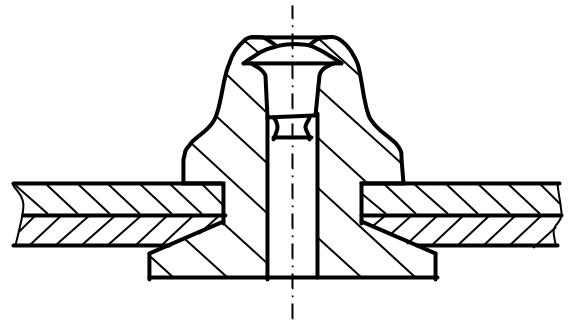


Figura 2.3 c)

2.1.1. Materiale pentru nituri

Materialele pentru nituri trebuie să îndeplinească simultan mai multe cerințe:

- formare ușoară;
- umplerea completă a găurii;
- menținerea strângerii în timp;
- asigurarea strângerii în condiții variate de temperatură (coeficient de dilatare apropiat de cel al tablelor asamblate);
- nitul și tablele asamblate trebuie să fie apropiate ca natură, pentru a nu se produce curenți galvanici cu efect de coroziune.

Pentru asamblări obișnuite, se utilizează nituri din oțeluri de mică rezistență – ușor de deformat (OL 34, OL 37 STAS 500/2 - 80), dar care nu întrunesc decât în mică măsură condițiile prezentate mai sus. Pentru realizarea structurilor nituite din construcția de avioane se utilizează diferite aliaje de aluminiu.

2.1.2 Tehnologie

De regulă, nituirea se poate face la rece, pentru diametre mai mici de 12 mm sau la cald, pentru diametre mai mari de 12 mm. Etapele nituirii clasice (fig. 2.1) sunt:

- îndreptarea tablelor;
- găurire prin stantare sau cu burghiul;
- suprapunerea gaurilor;
- debavurarea gaurilor.

2.1.3 Nituirea metalelor ușoare (aliaje de aluminiu)

Pentru asamblările caracteristice structurilor de aviație se fac următoarele recomandări:

- găurirea cu burghiul pentru evitarea fisurării marginilor tablelor;
- nituirea la rece, pentru că la cald tablele din aluminiu își pierd din rezistență;
- aliajele Al-Cu-Mg se întăresc la temperatura camerei de la sine și, deci, înainte de nituire, trebuie depozitate la temperaturi joase sau tratate termic.

2.1.4 Procesul trans miterii fortei prin asamblarile nituite

La o asamblare corect facuta strângerea tablelor este atât de mare încât preluarea fortei F_1 se face prin frecarea dintre table. Solicitarea tijei nitului este, deci, întinderea; capul nitului este solicitat la strivire si la forfecare (figura 2.4). Strângerea nitului nu este, însa, complet controlabila si nu este garantata.

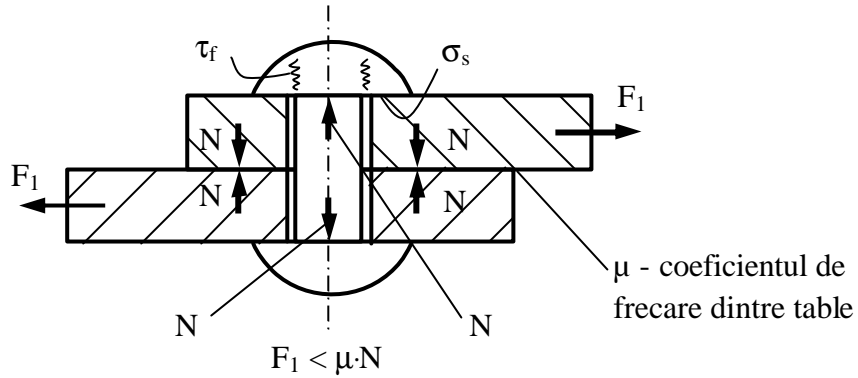


Figura 2.4

În cazul în care strângerea nu este suficient de puternică (figura 2.5), are loc o mica deplasare a tablelor cu frecare, în limita jocului dintre corpul nitului și peretele găurii din table. Prin creșterea în continuare a sarcinii F_1 corpul nitului va fi solicitat, tot în domeniul elastic, la strivire, încovoiere (eventual) și forfecare.

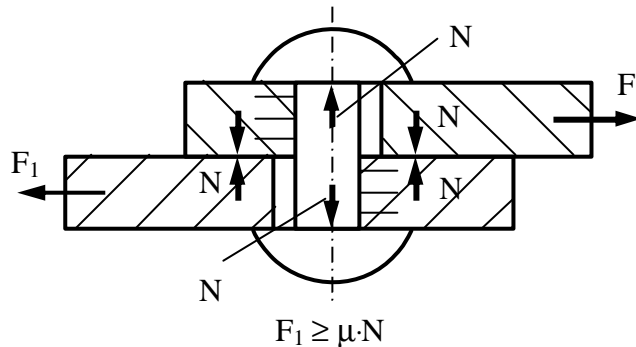


Figura 2.5

Dacă $F_1 > \mu \cdot N$, tensiunea de forfecare și/sau strivire depășește limita de curgere și deformările devin plastice (figura 2.6 și figura 2.7).

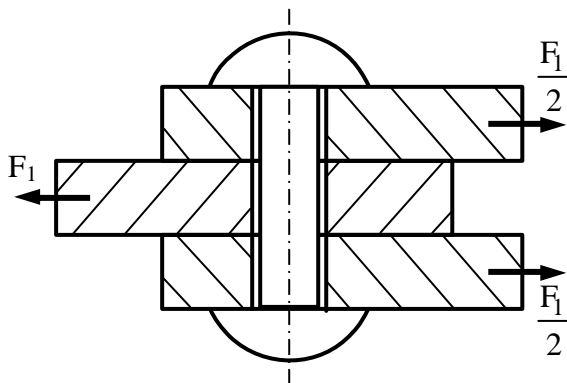


Figura 2.6 a)

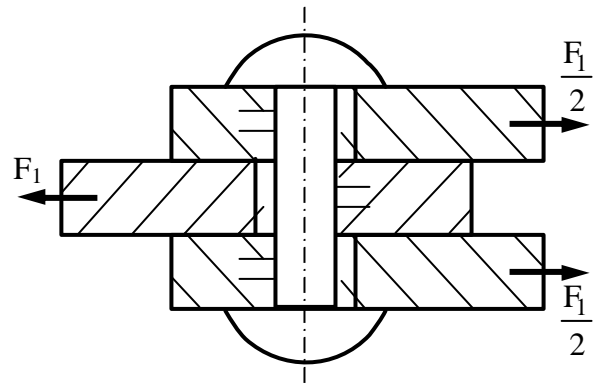


Figura 2.6 b)

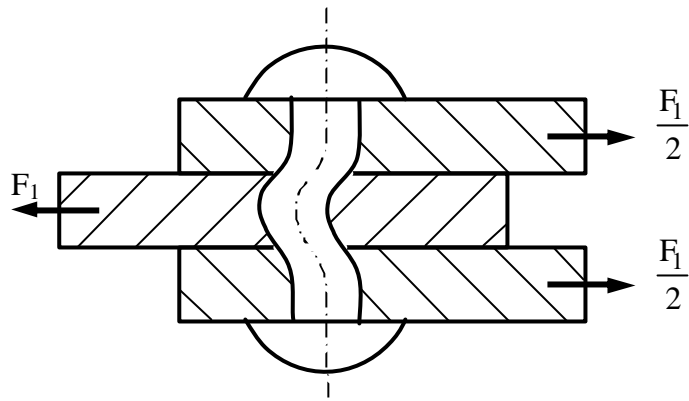


Figura 2.6 c)

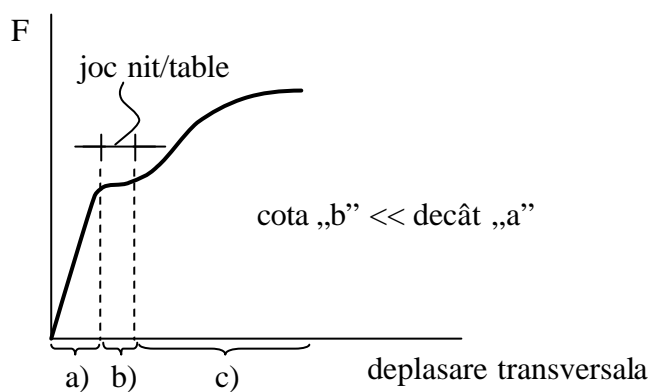


Figura 2.7

În cazul (probabil) în care forta exterioara F_1 este preluata si prin forfecarea niturilor si prin frecarea dintre table (figura 2.8) se poate scrie:

$$\mu \cdot N \leq F_1$$

$$F_1 = F_I + F_{II} = \mu \cdot (\sigma_t \cdot A) + \tau_f \cdot A$$

$$F_1 = A \cdot (\mu \cdot \sigma_t + \tau_f)$$

Situatia reprezinta o nedeterminare greu de ridicat, pentru ca nu poate fi cunoscuta nici valoarea strângerii N .

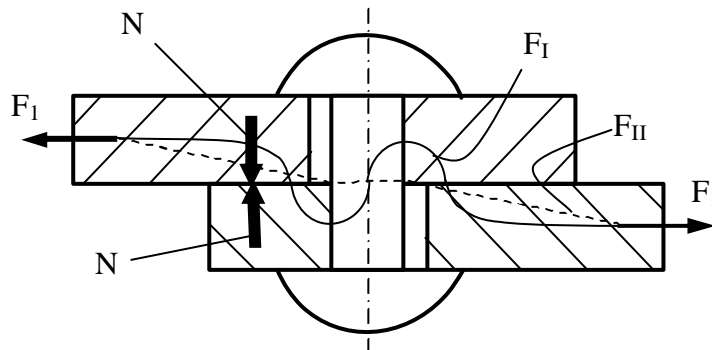


Figura 2.8

Din cele prezentate rezulta ca exista mai multe situatii posibile, referitor la strângerea tablelor si la solicitarea niturilor.

Daca $\mu \cdot N = 0$, ($N = 0$, adica strângerea tablelor este practic nula) niturile sunt solicitate la forfecare si la strivire.

Acest ultim caz reprezinta o situatie nefavorabila si este luata ca baza acoperitoare de calcul. Se ajunge, astfel, la o supradimensionare a niturilor care nu poate fi evitata, dar care compenseaza neajunsul legat de imposibilitatea cunoasterii strângerii reale dintre table.

