



CAPITAL

DYNASET

DYNASET

2.1. TERMINOLOGIE, DEFINIȚII

Sudarea este o operație de îmbinare nedemontabilă a pieselor metalice, prin utilizarea unei încălziri locale sau a presiunii, sau a ambelor, cu sau fără folosirea unui metal de adaos similar cu metalul pieselor de îmbinat.

Metalul sau aliajul supus operației de îmbinare prin sudare se numește *metal de bază*, iar metalul sau aliajul de adaos, sub formă de sîrme sau granule, care se topește în procesul de sudare, se numește *metal de adaos*. Topirea metalului de adaos în amestec cu metalul de bază topit formează *sudura*.

Metalul depus este materialul provenit din topirea metalului de adaos, care contribuie la formarea cusăturii. *Cusătura* este sudura de îmbinare de-a lungul pieselor sudate, obținută prin solidificarea materialului de bază și a materialului de adaos, realizată prin aplicarea unui procedeu de sudare.

La procedeele de sudare prin topire, sudura este formată din depunerea prin topire a unui metal de adaos, iar la procedeele de sudare prin presiune sudura este formată, în general, numai din materialul de bază.

Metoda de sudare înseamnă modul practic de execuție a unei suduri, ținînd seamă de grosimea piesei, de poziția ei și de natura metalului de sudat, pentru obținerea unei îmbinări de calitate. La aplicarea unei metode corespunzătoare, se recomandă să se țină seamă de consumul de material de adaos și de consumul de energie, care trebuie să fie cît mai reduse, iar viteza de sudare cît mai mare. De asemenea, este necesar ca tensiunile și deformațiile care rezultă după folosirea unei metode de sudare să fie cît mai reduse, iar sudura și zonele influențate termic din jurul sudării să fie lipsite de pori, fisuri sau alte defecte.

În prezent, noțiunea de sudare se extinde și la îmbinări de materiale nemetalice sau la îmbinări de materiale metalice cu nemetalice. Sudura realizată se mai numește *cusătură* sau *cordon de sudură*. În jurul sudurii, partea de material de bază care nu a ajuns în stare de topire, dar care a suferit transformări structurale din cauza încălzirii puternice, formează *zona influențată termic*. Porțiunea compusă din sudură cu zonele influențate termic și marginile învecinate acestora formează *îmbinarea sudată* a pieselor sudate.

Sudarea pieselor sau ansamblurilor se execută prin diferite procedee. Ținînd seama de dezvoltarea luată în ultimul timp de tehnica

sudării, numărul procedeelelor de sudare a devenit foarte mare, deoarece numeroase surse de energie capabile de a topi sau de a deforma materialele de sudat în vederea îmbinării pot fi folosite la sudare. Prin *procedeu de sudare* se înțelege totalitatea operațiilor tehnologice și a metodelor folosite, în vederea obținerii de îmbinări sudate. În cadrul unui procedeu de sudare, cu aceleași operații tehnologice, în multe cazuri este necesară folosirea diferitelor metode de sudare, în special la schimbarea grosimii pieselor de sudat. Aplicarea celei mai corecte metode la sudarea unei piese are o influență hotărâtoare nu numai asupra calității sudurii, ci și asupra productivității și costului, așa cum se va arăta la tratarea diferitelor procedee.

2.2. CLASIFICAREA PROCEDEELOR DE SUDARE

Procedeele de sudare pot fi clasificate după mai multe criterii. Cea mai obișnuită clasificare este după modul în care sînt aduse marginile de îmbinat ale pieselor și din acest punct de vedere procedeele pot fi:

- de sudare prin topire;
- de sudare prin presiune.

La sudarea *prin topire*, marginile pieselor de îmbinat sînt aduse în stare topită, iar după solidificare se formează sudura. La sudarea *prin presiune*, marginile de îmbinat, încălzite local sau nu, sînt presate una contra celeilalte pînă la obținerea îmbinării necesare.

Felul încălzirii marginilor de îmbinat formează, de asemenea, un criteriu de clasificare a procedeelelor. Din acest punct de vedere se deosebesc:

— *sudarea chimică*, la care marginile sînt încălzite și topite local prin căldura dezvoltată de o reacție chimică exotermică sau prin turnarea unui metal. Din această grupă fac parte procedeele de topire cu flacăra de gaze sau cu termit;

— *sudarea electrică*, la care marginile sînt topite prin efectul caloric al arcului electric, fără exercitarea vreunei solicitări mecanice. Din această grupă fac parte procedeele de sudare cu arc electric descoperit sau acoperit;

— *sudarea electrochimică*, la care marginile de îmbinat sînt topite cu arc electric în mediu de gaz protector inert sau reducător sau în mediu de gaze reducătoare (H_2 , CO_2);

— *sudarea termomecanică*, la care marginile de îmbinat sînt încălzite cu ajutorul unei reacții chimice, iar îmbinarea se realizează în urma unei solicitări mecanice (presare, laminare, lovire). În această grupă intră procedeele cu flacăra de gaze și cu termit, realizate prin presiune, precum și procedeu de sudare prin forjare;

— *sudarea electromecanică*, la care încălzirea marginilor se realizează electric, iar îmbinarea se obține printr-o solicitare mecanică. Din această grupă fac parte procedeele de sudare; prin rezistență electrică și presiune: cap la cap, în puncte, în linie etc.

— *sudarea mecanică prin presiune la rece sau prin frecare*, la care îmbinarea se obține prin acțiunea unei forțe de presare, frecare sau șoc.

Sursa de energie folosită la sudare formează un criteriu de bază pentru clasificarea procedeelelor de sudare. Acest criteriu este adoptat și de

Institutul Internațional de sudare (IIW/UIS). După felul energiei utilizate, procedeele pot fi astfel clasificate:

Felul energiei utilizate	Denumirea procedurii sau a grupii de procedee de sudare
1. Energie termochimică	<ul style="list-style-type: none"> { Sudarea cu flacăra de gaze { Sudarea cu termii
2. Energie electrotermică	<ul style="list-style-type: none"> { Sudarea cu arc electric { Sudarea prin presiune { Sudarea prin inducție { Sudarea dielectrică { Sudarea electrică în baie de zgură { Sudarea în vid cu fascicul de electroni
3. Energie mecanică	<ul style="list-style-type: none"> { Sudarea la rece { Sudarea prin percuție { Sudarea prin explozie { Sudarea prin frecare { Sudarea prin ultrasunete
4. Energie radiantă	<ul style="list-style-type: none"> { Sudarea prin radiații (Maser-Laser)
5. Energie termică nespecificată	<ul style="list-style-type: none"> { Sudarea prin lipire { Sudarea prin forjare { Sudarea în aer cald (pentru materiale plastice) { Sudarea cu elemente încălzite (pentru materiale plastice)

Clasificarea procedurilor de sudare, conform STAS 8325—77, se face astfel:

Sudarea cu arc electric. În această grupă intră toate procedeele de sudare cu arc electric vizibil sau acoperit (sub strat de flux), cu electrod fuzibil sau nefuzibil, cu electrod de cărbune, cu plasmă etc.

Sudarea cu arc electric. În această grupă intră toate procedeele de sudare prin rezistență electrică: cap la cap, în puncte, în relief. Procedeele cap la cap pot fi prin topire intermediară sau în stare solidă. Tot în această grupă intră și sudarea prin presiune cu curenți de înaltă frecvență.

Sudarea cu gaze. Această grupă cuprinde procedeele de sudare cu flacăra de gaze cu oxigen: sudarea oxiacetilenică, oximetanică, oxihidrică. Tot din această grupă fac parte și procedeele de sudare cu flacăra de gaze și aer: aeronacetilenică, aeropropanică.

Sudarea în stare solidă. Această grupă cuprinde procedeele de sudare la care marginile nu sînt aduse în stare de topire: cu ultrasunete prin frecare, prin forjare, cu energie mecanică mare (sudarea prin explozie), sudarea prin difuzie, sudarea cu gaz prin presiune, sudarea la rece sau prin presiune la rece.

Alte procedee de sudare. Din această grupă fac parte procedeele de sudare: cu termii prin presiune sau prin topire electrică în baie de zgură, sudarea electrogaz, prin inducție, cu radiații luminoase, cu fascicul de electroni, prin percuție.

Lipirea. Această grupă cuprinde procedeele de lipire tare și moale, precum și de sudare prin lipire.

Dintre procedeele de sudare enumerate, sudarea cu flacăra de gaze și sudarea cu arc electric în numeroasele ei variante de mare aplicabilitate, care fac parte din grupa procedeelelor de sudare prin topire, precum și sudarea electrică prin rezistență din grupa procedeelelor de sudare prin presiune, sînt cele mai folosite procedee în industrie.

În cele ce urmează se vor descrie sumar cele mai folosite procedee.

Încă înaintea erei noastre, la fabricarea armelor, a ornamentațiilor metalice și la confecționarea unor obiecte metalice de uz casnic se foloseau diferite îmbinări. Procedeele de îmbinare folosite erau lipirea și forjarea; acest din urmă procedeu, mult aplicat în evul mediu, mai este și astăzi folosit.

Descoperirea procedeelelor moderne de sudare a început în a doua jumătate a secolului trecut, odată cu dezvoltarea industriei metalurgice și a invențiilor în domeniul electricității. Descoperirea încălzirii metalelor prin rezistența electrică, cu arc electric și a carburei de calciu, necesară obținerii acetilenei pentru sudarea cu flacăra de gaze, au creat sursele de energie cele mai corespunzătoare sudării.

— **Sudarea cu flacăra de gaze** este procedeul la care sursa termică o constituie flacăra care rezultă prin arderea unui gaz combustibil în amestec cu oxigen la ieșirea din suflaiul de sudare (fig. 2.1.).

Suflaiul de sudare a fost inventat în 1896 de B. Dräger în Germania, iar în 1901 Fouché și Picard în Franța execută suflaiul de înaltă presiune cu amestec interior de gaze. O mare contribuție la dezvoltarea procedeeului o au și cercetările făcute de Karl von Linde, A. Messer și E. Weiss din Germania, privind fabricarea oxigenului, folosirea acetilenei dizolvate, construcția diferitelor tipuri de generatoare de acetilenă și de suflaiuri etc.

În funcție de gazul folosit, flacăra poate fi oxiacetilenică dacă gazul combustibil este acetilena, oximetanică dacă gazul combustibil folosit este metanul (gazele naturale) și oxihidrică dacă gazul combustibil este hidrogenul. În general, sudarea cu flacăra de gaze se recomandă la îmbinarea tablelor și a profilelor cu grosimea sub 4 mm din metale și aliaje:

pentru sudarea grosimilor mai mari, procedeul se aplică pe scară redusă. Flacăra de gaze este, de asemenea, mult folosită la procedeele conexe sudării pentru executarea diferitelor prelucrări la cald, cum sînt: tăierea, scobirea, lipirea, flamarea, îndoiră etc.