Ipotezele de calcul, în conditiile aratate sunt:

- toate niturile au acelasi diametru;
- forta exterioara se repartizeaza uniform pe nituri;
- daca exista evident un nit mai intens solicitat, numai el se calculeaza celelalte ramânând supradimensionate;
- transmiterea partiala a fortei exterioare prin frecare se ia în considerare doar prin alegerea corespunzatoare (mai mica) a tensiunii admisibile;
- se presupune ca tija (corpul) nitului umple complet gaura din table;
- se neglijeaza încovoierea nitului;
- tensiunile se repartizeaza uniform pe sectiunea transversala a corpului nitului.

2.1.5 Solicitari generale ale nitului

În figura 2.9 sunt prezentate toate solicitarile care apar în/pe corpul si în/pe capul nitului. Cum capul este supradimensionat si necunoscând strângerea N se face numai calculul tijei la strivire si la forfecare, astfel:

$$\tau_f = \frac{F_1}{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4}} \leq \tau_{af} \quad (2.1)$$

unde F_1 este forta care revine unui nit.

$$\sigma_s = \frac{F_1}{s_{\min} \cdot d_1} \leq \sigma_{as}; \sigma_{as} \text{ pentru materialul cel mai putin rezistent (nit sau tabla).} \quad (2.2)$$

S-a admis ipoteza suplimentara ca tensiunea de strivire este distribuita uniform pe aria laterala a semicilindrului de înaltime s_{\min} si de diametru d_1 .

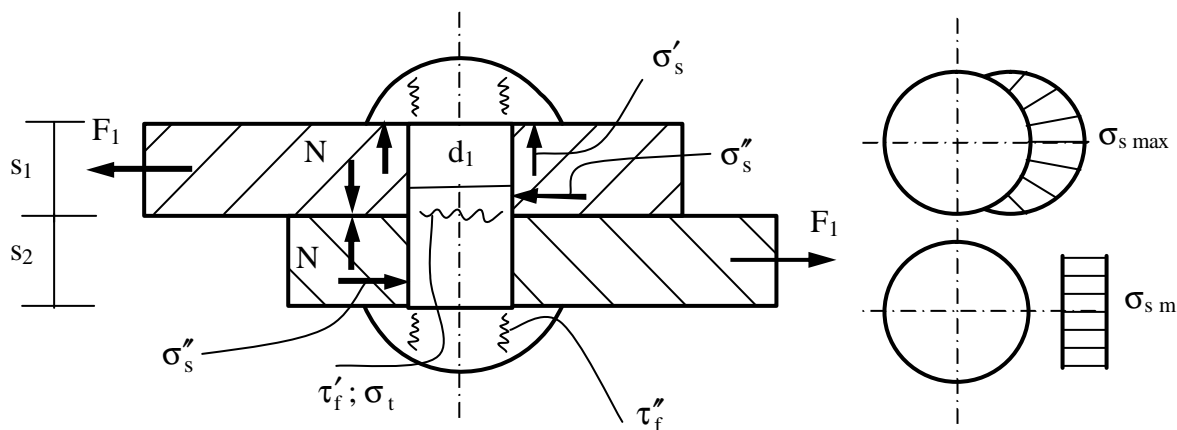


Figura 2.9

2.1.6 Calculul tablelor

Conform datelor din figura 2.10, tablele sunt solicitate la forfecare și la tracțiune:

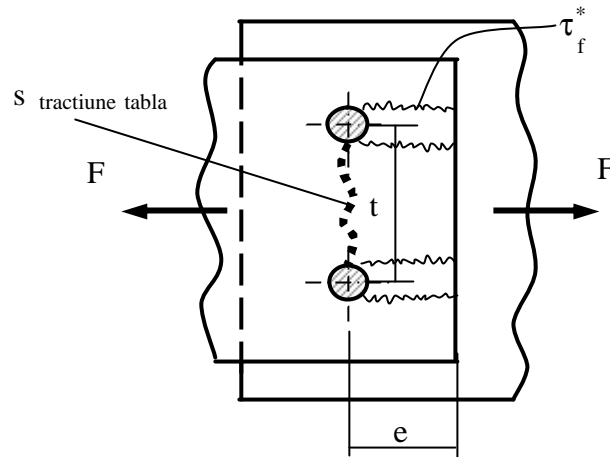


Figura 2.10

$$F_1 = 2 \cdot \left(e - \frac{d_1}{2} \right) \cdot s_{\min} \cdot \tau_f^* \quad *) \text{ tensiune de forfecare în table} \quad (2.3)$$

$$\tau_f^* \leq \tau_{af}^* \quad (2.4)$$

$$F_1 = (t - d_1) \cdot s_{\min} \cdot \sigma_t^* \quad *) \text{ tensiune de tracțiune în table}$$

$$\sigma_t^* \leq \sigma_{at}^*$$

În general, se recomandă ca $t_{\max} = (6 \dots 8) \cdot d_1$.

2.1.7 Forfecarea tablelor între rânduri

Dacă există mai multe rânduri de nituri, atunci se impune și verificarea tensiunii de forfecare, așa cum sugerează figura 2.11.

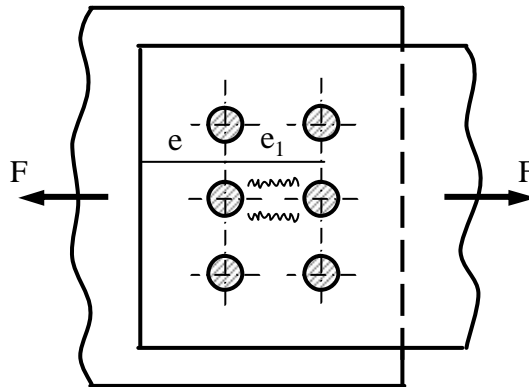


Figura 2.11

$$F_1 = 2 \cdot (e_1 - d_1) \cdot s_{\min} \cdot \tau_f^{**}) - \text{tensiunea de forfecare longitudinală a tablelor} \quad (2.5)$$

$$\tau_f^{**}) \leq \tau_{af}^*)$$

Pentru asamblările nituite din aviație se recomandă valorile:

$$d_1 = 1,5 \cdot s + 0,2 \text{ (cm)}; \quad d_1 \leq 13 \text{ mm}; \quad t = (2,5 \dots 6) \cdot d_1; \quad e = 2 \cdot d_1; \quad e_1 = (2,5 \dots 3) \cdot d_1$$

De asemenea, se recomandă ca asamblarea să fie realizată cu nituri multe și de diametru mic (3 .. 6 mm), pentru că, în acest fel concentratorii de tensiune sunt mai mici.

2.1.8 Calculul unei asamblări nituite solicitate excentric

În figura 2.12 este reprezentată o asamblare cu 9 nituri dispuse pe două cercuri, plus nitul central din punctul S – centrul de simetrie al figurii nituite. Evident că sarcina exterioară F se regăsește, prin reducere, în fiecare dintre nituri sub forma încărcării F_0 .

Momentul dat de forța F în raport cu punctul S este preluat de nituri prin forțele F_1 de pe cercul 1, respectiv de forțele F_2 de pe cercul 2.

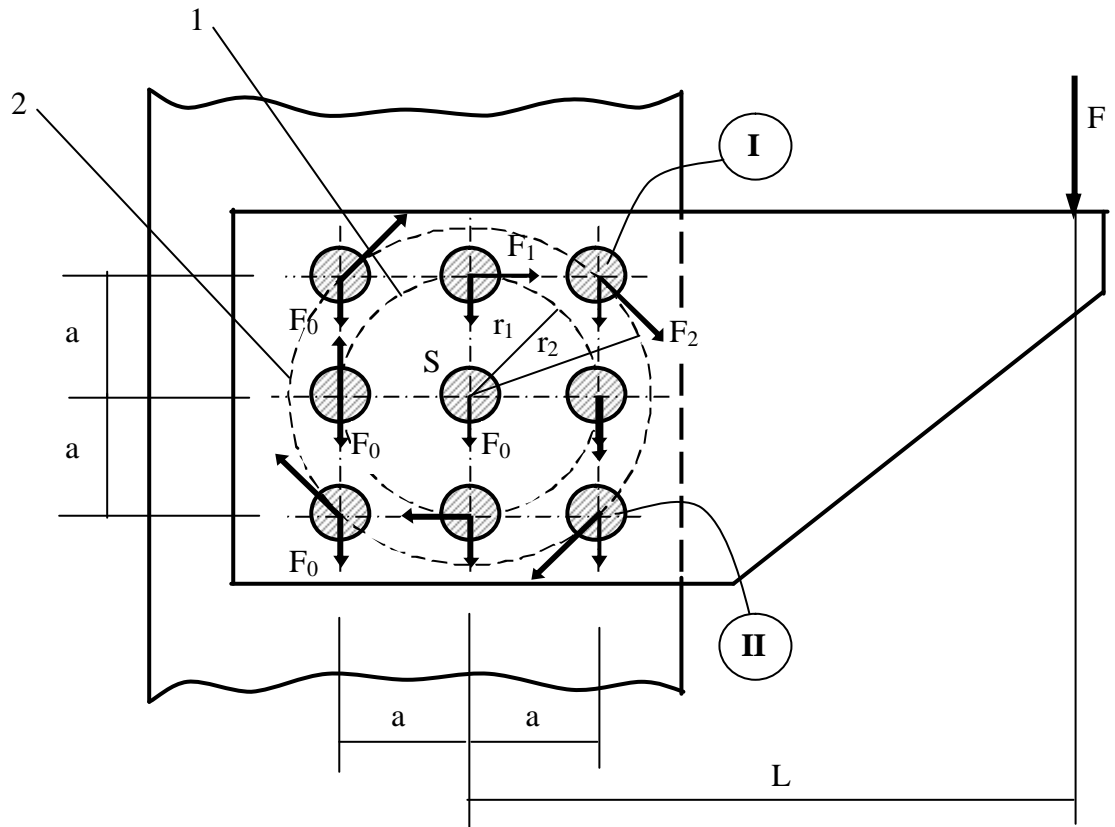


Figura 2.12

$$F_0 = \frac{F}{i} \quad (2.6)$$

$$FL = \sum_{x=1}^n i_x \cdot F_x \cdot r_x; \quad n = 2$$

în care i – numărul total de nituri și i_x – numărul de nituri de pe cercul x .

În plus, se face ipoteza ca sarcinile variaza invers proportional cu raza, ceea ce permite aflarea forțelor F_1 si F_2 .

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2}; \quad F_2 = F_{\max}$$

$$FL = i_1 \cdot F_1 \cdot r_1 + i_2 \cdot F_2 \cdot r_2 = i_1 \cdot \frac{r_1}{r_2} \cdot F_2 \cdot r_1 + i_2 \cdot F_2 \cdot r_2 \quad (2.7)$$

$$FL = F_2 \cdot (i_1 \cdot \frac{r_1^2}{r_2} + i_2 \cdot r_2) \Rightarrow F_2, \text{ respectiv } F_1$$

Niturile cele mai solicitate sunt niturile I si II cu forta:

$$F_{\max} = \sqrt{F_0^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_0 \cdot F_2 \cdot \cos(F_0, F_2)} \quad (2.8)$$

Prin metoda prezentata la paragraful 2.1.5 se face verificarea niturilor I si II la încarcarea F_{\max} .