— **Sudarea cu arc electric** formează grupa de procedee la care topirea marginilor pieselor de îmbinat este realizată cu un electrod-vergea fuzibil sau cu o sîrmă-electrod în mediu de gaz protector; sudarea poate fi efectuată cu arc electric descoperit (vizibil) și electrod fuzibil sau cu arc elec-

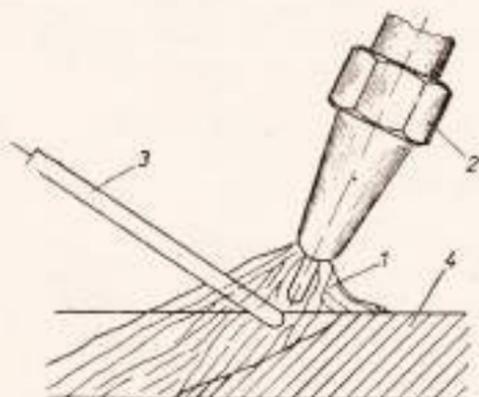
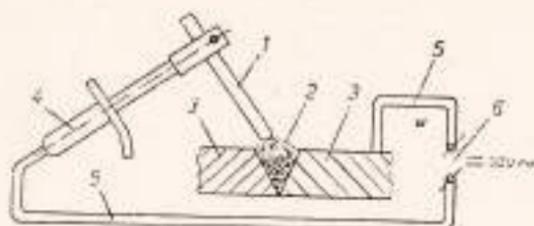


Fig. 2.1. Sudarea cu flacăra de gaze:

1 — flacăra de gaze; 2 — becul suflaiului;
3 — metal de adăos; 4 — plesă de sudat.

Fig. 2.2. Sudarea cu arc electric cu electrod metalic:

1 — electrod metalic; 2 — arcul de sudare; 3 — piesa de sudat; 4 — clește portelectrod; 5 — cablu de sudare; 6 — sursa de curent de sudare.



tric acoperit de un strat de flux, precum și cu arc descoperit cu electrod nefuzibil de cărbune în aer sau cu electrod nefuzibil de wolfram în mediu de gaz protector. Sudarea cu arc electric formează grupa de procedee electrice cu cele mai numeroase variante de sudare.

Dintre procedeele cu arc electric descoperit pot fi menționate:

— procedeul, la care arcul electric se formează într-un electrod metalic învelit, neînvelit, sau cu mlez și piesa de sudat; sudura se formează din metalul topit din electrod și metalul de sudat (fig. 2.2.). Sudarea poate fi executată cu un curent continuu sau alternativ, în funcție de felul electrodului folosit;

— procedeul, la care arcul electric se formează între un electrod de cărbune și metalul de sudat, iar sudura se formează dintr-o sirmă topită în arc sau din metalul de bază topit (fig. 2.3.). La acest procedeu se sudază cu curent continuu, polaritate directă, adică polul minus la electrod;

— procedeul, la care arcul electric se formează între doi electrozi de cărbune, independent de piesa de sudat menținut deasupra liniei de îmbinare (fig. 2.4.). Sudura se formează cu ajutorul unei sirmе de adaos topită în arc sau din metalul de bază topit;

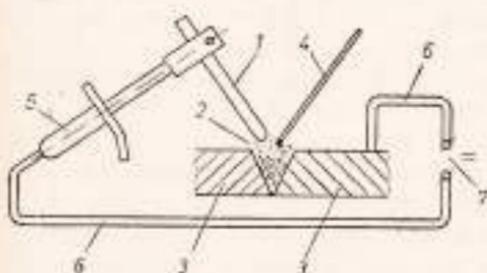


Fig. 2.3. Sudarea cu arc electric cu electrod de cărbune:

1 — electrod de cărbune; 2 — arcul de sudare; 3 — piesa de sudat; 4 — metal de adaos; 5 — clește portelectrod; 6 — cablu de sudare; 7 — sursa de curent de sudare.

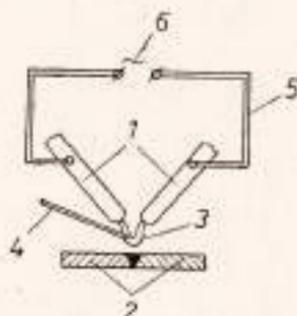


Fig. 2.4. Sudarea cu arc electric cu doi electrozi de cărbune:

1 — electrod de cărbune; 2 — piesa de sudat; 3 — arcul electric între electrozii de cărbune; 4 — sirmă de adaos; 5 — cablu de sudare; 6 — sursa de curent de sudare.

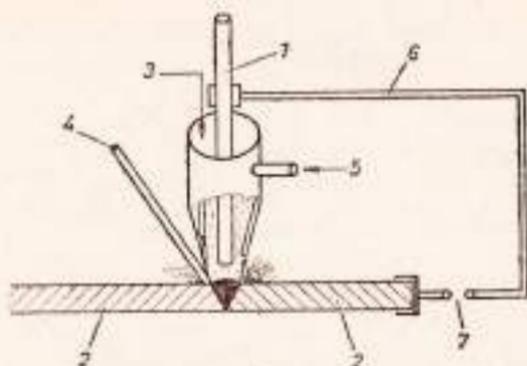


Fig. 2.5. Sudarea cu arc electric cu electrod nefuzibil de wolfram:

1 — electrod de wolfram; 2 — piese de sudat;
3 — argon; 4 — sîrmă de adaos; 5 — apă de răcire;
6 — cablu de sudare; 7 — sursa de curent de sudare.

tiv — procedeul MAG (metal-activ-gaz), în funcție de gazul folosit pentru metalul respectiv de sudat (fig. 2.6).

Acest procedeu permite mecanizarea operației de sudare și de aceea este larg folosit la sudarea semiautomată sau automată:

— procedeul Arc-atom, la care arcul electric se formează între doi electrozi de wolfram, independent de piesa de sudat, peste care se suflă hidrogen. În timpul menținerii arcului, hidrogenul suflat se disociază în hidrogen atomic. Metalul de adaos îl formează o sîrmă care este introdusă în arcul electric format (fig. 2.7).

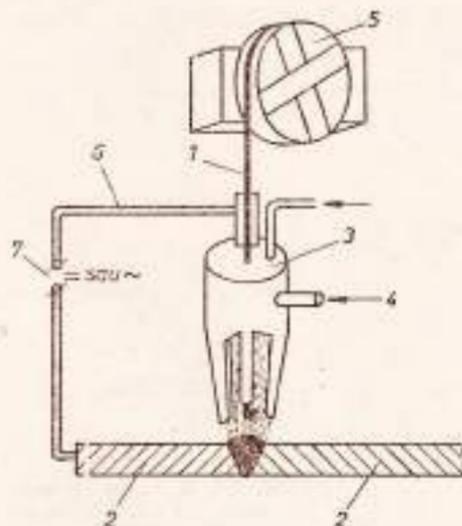


Fig. 2.6. Sudarea cu arc electric cu sîrmă-electrod fuzibilă:

1 — sîrmă-electrod; 2 — piese de sudat;
3 — gaz protector; 4 — apă de răcire;
5 — bobina de sîrmă; 6 — cablu de sudare;
7 — sursa de curent de sudare.

— procedeul WIG, la care arcul electric se formează între un electrod nefuzibil de wolfram și piesa de sudat, peste care se suflă un gaz protector inert (fig. 2.5). Sudura este formată din metalul topit al unei sîrme introduse în arc sau numai din metalul de bază topit. Acest procedeu este numit procedeul WIG (wolfram-inert-gaz) sau Argonar, deoarece gazul folosit este argonul;

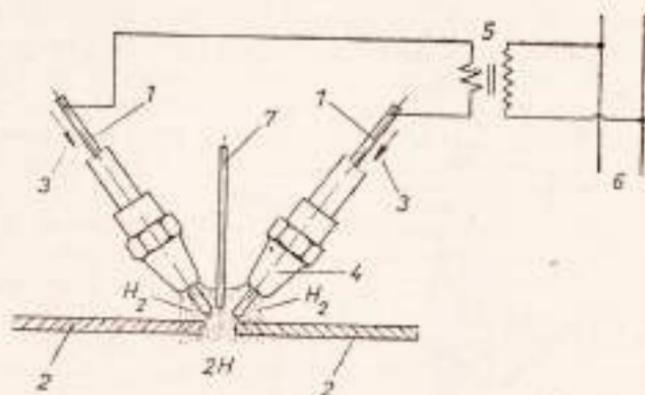
— procedeul în mediu de gaz protector la care arcul electric se formează între o sîrmă electrod fuzibil și piesa de sudat, peste care se suflă un gaz protector inert — procedeul MIG (metal-inert-gaz), sau activ

— procedeul de sudare electrică sub flux, la care arcul electric este acoperit de un strat de flux, presărat pe linia de sudare înaintea arcului format între o sîrmă fuzibilă, derulată dintr-o bobină de sîrmă și piesa de sudat (fig. 2.8). La acest procedeu, arcul electric nu este vizibil; procedeul este folosit pe scară largă la sudarea semiautomată și automată a oțelurilor carbon și slab aliate;

— un alt procedeu de sudare prin topire, folosit la îmbinarea pieselor groase și foarte groase, este procedeul de sudare în baie de zgură. La acest procedeu, topirea sîrmei de adaos se produce prin căldura dezvoltată de rezistența electrică a băii topite de zgură la trecerea curentului electric (fig. 2.9). Piese de sudat se așază în poziție verticală; procesul se desfășoară automat între piesele de sudat, după ce au fost am-

Fig. 2.7. Sudarea cu arc electric cu hidrogen atomic:

1 — electrozi de wolfram;
 2 — piese de sudat; 3 — hidrogen;
 4 — ajustaj pentru hidrogen; 5 — transformator de sudare; 6 — rețea electrică; 7 — masă de adăos;



plasate pe imbinare două patine laterale de cupru, răcite cu apă, între care se produce solidificarea băii de sudură.

În afară de procedeele prin topire enumerate, se mai folosesc și alte procedee de sudare prin topire, care se vor descrie în capitolele următoare. Trebuie menționat că, în prezent, cu noile procedee de sudare prin topire, cum este procedeul cu fasciculul de electroni sau cu fasciculul de lumină, pot fi realizate suduri la metale și aliaje speciale, la care nu pot fi folosite procedeele descrise.

Procedeele de sudare prin presiune cele mai folosite sînt procedeele cu sursă de energie electrotermică, la care încălzirea pieselor se reali-

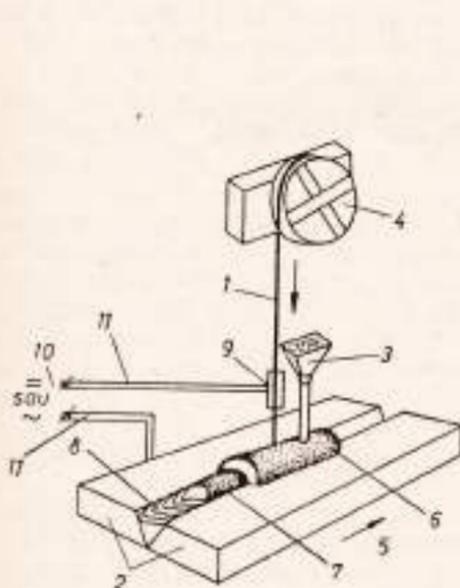


Fig. 2.8. Sudarea sub flux:

1 — sîrmă-electrod fusibilă; 2 — piesa de sudat; 3 — bușcă cu flux; 4 — bobină cu sîrmă; 5 — senzul de sudare; 6 — flux presărat pe linia de sudare; 7 — zgură solidificată; 8 — sudura; 9 — contacte de curent; 10 — sursă de curent de sudare; 11 — cablu de sudare.

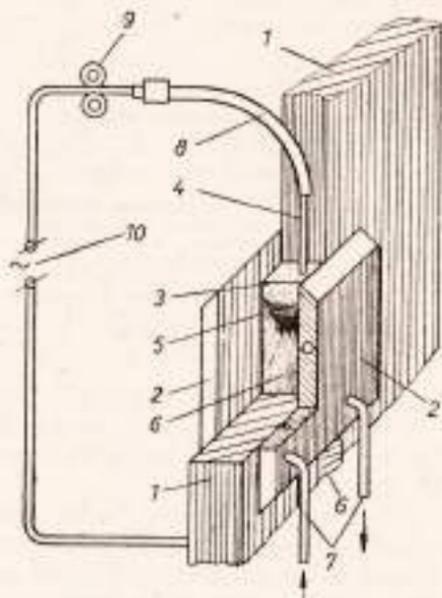


Fig. 2.9. Sudarea în baie de zgură:

1 — piesa de sudat dispusă vertical; 2 — patine de cupru răcite cu apă; 3 — baie de zgură topită; 4 — sîrmă de adăos; 5 — bușcă de metal topită din sîrmă; 6 — sudură solidificată; 7 — jevila de intrare și de ieșire a apei pentru răcirea patinelor de cupru; 8 — ajustaj pentru conducerea sîrmei; 9 — role de antrenare pentru sîrmă de adăos; 10 — sursă de energie.