Pentru verificari se recomanda:

$$\tau_{af} = (0,6 \dots 0,7) \cdot \sigma_{at}$$

$$\sigma_{as} = (2 \dots 2,5) \cdot \tau_{af} \quad (2.9)$$

2.2 Asamblari prin sudare

2.2.1 Procedee tehnologice

Sudarea metalelor, ca procedeu de asamblare nedemontabila, se poate realiza prin unul dintre urmatoarele procedee: prin aducerea pâna la plasticizare sau pâna la topire a pieselor alaturate (cu sau fara sursa de caldura), fara sau cu adaos de material de compozitie asemanatoare, cu sau fara presare.

2.2.2 Zonele caracteristice asamblarii sudate prin aport de material

Simpla observare a figurii 2.13 ne permite sa facem constatarea ca orice cordon de sudura reprezinta un important concentrator de tensiune.

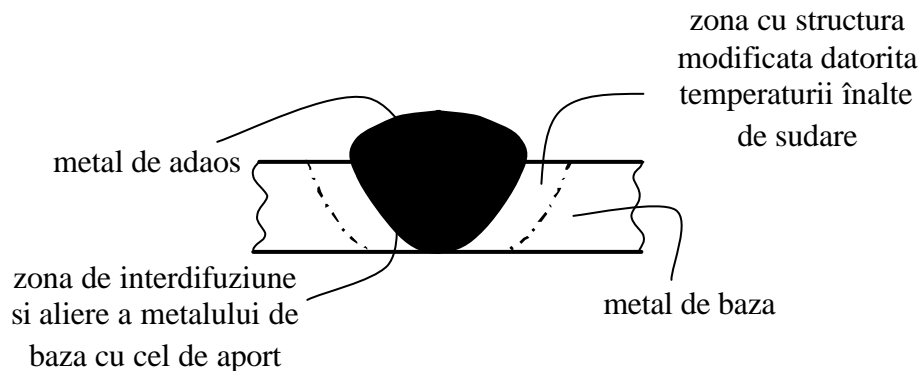


Figura 2.13

2.2.3 Avantajele procedului

Prezentam, mai jos, principalele avantaje ale asamblarilor sudate:

- folosirea mai judicioasa a materialului (profile, platbande);
- lipsa elementelor intermediare;
- adaosuri reduse de prelucrare;
- materiale de adaos putin pretentioase (electrozii sunt, de regula, identici cu materialul pieselor asamblate);
- operatiile pregatitoare sunt usor de realizat si nu sunt costisitoare;
- productivitate ridicata (mecanizare, automatizare);
- solutii posibile pentru subansambluri agabaritice;
- reparatii usoare;
- buna comportare în exploatare.

2.2.4 Dezavantajele asamblarilor sudate

Este important de urmarit lista de mai jos, pentru ca pune probleme proiectantilor:

- calitatea cusaturilor depinde de calificarea personalului lucrator, de pozitia sudurii, de utilaj, de pregatirea operatiei etc.;
- tensiunile remanente în zona sudurii trebuie eliminate (prin detensionare prin ciocanire sau prin tratament termic);
- controlul implica aparataj special (raze X sau ultrasunete).

2.2.5 Sudabilitatea

Otelurile cu carbon putin (OL 37, OL 42, OL 50) se sudeaza cu usurinta; sudabilitatea scade cu cresterea procentului de carbon.

Otelurile mai bogate în carbon (OL 60, OL 70) si otelurile aliate au tendinta de fisurare, fenomen evitat prin preîncalzirea reperelor care urmeaza a fi sudate si alegerea corespunzatoare a electrozilor.

Otelurile cu mult carbon (de peste 0,15%) devin dure si casante în zona sudurii, producându-se fisurari, în special la piese mari, astfel încât sudarea lor este dificila si nesigura.

La sudarea autogena a pieselor cu pereti subtiri din oteluri de înalta rezistenta (pentru motoare de aviatie) pot aparea fisuri în vecinatatea cordoanelor, cu atât mai mult cu cât procentul de carbon este mai înalt; pericolul se diminueaza prin limitarea continutului de sulf si fosfor. Pentru oteluri înalt aliate (cu conductivitate termica redusa), cu pericolul aparitiei tensiunilor interne, se recomanda sudarea cu arc electric, ceea ce micsoreaza durata de încaalzire.

2.2.6 Calculul îmbinarilor sudate

2.2.6.1 Îmbinarea cap la cap

Solicitarea cordonului este la tractiune, asa cum este sugerat în figura 2.14.

$$\sigma_{ts} = \frac{F}{l_s \cdot a} \leq \sigma_{as} \quad (2.10)$$

$$l_s = l - 2 \cdot s$$

În calcul se tine cont de arderile locale produse la capetele cordonului, asa încât din lungimea fizica reala a cordonului se scad lungimile s , lungimea de calcul fiind, acoperitor, l_s .
Daca solicitarea ansamblului este la încovoiere atunci rezulta, conform figurii 2.15:

$$\sigma_i = \frac{M}{\frac{a \cdot l^2}{6}} \leq \sigma_{a i} \quad (2.11)$$

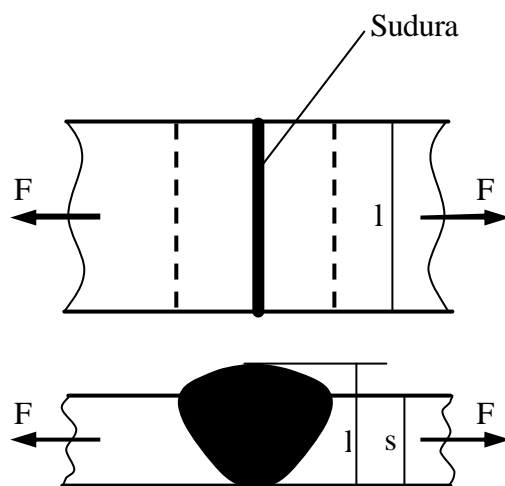


Figura 2.14

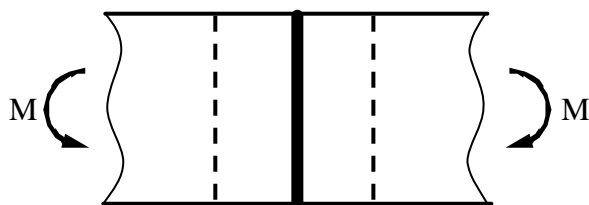


Figura 2.15

În ipoteza $l \cong 1$, conditia de egala rezistenta a sectiunilor cusaturii si materialului de baza este, pentru aceleasi tensiuni admisibile:

$$F = l \cdot a \cdot \sigma_{a \text{ sudura}} = l \cdot a \cdot \varphi \cdot \sigma_{a \text{ tabla}} = l \cdot s \cdot \sigma_{a \text{ tabla}} \quad (2.12)$$

$$\Rightarrow a = \frac{s}{\varphi}, \text{ deci } a \geq s$$

în care φ - coeficient de calitate a sudurii ($\varphi > 1$).

Rezulta $a = (1,2 \dots 1,25) \cdot s$. Peste aceasta valoare rezistenta sudurii nu mai creste, aparând concentratori de eforturi prohibitivi.

2.2.6.2 Îmbinare oblica cap la cap

Se considera $a = s$. Celelalte date geometrice si sarcinile sunt date în figura 2.16.

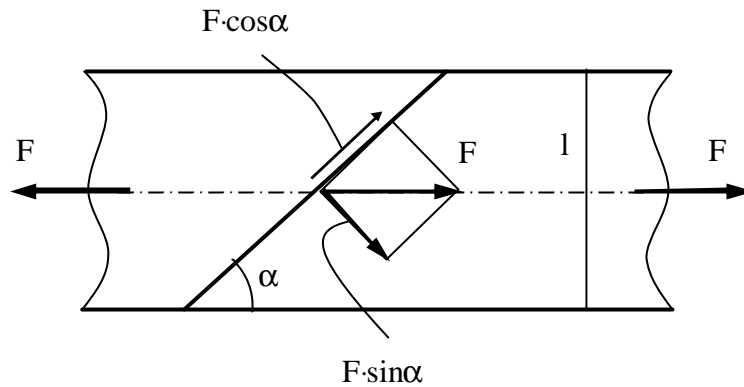


Figura 2.16

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{ts} &= \frac{F \cdot \sin \alpha}{l_s \cdot s} \\ \tau_{fs} &= \frac{F \cdot \cos \alpha}{l_s \cdot s} \end{aligned} \right\} l_s = \frac{l}{\sin \alpha} - 2 \cdot s \quad (2.13)$$

$$\sigma_{echs} = \sqrt{\sigma_{ts}^2 + 3 \cdot \tau_{fs}^2} \leq \sigma_{as} \quad (2.14)$$

2.2.6.3 Îmbinarea frontala de colt

Sudura monofrontala (figura 2.17) este solicitata la întindere si la forfecare. În figura 2.18 sunt prezentate variantele geometrice în care se pot realiza cordoanele de colt: varianta cu $a = s$ preia sarcina maxima, dar prezinta dezavantajul concentratorului de tensiuni prea ridicat; varianta cu $a = 0,5 s$ are un concentrator minim de tensiuni, dar preia o încarcare redusa.

Varianta de compromis este cu $a = \frac{\sqrt{2}}{2} s$.