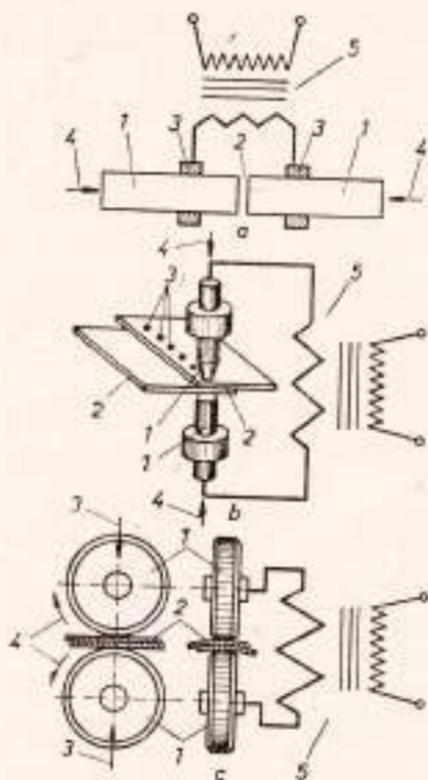


Fig. 2.10. Sudarea electrică prin presiune:

- a — cap la cap; 1 — piese de sudat; 2 — suprafețele de îmbinat; 3 — făclie de prindere ale pieselor de sudat; 4 — senzul de presare; 5 — sursa de curent de sudare;
- b — prin puncte; 1 — electrozi de sudare; 2 — piese de sudat; 3 — puncte de sudură; 4 — senzul de presare; 5 — sursa de curent de sudare;
- c — în linie; 1 — role-electrozi; 2 — piese de sudat; 3 — senzul de presare; 4 — senzul de rotire a roților; 5 — sursa de curent de sudare.

între ele o sudură în linie continuă (fig. 2.10, c).

Procedeele de sudare electrică prin rezistență sînt, în prezent, folosite pe scară foarte largă în fabricații de serie, în special în construcții de mașini.

În afară de procedeele de sudare electrică prin presiuni, se mai folosesc și alte procedee de sudare prin presiune, la care îmbinarea se obține prin încălzire cu o flacără de gaz sau cu termiț, urmată de o presare. Aceste procedee se folosesc pe scară mai redusă.

2.3. OPERAȚIA DE SUDARE

După ce au fost stabilite procedeele și metoda de sudare pentru execuția ansamblului sau a construcției respective și după ce a fost efectuată asamblarea pieselor de sudat, se trece la execuția operației de sudare.

zează prin trecerea unui curent de intensitate mare, după ce piesele au fost puse în contact. Prin rezistența electrică și prin presarea pieselor se produce sudura.

Din această grupă de procedee de sudare prin presiune, cele mai folosite procedee sînt:

— *sudarea cap la cap* pentru îmbinarea secțiunilor pline: bare, profile etc., la care piesele de sudat prinse între două făclii de strîngere sînt aduse în contact pe suprafețele de sudat și apoi sudate după încălzirea capetelor prin rezistență electrică (fig. 2.10, a). Sudarea se execută fie în stare solidă fără topirea marginilor, în care caz rezultă o sudare îngroșată, fie prin topire intermediară, în care caz înainte de presarea finală, capetele sînt topite superficial cu curenți de mare intensitate pe suprafețele de sudat; în acest caz, după sudare rezultă o bavură subțire;

— *sudarea prin puncte*, folosită la îmbinarea tablelor sau a pieselor subțiri suprapuse, strînse între doi electrozi de sudare, după care se anclanșează curentul electric, astfel încît se obține un punct sudat între tablele prinse între cei doi electrozi (fig. 2.10, b);

— *sudarea în linie*, procedeu prin care se obține o sudură continuă la așezarea pieselor de sudat între două role-electrozi, prin care trece curentul electric; prin presare și rotire, rolele antrenează piesele de sudat, realizînd

Operația se efectuează cu un regim de sudare precis, stabilit în funcție de metoda aleasă, de poziția rostului de sudat, de grosimea pieselor de sudat, după ce au fost efectuate toate pregătirile necesare sudării și a fost ales metalul de adaos corespunzător.

Operația de sudare prezintă o serie de particularități fizico-chimice și tehnologice, cum sînt:

— gradientele înalte de temperaturi, datorită faptului că sînt folosite temperaturi înalte de încălzire, cu realizarea de băi de sudură cu volum cît mai redus, pentru ca încălzirea să fie locală și cît mai rapidă. Ca urmare a acestui fapt, metalul topit sau încălzit va fi inconjurat de mase metalice reci, astfel încît gradientul de temperatură de la baie spre metalul rece va fi foarte mare, ceea ce atrage după sine apariția de tensiuni interne mari, de deformații și eventual formarea de fisuri;

— reacții chimice produse în afara stării de echilibru, deoarece vitezele mari de încălzire și răcire nu permit ca reacțiile din baia de sudură să se producă în timp suficient desfășurării unei reacții normale. Față de această situație este necesar ca materialele folosite și locurile de sudat să fie într-o perfectă curățenie; de asemenea, să fie folosite materiale care, pentru calitatea sudurii, nu necesită reacții în timp prelungit;

— schimbarea compoziției chimice și a structurii metalului depus, care are loc datorită faptului că procesul de sudare se produce în condiții specifice, ca: temperatură înaltă, mediu ionizant, prezența cîmpurilor magnetice și electrice, viteză mare de topire etc. Metalul depus are o structură de turnare, față de structura în general laminată a metalului de bază. Se produc arderi intense, urmate de puternice nitrurări și oxidări, iar viteza mare de răcire provoacă structuri de topire tipice sudurilor, ceea ce conduce la micșorarea caracteristicilor mecanice și fizice ale metalului sudurii, dacă nu se iau măsuri speciale de protecție;

— schimbarea structurii metalului de bază. Lîngă baia de sudură, metalul de bază ajunge la temperatura de topire, iar zonele învecinate acestuia sînt încălzite; datorită răcirii rapide se produc structuri caracteristice zonei influențate termic.

Prin aplicarea oricărui procedeu de sudare, sudura realizată are compoziția chimică și structura diferite de cele ale metalului de bază, iar zonele influențate termic au structuri diferite de cele ale metalului de bază. Realizarea unei omogenizări este posibilă într-o măsură oarecare numai prin aplicarea tratamentelor termice.

2.4. PROCEDEE CONEXE SUDĂRII

Procedeele de prelucrare a metalelor sau a diferitelor materiale care folosesc surse de energie asemănătoare celor de la sudare formează *procedeele conexe sudării*. Procedeele conexe sînt folosite fie la îmbinarea metalelor, fie la prelucrări, dintre care pot fi enumerate: lipirea, tăierea, teșirea, scobirea, găurirea, acoperirea etc.

Lipirea, la fel ca și sudarea este un procedeu de îmbinare nedemonstrabilă a materialelor metalice sau nemetalice, executată însă la temperaturi inferioare temperaturii de topire a metalului de bază sau la rece. În prezent, în tehnică, și lipirea cu adezivi se consideră ca un procedeu

2.6. MĂSURI GENERALE DE TEHNICĂ A SECURITĂȚII MUNCII LA SUDARE

Degajarea intensă de căldură și temperaturile înalte pe care le dezvoltă flacăra de gaze și arc electric fac ca acestea să formeze sursele de energie adecvate pentru sudare și pentru procedeele conexe sudării. La sudarea cu gaze, temperatura flăcării variază — în funcție de gazul folosit — între 2 500 și 3 000°C, cu concentrații de energie pînă la 10^2 W/cm²; la sudarea cu arc electric, temperatura în coloana arcului depășește uneori chiar temperatura de 6 000°C și se obțin concentrații de energie pînă la 10^5 W/cm². Aceste temperaturi înalte se dezvoltă prin arderea gazelor inflamabile în oxigen sau prin descărcări electrice produse de sursele respective, ceea ce produc topirea materialelor folosite. Ținînd seamă de faptul că sursele de energie sau materialele folosite la sudare pot produce explozii, incendii și radiații foarte periculoase, arsuri, intoxicații etc., este foarte important ca înainte de punerea în funcțiune a aparatelor, în timpul operațiilor de sudare, precum și după executarea acestora să fie luate măsuri corespunzătoare de tehnică a securității muncii.

Noile surse aplicate în ultimul timp la sudare, ca și la alte prelucrări, care permit prelucrarea oricărui metal sau aliaj greu fuzibil, cum sînt jetul de plasmă, fasciculul de electroni sau de lumină amplificată, au temperaturi de pînă la 200 000°C, cu concentrări de energie de $10^7 \dots 10^9$ W/cm². Pentru aceste procedee este necesar să fie luate măsuri deosebite de protecție, deoarece au atît aparatulă cît și condițiile de lucru cu totul speciale.

Pentru luarea măsurilor necesare de protecție, Comitetul de Stat pentru Protecția Muncii, care coordonează întreaga activitate de protecție a muncii, a elaborat instrucțiuni privind măsurile necesare de prevenire a accidentelor. Responsabilitatea asigurării condițiilor de muncă corecte și a respectării normelor de protecție revin administrației întreprinderilor.

Ținînd seamă de faptul că diferitele procedee de sudare diferă între ele atît prin utilaj, cît și prin tehnica de prelucrare, fiecare avînd specificul său, la descrierea acestora se va da atenția necesară modului cum ele trebuie pregătite sau deservite, pentru ca accidentele să fie evitate. Este necesar ca întregul personal, în special muncitorii-sudori, care în orice moment se pot accidenta, să fie periodic și temeinic instruiți asupra pericolelor la care sînt expuși și modul de evitare.

Sudorii trebuie să cunoască amănunțit modul de manipulare a utilajului de sudare, unde și cum trebuie depozitate sculele și materialele necesare, în special cele ce pot provoca accidente, întreaga pregătire a echipamentului și a pieselor înainte de sudare, manipularea acestora în timpul și după operația de sudare, urmată de depozitarea corectă a ansamblurilor sudate.

În cele ce urmează se vor da indicațiile generale privind tehnica securității muncii, în special cauzele care pot provoca diferitele accidente sau răniri, urmînd ca în cadrul capitolelor unde vor fi descrise utilajele și tehnologia de lucru a diferitelor construcții, să fie date indicații detaliate legate de manipularea utilajului sau de tehnica operațiilor.

Prevenirea exploziilor și a incendiilor. Exploziile, care uneori sînt însoțite și de incendii, la sudarea cu gaz pot fi prevenite dacă se iau

măsurile de evitare, în special înainte de punerea în funcțiune a instalațiilor și înaintea începerii operației de sudare.

Generatoarele de acetilenă trebuie amplasate în încăperi separate de cele în care se sudează, la distanțe de cel puțin 10 m de orice sursă de foc, iar manipularea lor să fie făcută în conformitate cu prescripțiile întreprinderilor producătoare. Deoarece umiditatea din aer în contact cu carbidul degajă acetilenă, care este explozivă, butoaițele de carbid se vor păstra închise etanș în încăperi uscate, separate de alte materiale. Ținând seama că oxigenul în contact chiar cu urme de grăsime provoacă explozii, buteliile, reductoarele și tuburile de oxigen se vor păstra absolut curate, complet lipsite de grăsimi.