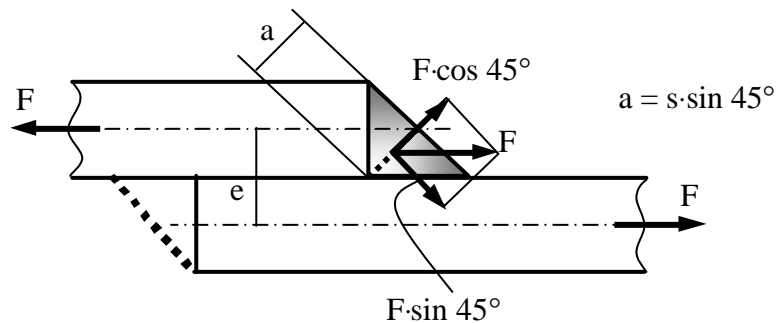


Figura 2.17

Tensiunile componente (tractiune si forfecare) se aduna geometric, conform unei metode confirmate experimental.

$$\begin{aligned}\sigma_{ts} &= \frac{F}{l_s \cdot a} \cdot \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{F}{l_s \cdot a} \\ \tau_{fs} &= \frac{F}{l_s \cdot a} \cdot \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{F}{l_s \cdot a} \\ \sigma_{ech} &= \sqrt{\sigma_{ts}^2 + \tau_{fs}^2} = \frac{F}{l_s \cdot a} \leq \sigma_{as}\end{aligned}\tag{2.15}$$

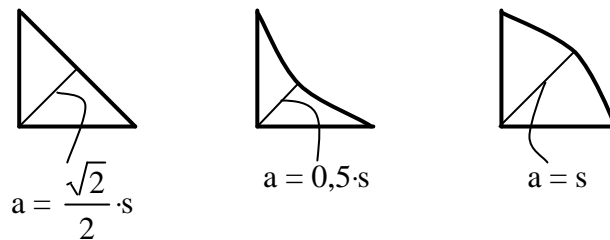


Figura 2.18

Daca sudura este dubla, bifrontala (vezi si linia întrerupta din figura 2.17), atunci

$$\begin{aligned}\sigma_{ts} &= \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot \frac{F}{l_s \cdot a} \\ \tau_{fs} &= \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot \frac{F}{l_s \cdot a} \\ \sigma_{ech} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{F}{l_s \cdot a} \leq \sigma_{as}\end{aligned}\tag{2.16}$$

Considerând modul de determinare a efortului echivalent ca fiind discutabil si datorita concentratorului puternic de eforturi dat de sudura se face, în acest caz, doar un calcul conventional la forfecare:

$$\tau_{fs} = \frac{F}{l_s \cdot a} \leq \tau_{afs} \text{ pentru sudura monofrontala}\tag{2.17}$$

$$\tau_{fs} = \frac{1}{2} \cdot \frac{F}{l_s \cdot a} \leq \tau_{afs} \text{ pentru sudura bifrontala}\tag{2.18}$$

Recomandari constructive:

- realizarea de cordoane bifrontale, pentru ca se reduce astfel efectul de aliniere a tablelor;
- lungime mare de suprapunere ($> 4 \cdot s$);
- cordoane cu sectiune cu concentratori reduși (figura 2.19).

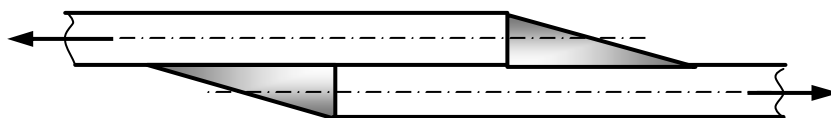


Figura 2.19

2.2.6.4 Îmbinarea de colt frontala sub actiunea unui moment încovoietor

Singura solicitare a cordonului este încovoierea (figura 2.20).

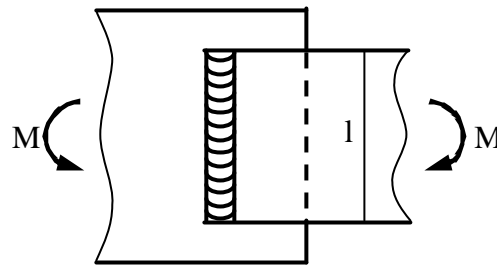


Figura 2.20

$$\sigma_{is} = \frac{M}{W_s} \leq \sigma_{ais} \quad (2.19)$$

$$W_s = \frac{a \cdot l_s^2}{6} \quad \text{pentru sudura monofrontala} \quad (2.20)$$

$$W_s = 2 \cdot \frac{a \cdot l_s^2}{6} \quad \text{pentru sudura bifrontala} \quad (2.21)$$

2.2.6.5 Îmbinarea de colt bilaterala solicitata axial

Solicitarea cordoanelor este forfecarea considerata a fi distribuita uniform, dar la capetele cordoanelor lungi tensiunile prezinta valori mai mari decât media (figura 2.21).

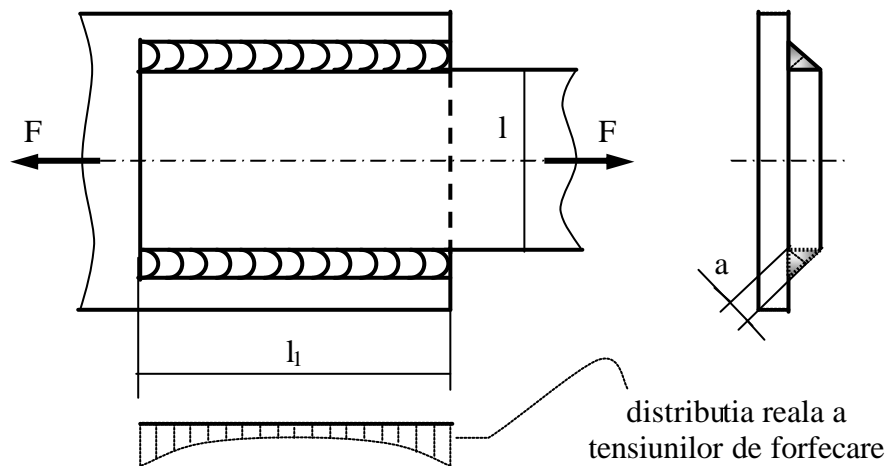


Figura 2.21

$$\tau_{fs} = \frac{F}{2 \cdot l_{sl} \cdot a} \leq \tau_{afs} \quad (2.22)$$

$$l_{sl} = l_1 - 2 \cdot s$$

$$a = 0,7 \cdot s$$

Se poate considera ca distributia de eforturi este aproape de medie la lungimi $l_1 < 50 \cdot a$.

2.2.6.6 Îmbinarea de colt bilaterală solicitată prin moment încovoietor

Momentul M se converteste în cuplul forțelor F care solicită cordoanele de sudură la forfecare (figura 2.22).

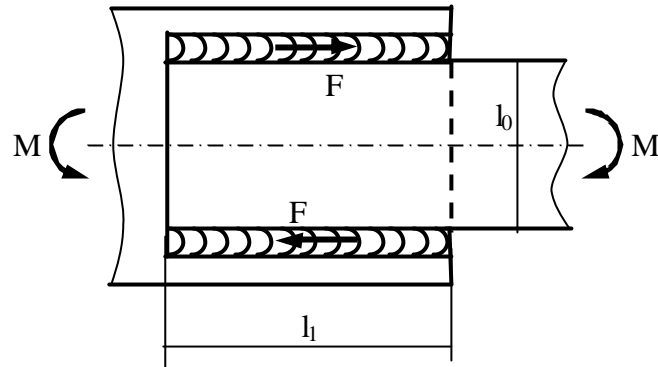


Figura 2.22

$$F \cdot l_0 = M \Rightarrow F = \frac{M}{l_0}$$

$$\tau_{fs} = \frac{F}{l_{sl} \cdot a} \leq \tau_{afs}$$

(2.23)

$$l_{sl} = l_1 - 2 \cdot s$$

2.2.6.7 Îmbinarea de colt bilaterale cu cordoane inegale

Forța exterioară F se regăsește în cordoanele de sudură sub forma componentelor F_1 și F_2 care dau solicitări de forfecare (figura 2.23). Din condiția atingerii tensiunii admisibile se pot determina lungimile cordoanelor de sudură.

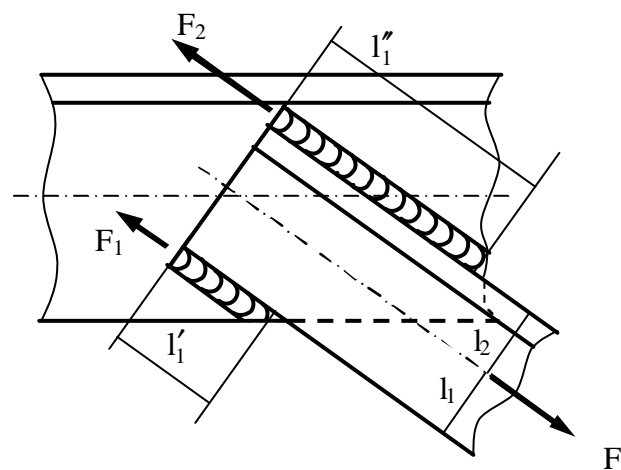


Figura 2.23

$$\begin{cases} F_1 + F_2 = F \\ F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_1 = F \cdot \frac{l_2}{l_1 + l_2} \\ F_2 = F \cdot \frac{l_1}{l_1 + l_2} \end{cases} \quad (2.24)$$

$$l'_{1s} = \frac{F_1}{0,7 \cdot s \cdot \tau_{afs}} \quad (2.25)$$

$$l''_{1s} = \frac{F_2}{0,7 \cdot s \cdot \tau_{afs}} \quad (2.26)$$

2.2.6.8 Îmbinarea de colt circulara închisa supusa unui moment de torsiune

Modelul de calcul este bazat pe faptul ca în cordon se produce o tensiune de rasucire (figura 2.24).

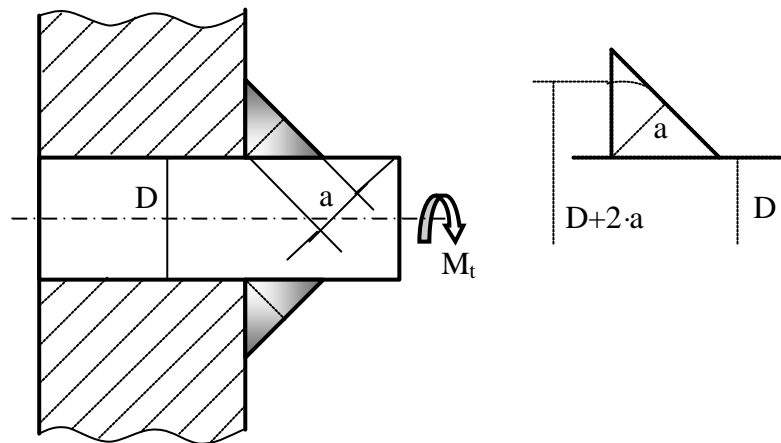


Figura 2.24

$$\tau_{ts} = \frac{M_t}{W_{ps}} \leq \tau_{ats} \quad (2.27)$$

$$W_{ps} = \frac{\pi \cdot [(D + 2 \cdot a)^4 - D^4]}{16 \cdot (D + 2 \cdot a)} \quad (2.28)$$

2.2.6.9 Cusaturi sudate prin puncte (construcții cu pereți subțiri)

Des utilizate în industria construcțiilor de mașini, această soluție de asamblare este rapidă, poate fi mecanizată sau automatizată, prezintă siguranță în exploatare, dar prezintă câteva inconveniente printre care:

- calculul este dificil;
- raportul grosimilor tablelor trebuie să fie maximum 3.