La sudarea cu arc electric, periodic, se vor efectua verificări ale izolației conductoarelor, ale contactelor și ale legăturilor electrice.

Atât la sudarea cu flacăra de gaze, cât și la sudarea electrică, se vor înlătura materialele inflamabile din apropierea locurilor de muncă, deoarece pot provoca incendii urmate chiar de explozii, datorită scintelilor și picăturilor de metal sau de zgură împrăștiată în timpul lucrului.

Nu se vor efectua lucrări la recipientele aflate sub presiune.

La intrarea în atelierele de sudare, se va afișa vizibil: „Fumatul interzis“, „Nu priviți flacăra“, „Nu priviți arcul electric“, „Pericol de orbire“, „Atenție, se sudează“ etc.

Prevenirea electrocutării și radiațiilor arcului electric. Deoarece tensiunile peste 24 V cu curenți de peste 0,01 A sînt periculoase organismului omenesc, este necesar ca sudorii să nu vină în contact cu piese neizolate ale circuitelor electrice. Toate legăturile electrice la instalațiile pentru sudarea cu arc electric se vor efectua numai de către electricieni. Înainte de începerea lucrului, sudorul va examina dacă cablurile de sudare nu sînt deteriorate sau cu izolație defectă și dacă legăturile sînt corecte; conductoarele de curent trebuie verificate cel puțin o dată la trei zile. Deoarece contactul direct cu prizele neizolate ale circuitelor electrice sînt foarte periculoase, sudorul trebuie să poarte permanent mănuși de piele. Toate aparatele, precum și masa de sudare, trebuie să fie legate la pămînt; aceste legături se execută de către electricieni.

La sudarea în interiorul recipientelor, se vor utiliza covoare izolante sau grătare de lemn cu covoare ignifuge.

Contra radiațiilor produse de arcul electric, se vor utiliza măști de cap sau ecrane de mină, prevăzute cu filtre din sticlă colorată.

Prevenirea rănilor. Pentru prevenirea rănirii ochilor, sudorii vor purta obligatoriu ochelari de protecție, iar pentru prevenirea rănirii mâinilor mănuși de piele. Nu este permis sudorilor să efectueze pregătirea pieselor înainte de sudare sau curățirea și îndreptarea acestora după sudare fără ochelari de protecție și mănuși. La sudarea la înălțimi și la locuri periculoase, sudorii vor fi echipați cu centuri de siguranță. Pentru prevenirea rănilor provocate de arsurile picăturilor de metal sau de zgură topită, sudorul va purta mănuși de piele, iar în picioare jambiere (ghetre). În timpul lucrului, sudorul va purta halne din pînză de cort sau un șorț de piele; pantalonii trebuie să acopere ghețele.

Prevenirea intoxicațiilor. Deoarece în timpul sudării se degajă fum, vapori și gaze toxice, amestecate cu un praf foarte fin, este necesar, ca la locurile de muncă în cabine să fie amenajate aspiratoare fixe, prevăzute la mesele de sudare, iar pentru lucru pe fluxul de fabricație

aspiratoare portative. În cazul gazelor foarte toxice, care se degajă la prelucrarea plumbului sau zincului, este necesar să fie folosite căști de protecție. La sudarea în interiorul recipientelor închise, se vor lua măsuri speciale de ventilație a acestora. În unele cazuri, se vor folosi căști prevăzute cu racorduri de aer comprimat.

Prevenirea incendiilor. Incendiile pot fi provocate de scintei, picături de metal topit, zguri, topite, capete de electrozi aruncate etc., dacă se lucrează în apropierea materialelor inflamabile. Înainte de sudare, locurile de muncă se vor curăța atent de orice materiale inflamabile sau, în cazuri deosebite, acestea se vor acoperi cu materiale ignifuge. La întreprinderea lucrului, chiar pentru un timp foarte scurt, la sudarea cu gaz, suflăturile vor fi stinse, iar la sudarea electrică, se va scoate aparatul din priză. La izbucnirea incendiilor, se vor folosi stingătoarele cu spumă, care sînt cele mai recomandabile, deoarece nu afectează aparatura. Incendiile la sudarea cu gaz se pot stinge cu găleți sau furtunuri de apă sau cu nisip; mai recomandabile însă sînt stingătoarele chimice sau cu bioxid de carbon. În cazul izbucnirii unui incendiu la sudarea electrică, după ce au fost scoase din priză toate aparatele, stingerea incendiilor se va face numai cu stingătoare cu spumă.

Ținînd seamă de faptul că procedeele de sudare și procedeele conexe sudării diferă între ele, fiecare avînd specificul său, la descrierea lor vor fi date îndrumări detaliate de modul cum trebuie pregătite și folosite utilajele și materialele respective pentru evitarea accidentelor. Înainte de începerea lucrului, sudorul trebuie să cunoască perfect utilajul respectiv și întregul proces de lucru, astfel încît să lucreze în condiții totale de securitate a muncii.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

- 2.1. Care este diferența dintre un procedeu și o metodă de sudare?
- 2.2. Prin ce se deosebesc procedeele de sudare prin topire față de cele prin presiune?
- 2.3. Care sînt procedeele conexe sudării și domeniile de aplicare?
- 2.4. Să se calculeze sudabilitatea oțelurilor de mai jos (fără să se țină seamă de grosimea pieselor) și să se facă clasificarea lor din punctul de vedere al sudabilității.
 $C = \max. 23\%$; $Mn = 0,45 \dots 0,50\%$; $Si = 0,15 \dots 0,35\%$; $S = \max. 0,045\%$;
 $P = \max. 0,040\%$.
 $C = \max. 0,28\%$; $Mn = 0,5 \dots 0,8\%$; $Si = \max. 0,40\%$; $S = \max. 0,055\%$;
 $P = \max. 0,065\%$.
 $C = 0,30 \dots 0,38\%$; $Mn = 0,5 \dots 0,8\%$; $Si = 0,15 \dots 0,35\%$; $S = \max. 0,045\%$; $P = \max. 0,040\%$.
- 2.5. Cum se clasifică sudabilitatea oțelurilor de construcții ținîndu-se seamă de conținuturile de carbon și de elementele de aliere?
- 2.6. Cum se apreciază sudabilitatea oțelurilor înalt aliate cu conținut de elemente de aliere de peste 30%?
- 2.7. De ce este necesar să fie luate măsuri de tehnică a securității muncii la folosirea procedeele de sudare?
De ce factori trebuie să se țină seamă pentru prevenirea accidentelor de muncă?