Cu datele din figura 2.25 se poate efectua un calcul aproximativ, n fiind numărul punctelor de sudură:

$$\tau_{fs} = \frac{F}{n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \tau_{afs} \quad (2.29)$$

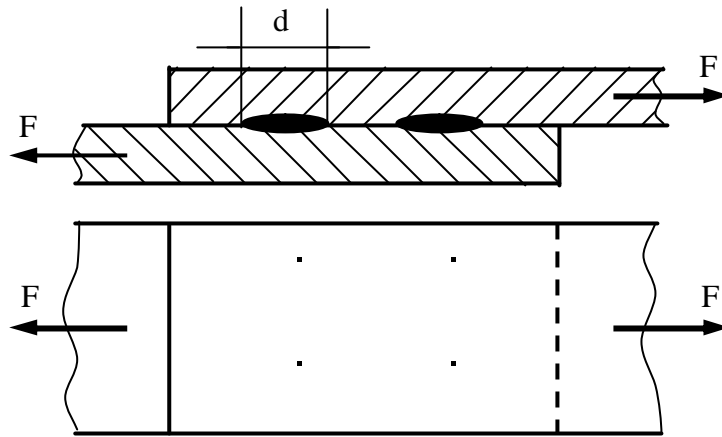


Figura 2.25

2.2.7 Eforturile de calcul din cordoanele de sudura

Forța de calcul, respectiv momentul de calcul la care pot fi solicitate cordoanele de sudura pleacă de la valorile nominale multiplicată prin coeficienți, astfel:

$$F_c = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot F;$$

$$M_c = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot M;$$

$\beta_1 = 1 \dots 1,3$ - dat de gradul de cunoaștere a eforturilor;

$\beta_2 = 1 \dots 3$ - ține cont de prezenta socurilor;

$\beta_3 = 1,2 \dots 1,5$ - coeficient de importanța a asamblării.

2.2.8 Eforturile unitare admisibile pentru cordoanele de sudura

Tensiunile admisibile pentru calculul cordoanelor de sudura sollicitate static σ_{as} se determină în funcție de tensiunea admisibilă la tracțiune pentru materialul de bază σ_a , având în vedere factorii de mai jos:

$$\sigma_{as} = k_0 \cdot k_1 \cdot \sigma_a;$$

σ_a - rezistența admisibilă a materialului de bază;

k_0 - coeficient de calitate;

k_1 - coeficient care ține cont de forma secțiunii și de sollicitare (Tabelul 2.1).

Tabelul 2.1

Tipul îmbinării	Solicitarea	k_1
Cap la cap	- tracțiune	0,75
	- compresiune	0,85 ... 0,9
	- încovoiere	0,8
	- forfecare	0,65
De colț	Orice tip de sollicitare	0,65

Asamblărilor sudate sollicitate la oboseală au un algoritm de calcul specific.

2.2.9 Recomandari privind asamblarile sudate

1. Forma cordoanelor de sudura trebuie sa permita un flux continuu al liniilor de forta, cu concentratori de tensiuni redusi.
2. Se recomanda realizarea cordoanelor simetrice pentru a se compensa deformatiile remanente de dupa racire.
3. Se recomanda realizarea cordoanelor lungi si subtiri (reprezentând concentratori de tensiuni redusi), distanta mare între cordoanele paralele, succesiune de cordoane bine gândita, treceri treptate de la piesa masiva la cea subtire, treceri numeroase la cordoanele înalte (dupa fiecare trecere se va face detensionarea mecanica sau prin tratament termic).
4. A se evita, pe cât posibil, intersectia cordoanelor.
5. Accesibilitata sudurii pentru a-i ridica calitatea.
6. Diminuarea concentratorilor de eforturi si evitarea suprapunerii acestora.

2.3. Asamblari prin lipire

Este o asamblare nedemontabila a pieselor metalice cu ajutorul unui material de adaos (aliaj de lipit) adus în stare topita la o temperatura cu minimum 50°C sub temperatura de topire a pieselor de asamblat.

Lipirea se realizeaza prin difuziunea particulelor aliajului în materialul de baza si prin formarea unei mici zone de aliere.

Avantajele procedului:

- lipsa concentratorilor si evitarea aparitiei fisurilor;
- lipsa tensiunilor interne (temperaturi joase de lucru);
- posibilitatea asamblarii pieselor subtiri (table, fire) fara pericolul arderii;
- posibilitatea asamblarii pieselor din metale diferite (cu exceptia celor de Al si Mg care se lipesc numai între ele);
- mentinerea formei dupa lipire.

Dezavantajele procedului:

- rezistenta redusa;
- rezistenta locala slaba la coroziune.

Domenii de utilizare:

- conexiunea conductorilor electrici (lipire cu ciocanul);
- tevi pentru schimbatoare de caldura;
- carcase, aparatura electrotehnica, electronica;
- aparatura de uz casnic, aparatura medicala;
- vehicule usoare;
- industria alimentara (conserve);
- aparate de masura, scule (placute dure aschietoare);
- tehnica nucleara;
- frigotehnie;
- aviatie (camere de ardere).

Clasificare:

- lipituri metalice moi ($t_{top} \leq 450^{\circ}C$);
- lipituri metalice tari ($t_{top} > 450^{\circ}C$).

2.3.1 Tehnologia îmbinarilor prin lipire

- Curatarea pâna la lustruire pentru îndepartarea oxizilor si impuritatilor, astfel:
 - mecanica: cu peria de sârma, pila, polizorul sau prin aschiere sumara;
 - chimica: cu tetraclorura de carbon, fosfat trisodic, acizi, alcoolii etc.
- Protectia lipirii se face, de regula, cu fluxuri de lipit (lichide, paste, pulberi) ca de exemplu: colofoniul, sacâzul, stearina, acidul clorhidric, clorura de amoniu (pentru lipiturile moi) si acidul boric, fluoratii sau cloratii de amoniu, potasiu si litiu, boraxul topit (pentru lipiturile tari).
- Dupa lipire se face un control nedistructiv sau distructiv (prin sondaj).
- Metodele de lipire sunt prezentate în Tabelul 2.2.

Tabelul 2.2

Modul de executare	Caracteristici	Domenii de aplicare
Cu ciocanul de lipit	Ciocanul se încălzește la o temperatura mai mare decât cea la care se topește aliajul de lipit.	Lipituri moi (unicate, electrotehnica).
Cu flacara (lampa de mâna)	Lampa de mâna sau flacara oxiacetilenica.	Otel, cupru sau aliaje. Piese mari, serie mare.
Cu rezistente electrice (efect Joule)	Electrozi de Cu, pentru a se evita supraîncalzirile locale. Timp redus de încălzire.	Lipituri moi sau tari.
Cufundarea în baie de sare topita (baie de aliaj de lipit)	Încalzirea barii se face cu electrozi de grafit. Piesele de asamblat se introduc în baie în zona de lipire.	Cu si aliajele sale (unicate sau serie). Productivitate mare.
Prin inductie	Locul de lipit este încălzit prin curent electric variabil.	Productie în flux continuu (serie mare). Pentru materiale feromagnetice.
Încalzire în cuptor	Se introduce toata piesa dupa ce, în prealabil, s-a depus materialul de adaos. În cuptor exista atmosfera protectoare de gaz.	Lipituri moi sau tari, serie mare
Cu ultrasunete	Aliajul topit difuzeaza mai usor.	Pentru Al, Cu, Ag, Mg, Ge.
Cu raze laser	Laser YAG, rubin sau CO ₂ . Proces automatizat.	Electronica
Cu flux reactiv de lipire	Fluxul contine clorura de zinc încălzita la 345÷380°C. Aceasta reactioneaza cu Al (material de baza) si depune Zn pe rost.	Aluminiu (metoda unica de lipire a aluminiului).

2.3.1.1 Lipituri moi

Caracteristicile generale ale acestui procedeu sunt:

- Rezistenta redusa la forfecare ($< 40 \text{ MPa}$, la 20°C);
- Temperatura de exploatare mai mica de 300°C ;
- Aliaje de lipit utilizate:
 - o Sn-Pb, cu adaosuri de Sb ($T_{\text{top}} = 183\div 325^\circ\text{C}$);
 - o Ag-Pb-Sn ($T_{\text{top}} = 235\div 310^\circ\text{C}$);

Particularitatile constructive sunt prezentate în figurile 2.26 – 2.28.

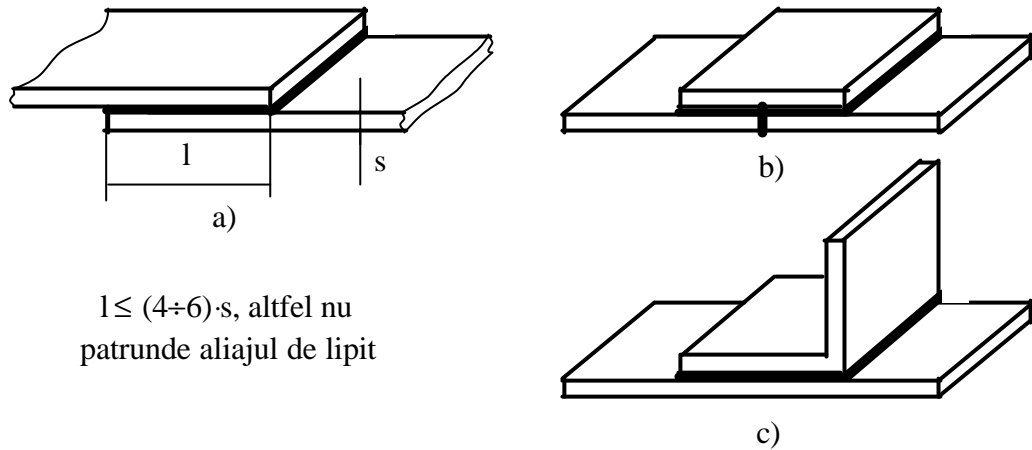


Figura 2.26

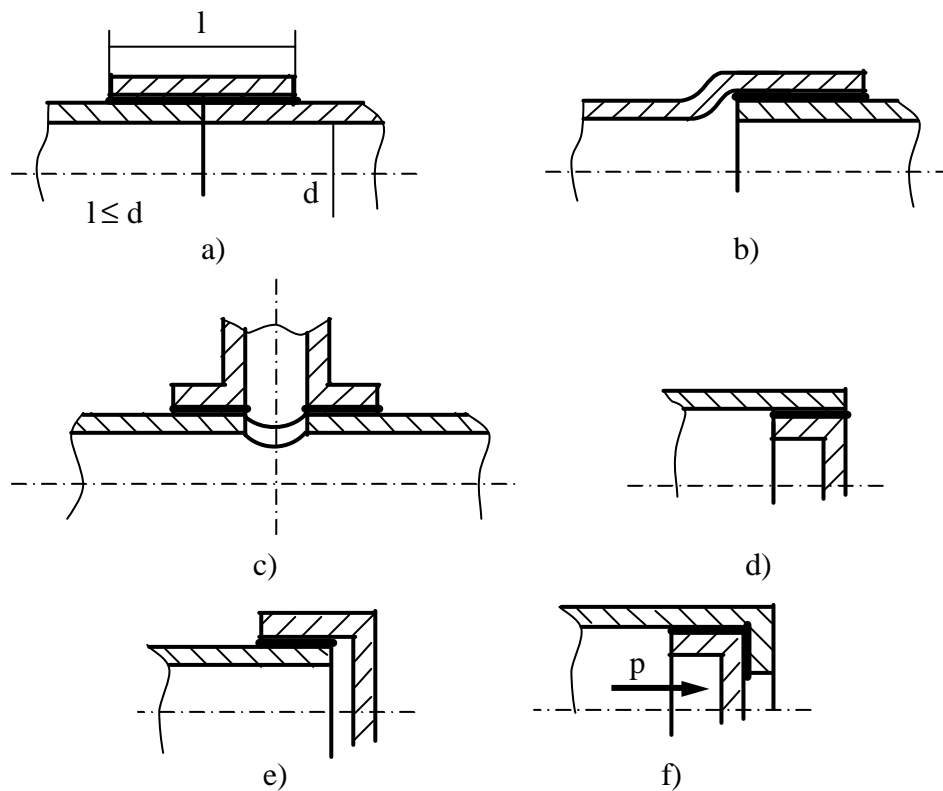


Figura 2.27

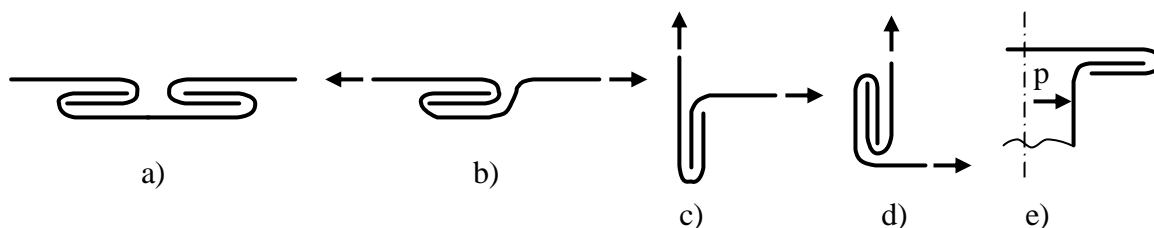


Figura 2.28

2.3.1.2 Aspecte particulare

1) *Lipirea aluminiului* este dificila, datorita conductivitatii termice ridicate si a tenacitatii cauzate de stratul de oxid. Alumiul turnat nu se lipeste. Aliajele de lipit pot fi pe baza de Sn, Pb + Zn, Cd sau pot fi aliaje de Zn + (3÷10%)Al sau Cu. Suprafetele de lipit trebuie curatate perfect de grasimi si mai ales de stratul de oxid (cu perie cu fibre de sticla sau de otel, ultrasonic sau chimic, cu clorura de Zn). Pentru aliajele de lipit cu temperatura de topire de pâna la 315°C, asamblarile au $\tau_{af} = 42 \dots 280$ MPa, la temperatura de exploatare de maxim 180°C.

2) *Lipirea magneziului* se recomanda numai pentru umplerea unor defecte de suprafata. Se folosesc aliaje de lipit cu 60%Cd + 20%Zn + 10%Sn sau 90%Cd + 10%Zn (punctele de topire sunt de 150°C, respectiv 260°C). Încalzirea se realizeaza cu flacara.

3) *Aliajele de cupru* – Alamele (aliajele Cu-Zn) se lipesc folosind fluxuri active de clorura de Zn sau amoniu si acid clorhidric liber. Dupa lipire se face o recoacere la 250÷270°C. Îmbinarile au o rezistenta buna la forfecare (40÷50 MPa).

4) *Otelurile inoxidabile* sunt dificil de lipit din cauza oxidului de suprafata si a conductibilitatii termice scazute. Se recomanda curatarea perfecta a suprafetelor (mecanic sau chimic). Piesele din otel se lipesc cu fluxuri de acid hidrocloric cu Zn. Dupa lipire se îndeparteaza fluxul coroziv.

2.3.1.3 Lipituri tari

Caracteristicile lipiturilor tari sunt:

- comparabile cu sudura;
- au rezistenta mecanica ridicata;
- sunt folosite la îmbinari de rezistenta - etansare supuse la sollicitari mici si mijlocii (placute dure aschietoare, asamblari arbore-butuc, asamblarea tevilor, instalatii nucleare, tehnica frigorifica, aviatie).

Aliaje pentru lipire: Al-Si, Cu-Zn, aliaje de Ni, Mg, Ag, Au, etc.

Fluxuri utilizate pentru usurarea lipirii: fluorati sau clorati de Na, K, Li, borati, fluorborati, borax topit.

Alamele de lipit (Cu-Zn) – STAS 204-77 cu adaosuri de Si sau Sn se folosesc la lipirea pieselor importante (oteluri, fonte maleabile, nichel si uneori cupru, cu precautii).

Aliajele de Ag (STAS 8971-80) se utilizeaza pentru lipituri importante la piese din oteluri, nichel si aliaje de nichel, metale dure (carburi metalice) si metale pretioase. În anumite conditii se pot lipi si aliaje de Al, otel inoxidabil, titan si aliajele sale.

Aliajele de lipit se livreaza sub forma de bare, sârma sau graunte.

Particularitati tehnologice:

- 1) Lipirea Aluminului. Aliajul de adaos este pe baza de Al, Si, Cu sau Zn. Pozitionarea pieselor de asamblat se face la rece; se folosesc fluxuri.
- 2) Lipirea otelului inoxidabil. Aliajele de lipit sunt: 82%Au + 18%Ni ($T_{top} < 950^{\circ}\text{C}$) sau Paladiu-nichel (60%Pa + 40%Ni; $T_{top} < 1250^{\circ}\text{C}$). Lipire în cuptor.
- 3) Lipirea titanului si aliajelor sale:
 - a) 70÷90%Cu si 30÷10%Ni; asamblarea necesita o dubla acoperire cu Cr si Ni pentru protectie împotriva oxidarii. Lipirea în vid se face sub presiune locala.
 - b) 80%Au + 20%Cu sau 99,9%Ag, în cuptor, în vid.

Exemple de îmbinări moi sunt prezentate în figurile 2.29 – 2.30.

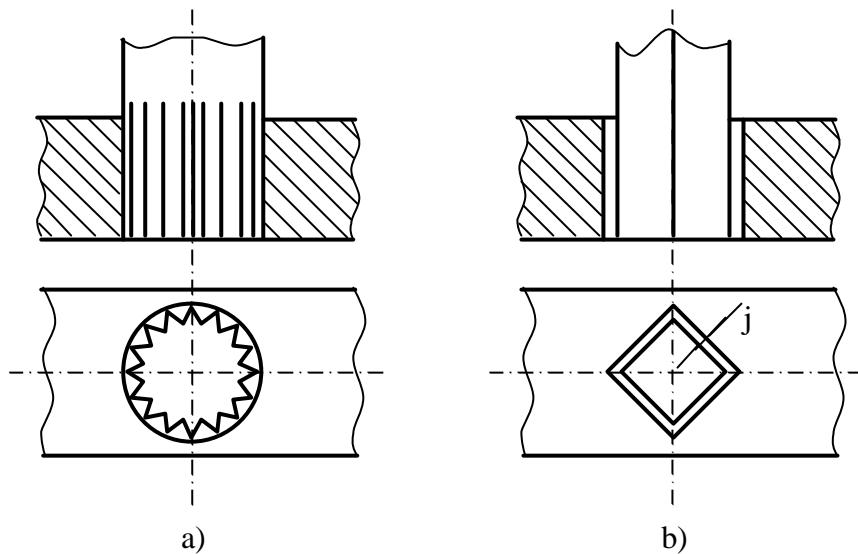


Figura 2.29

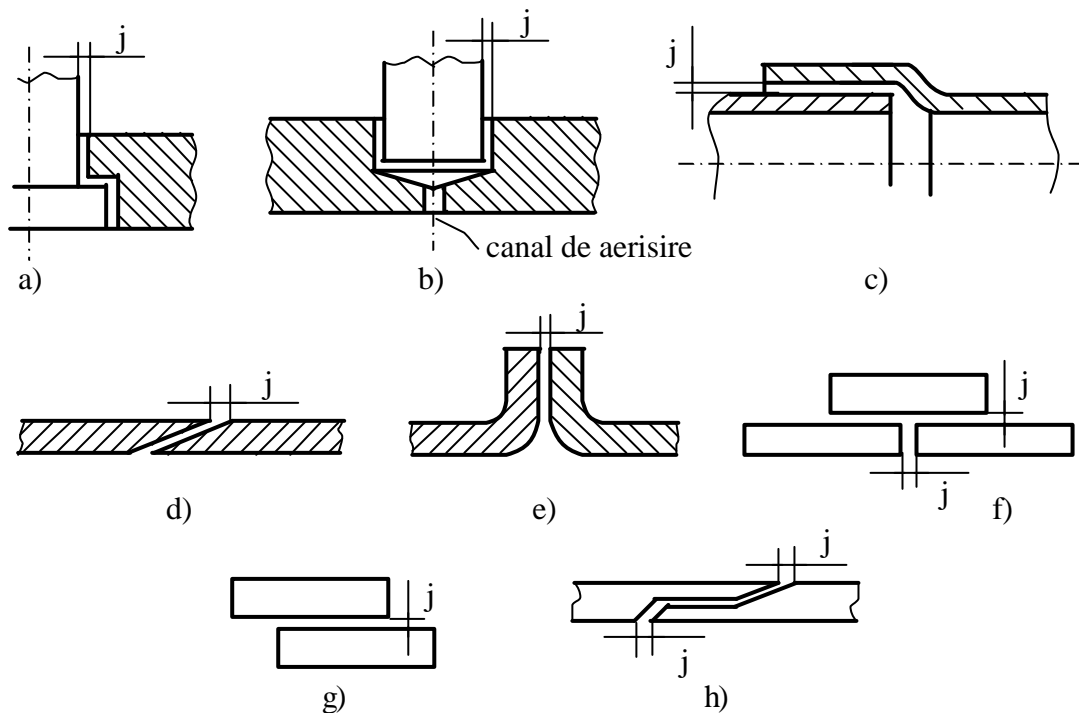


Figura 2.30

2.3.2 Calculul îmbinarilor prin lipire

Lipiturile moi se executa dupa prescriptiile tehnologice precise, în functie de natura pieselor asamblate si de natura aliajului de lipit. Lipiturile tari se calculeaza la forfecare ca si asamblarile sudate. Repartitia tensiunilor de forfecare este neuniforma.

Exemple de calcul (figurile 2.31 si 2.32)

1)

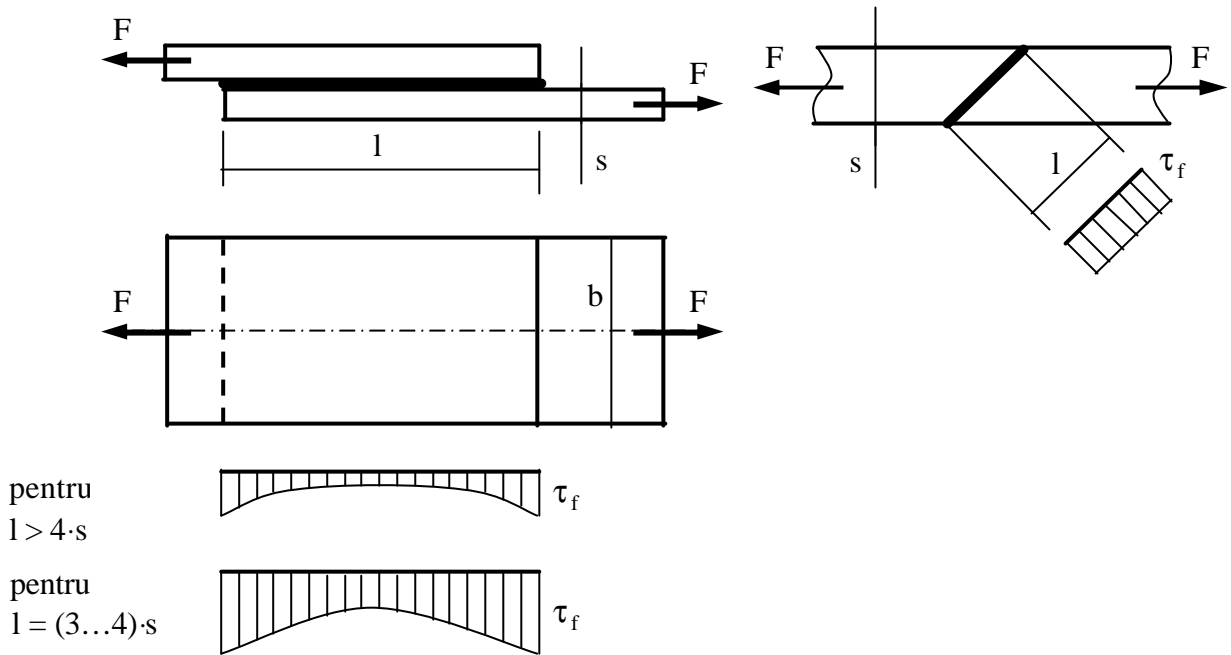


Figura 2.31

$$\tau_f = \frac{F}{b \cdot l} \leq \tau_{af}; \tau_{af} \text{ determinat experimental} \quad (2.30)$$

2)

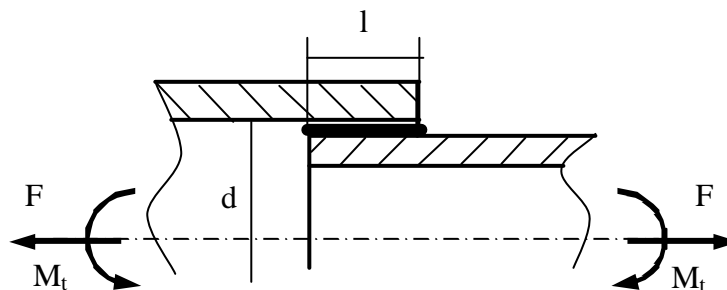


Figura 2.32

$$\begin{aligned}\tau_f' &= \frac{F}{\pi \cdot d \cdot l} \leq \tau_{af} \\ \tau_f'' &= \frac{2 \cdot M_t}{d} \cdot \frac{1}{\pi \cdot d \cdot l} \leq \tau_{af} \\ \tau_{af} &= \frac{\tau_r}{c}; \quad c = 2 \dots 3\end{aligned}\tag{2.31}$$

La tablele suprapuse apar și tensiuni de încovoiere (pe lângă forfecare) cu atât mai mari cu cât lungimea de suprapunere este mai mică, prezenta ecliselor înlăturând acest neajuns. De obicei, se adoptă constructiv dimensiuni de îmbinare, apoi se face verificarea experimentală.

Recomandări constructive:

- $l = 12 \cdot s$ - pentru solicitări statice;
- $l = 4 \cdot s$ - pentru îmbinări cu eclise duble;
- $l = 25 \cdot s$ - pentru îmbinări cu solicitare variabilă;
- $0,2 \leq \frac{l}{d} \leq 0,7$ - pentru asamblări arbore-butuc.

2.4 Asamblări prin încleiere (cu adezivi)

2.4.1 Generalități

Prin acest procedeu se asamblează piese metalice sau nemetalice, la cald sau la rece, cu sau fără presare.

Avantajele procedurii:

- se evită tensiunile interne (lipsește, de regulă, sursa de căldură);
- nu apar transformări structurale în materialele de bază;
- greutate redusă;
- aspect plăcut;
- etanșitate, izolare fonică;
- amortizarea vibrațiilor;
- permite asamblarea pieselor foarte subțiri;
- se asamblează orice material cu orice material;
- nu sunt necesare instalații costisitoare;
- lipsa concentratorilor de tensiuni;
- distribuție uniformă a tensiunilor;
- rezistență la încovoiere;
- rezistență la soc termic;
- izolatoare termic.

Dezavantajele procedurii:

- temperatura de exploatare este scăzută ($< 120^\circ\text{C}$);
- asamblările nu rezistă la temperaturi scăzute;
- sensibilitate la socuri;
- sensibilitate la încovoiere;
- îmbatrânire rapidă;
- uneori tehnologia este complicată;

- totdeauna rezistenta mecanica depinde de respectarea tehnologiei;
- pentru încheierea la cald sunt necesare dispozitive;
- control dificil;
- masuri de protectie a operatorului.

Domenii de utilizare: constructii aeronautice (structuri fagure), autovehicule, ambreiaje (fixarea ferodourilor), placute de frâna, asamblarea butucului pe arbore.

Materiale si tehnologie:

- liantul – material de baza, asigura rezistenta;
- solventul – micsoreaza vâscozitatea pentru asamblare;
- umplutura (prefuri minerale, oxizi metalici, fibre) – ajuta la cresterea rezistentei mecanice, micsoreaza contractia si dilatarea termica a stratului de adeziv;
- catalizatori (rasini termorigide, saruri) – accelereaza procesul de întarire.

Adezivii se livreaza sub forma de: lichid, pasta sau pulberi. Adezivii se clasifica în:

- a) adezivi structurali (pentru asamblari de rezistenta);
- b) adezivi nestructurali (pentru asamblari secundare sau atunci când suprafata de asamblare este de mari dimensiuni);
- c) adezivi cu priza la cald (necesita instalatii de încălzire);
- d) adezivi cu priza la rece (timp mare de întarire, necesita presare).

Materiale: organice, anorganice, elastomeri, rasini termoplaste, rasini termorigide, conform:

- STAS 6643-80 - adezivi ureo-formaldehidici;
- STAS 88-81 – clei de oase;
- STAS 89-80 – clei de piele;
- STAS 3726-76 – clei de nitroceluloza.

Indicatii tehnologice

1) Pregatirea (curatarea) suprafetelor (mechanic sau chimic): sablare cu nisip fin de quart pur sau spalarea cu tricloetilena, etanol sau acetona. Urmeaza degresarea în baie alcalina si spalarea cu jet de apa. Când piesele sunt perfect curatate pe întreaga suprafata se formeaza o pelicula de apa continua.

2) Pregatirea cleiului (între 30' si 24h).

3) Aplicarea adezivului se face manual (spaclu, perie, role, baie) sau mecanic.

4) Întarire libera, fara suprapunerea pieselor.

5) Îmbinarea propriu-zisa se face prin suprapunerea pieselor si mentinerea lor la temperatura de lucru 20° ... 315°C la presiuni între 0,1 si 3,5 MPa. Timpul de întarire este întins de la secunde la saptamâni.

Adezivul, prin moleculele sale, adera la suprafetele de asamblare prin forte intermoleculare care pot fi completate prin legaturi de valenta ale atomilor de suprafata (forte Van der Waals).

6) Controlul se face prin ciocanire (ton înalt – calitate buna, ton Țs - defecte) cu ultrasunete sau distructiv.

Atentie la protectia muncii (pericol de incendiu)!

Exemple de adezivi:

- rasini epoxifenolice (pentru oteluri inoxidabile si titan);
- rasini epoxipoliamidice (pentru asamblarea oricarui material);
- rasini fenolice-neopren (pentru rezistenta la vibratii, înghet si uleiuri).

Rezistenta maxima a straului de adeziv este la forfecare. Asamblarea prin adeziv trebuie dublata prin forma, pentru ca stratul de adeziv sa fie doar pentru etansare (creste astfel capacitatea portanta).

Adezivii (cleiurile) trebuie sa aiba proprietatile:

- rezistenta la desprindere sub sarcina (figura 2.33 a si b);
- rezistenta la desprindere prin cojire (figura 2.33 c);
- rezistenta la oboseala;
- sa suporte variatiile de temperatura.

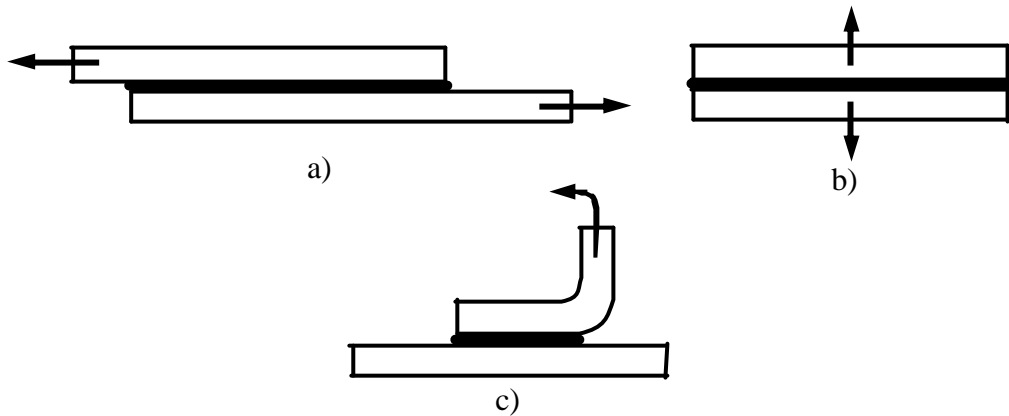


Figura 2.33

2.4.2 Repartizarea tensiunilor de forfecare

În figura 2.34 sunt prezentate fazele sollicitării unei asamblări cu adezivi solificate transversal.

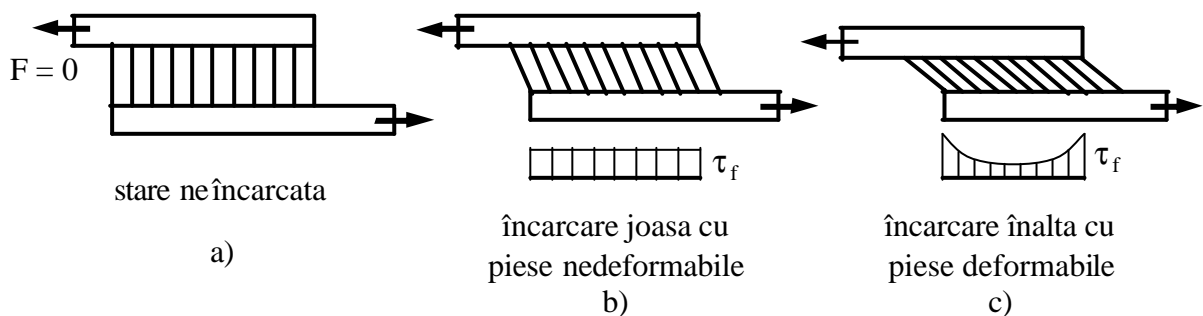


Figura 2.34

Pentru a atenua variația tensiunii la capete (figura 2.34 c) se combina adezivi termorigizi cu cei termoplastici.

Cresterea rezistentei mecanice a asamblării crește cu mărirea suprafeței de suprapunere (dar nu oricât de mult). Mărirea grosimii stratului de ulei duce la creșterea

rezistentei, pînă la o anumita valoare, apoi rezistenta scade brusc, la grosimi mari de strat adeziv. Rezistenta nu depinde de latimea suprapunerii. Rezistenta asamblarii depinde de temperatura de exploatare si de umiditate.

Calculul asamblarilor cu adezivi se face în acelasi mod ca la asamblarile prin lipire, dar modelele de calcul trebuie validate prin experiment. Rezistentele admisibile sunt stabilite, de asemenea, experimental. La îmbinarea pieselor din material plastic $\tau_{af} = 9\text{MPa}$ (solicitari statice), 6MPa (solicitari oscilante) si 3MPa (solicitari alternant simetrice).

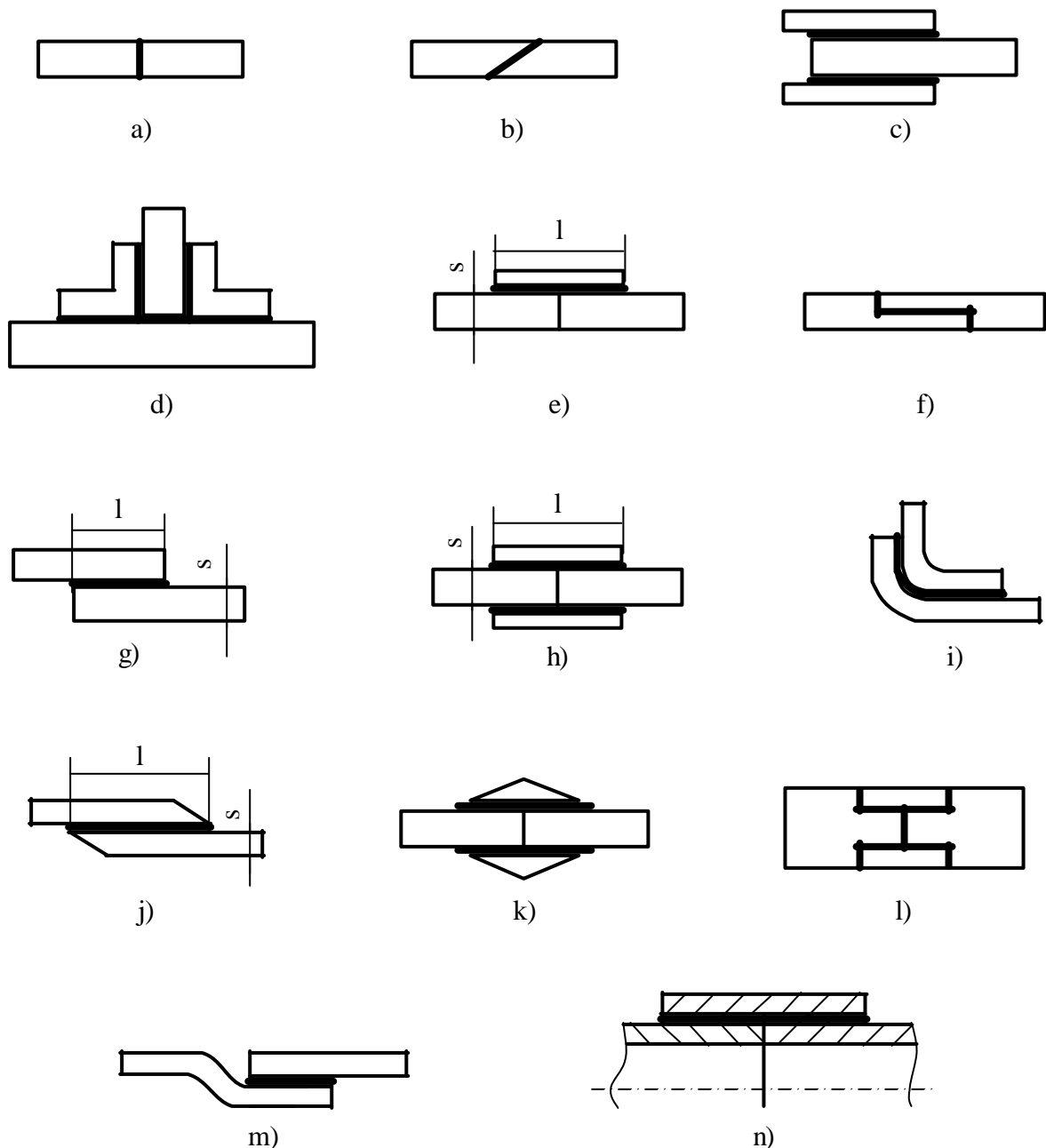
2.4.3 Solutii constructive

În figurile 2.35 si 2.36 sunt prezentate cîteva aplicatii de asamblari cu adezivi. Solutia din figura 2.35 a) – nu este recomandabila.

Figura 2.35 e) - cota recomandata: $l = (5...10) \cdot s$

Figura 2.35 h) si k) - cota recomandata: $l = (2,5...5) \cdot s$

Figura 2.35 g) si j) - cota recomandata: $l = (10...15) \cdot s$



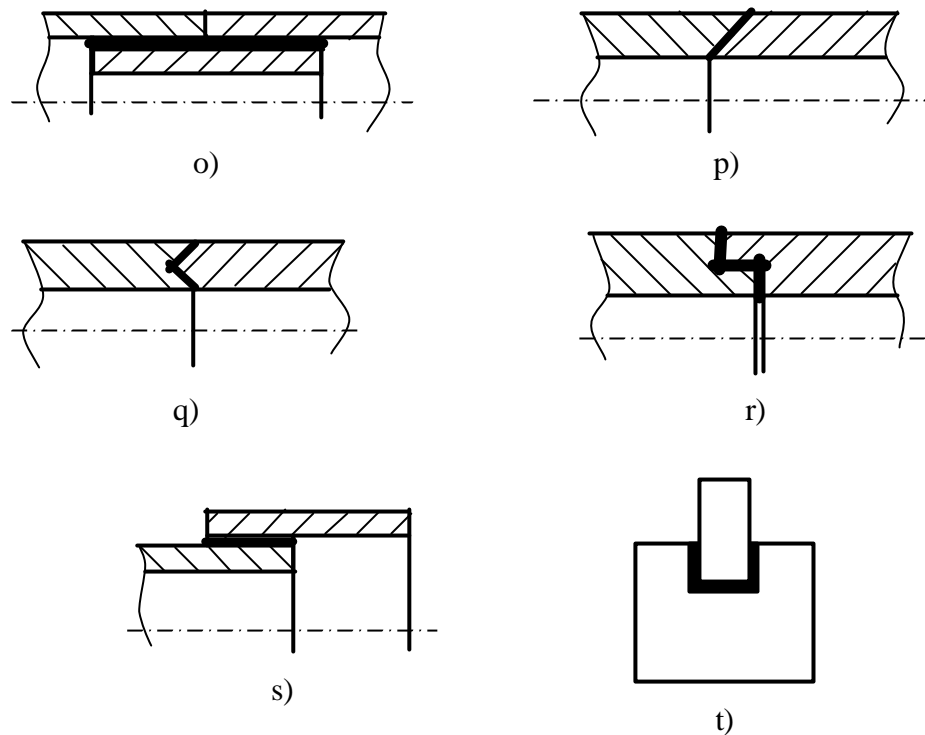


Figura 2.35

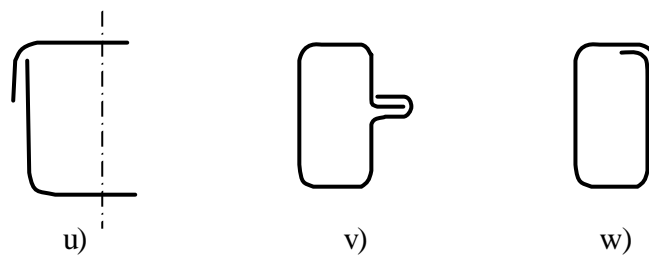


Figura 2.36

2.5 Bibliografie

1. Pavelescu, D., Radulescu, Gh., Gafitanu, M., Gheorghiu, N., Organe de masini, Editura didactica si pedagogica, Bucuresti, 1985.
2. Manolescu, N., Andrian, A., Costinescu, V., Manualul inginerului mecanic, Editura tehnica, Bucuresti, 1976.
3. Manea, Gh., Organe de masini, Vol. I, Editura Tehnica, Bucuresti, 1970.
4. Decker, K. H., Machienenelemente, Carl Hanser Verlag München Wien, 1997.
5. Shigley, J. E., Mechanical Engineering Design, McGraw-Hill Book Company, New York, 1986.