3.1. TIPURI DE IMBINĂRI SUDATE, FORMELE ȘI DIMENSIUNILE ROSTURILOR

Îmbinarea sudată a unui ansamblu este partea formată din sudură și zonele învecinate acesteia. Indiferent de procedeul de sudare aplicat la execuția îmbinării sudate, sudura trebuie să asigure rezistența necesară construcției respective, precum și continuitatea de material. La procedeele de sudare prin topire, sudura de îmbinare se formează în general din metalul de adaos, depus în rostul *cusăturii*, adică în spațiul delimitat de marginile pieselor de sudat. La procedeele de sudare prin presiune, sudura rezultă în urma întrepătrunderii materialelor celor două piese aduse în stare plastică sau de topire superficială.

Formele și dimensiunile rosturilor sînt foarte importante pentru realizarea îmbinărilor sudate de calitate; de aceea, pentru cele mai folosite procedee industriale rosturile sînt standardizate. În general, îmbinarea sudată primește denumirea după aceea a rostului sudurii, care imprimă forma sudurii. La stabilirea formei rostului se ține seama de grosimea și calitatea materialului tablelor, precum și de energia calorică de sudare introdusă în unitatea de timp la aplicarea procedeeului de sudare respectiv. La procedeele mecanizate sau automate, sudura este formată în cea mai mare parte din metalul de bază, iar în multe cazuri la tablele subțiri sau de grosime mijlocie nu este folosit metal de adaos. În acest fel, pe lângă că se obține o sudură mai omogenă în raport cu materialul de bază, mai rezultă și alte avantaje: volum de prelucrare mai redus la piesele de sudat, consum mai redus de material de adaos sau nu este necesar material de adaos, cost mai redus al îmbinării etc. Formele rosturilor sînt în funcție de grosimea pieselor de sudat sau de poziția lor după alăturarea acestora. În general, este economic ca rosturile să nu fie prelucrate, adică marginile pieselor să fie plane. Tablele subțiri se sudează cu rostul în I, ceea ce se obține prin simpla alăturare a materialelor neprelucrate.

O îmbinare des întilnită în construcțiile sudate este îmbinarea de colț (∇), care rezultă după sudare, prin alăturarea pieselor neprelucrate cu laturile marginilor perpendiculare între ele.

Pentru tablele și piesele de grosimi mari, în funcție de procedeul de sudare aplicat, marginile se prelucreează prin țesrea muchiilor în diferite

forme. După teșire și prin alăturarea capetelor, se obțin diferite rosturi sau combinații de rosturi:

- rosturi în V, Y, X, U, K, 1/2 V etc.;
- combinații de rosturi în V/I, U/V, 2 Y etc.

Diferite rosturi sau combinații se execută în funcție de grosimea pieselor de sudat, de poziția în spațiu, de clasa de execuție a îmbinării etc.

Imbinarea tablelor suprapuse prin procedeele de sudare prin topire se realizează prin suduri de colț sau suduri în găuri, în funcție de destinația ansamblului sudat.

Formele și dimensiunile rosturilor diferitelor îmbinări se consideră cele care rezultă după executarea sudurilor de prindere în vederea asamblării sau după poziționarea și fixarea pieselor de sudat în dispozitivele de manipulare sau de asamblare înaintea operației de sudare.

În țara noastră, pentru diferite procedee de sudare, ținând seamă de sursa de energie folosită la sudare, formele și dimensiunile rosturilor sînt standardizate. În standarde, după ce se arată forma rostului și dimensiunile respective, se indică și forma îmbinării care rezultă după sudare. Sînt standardizate formele și dimensiunile rosturilor pentru diferite procedee de sudare, după cum urmează: cu flacăra de gaze, cu arc electric pentru sudarea manuală cu electrozi, pentru sudarea automată și semiautomată sub flux, în mediu de gaz protector etc. Formele și dimensiunile rosturilor din tabelele 3.1—3.5 sînt pentru oțeluri carbon și aliate.

În tabelul 3.1 sînt date formele și dimensiunile rosturilor pentru sudarea manuală cu flacăra de gaze a oțelurilor carbon și slab aliate pînă la grosimea de 12 mm.

În tabelul 3.2 sînt date după STAS 6062-77 formele și dimensiunile rosturilor mai caracteristice pentru sudarea manuală cu arc electric cu electrozi metalici a oțelului carbon și a oțelului slab aliat pentru construcții.

Îmbinările în V, în afară de cele arătate în tabelul 3.2, pot fi executate și pe suport de oțel de aceeași calitate ca a materialului de bază, în cazul grosimilor de table de $s > 6$ mm; pentru aceste îmbinări, unghiul de teșire al rostului pentru o tablă se ia de 16—24°, iar rostul b se mărește între 4 și 8 mm, în funcție de grosimea tablelor.

În afară de rosturile date în tabelul 3.2, standardul prevede pentru îmbinările cap la cap și rosturi în U, în U special, în 2U și 2U special, care se aplică la lucrări cu prescripții speciale, pentru grosimi mari ale tablelor care în unele cazuri depășesc 80 mm. Sudura în K (dată la nr. crt. 7, tab. 3.2) pentru grosimi de table s de 12—40 mm poate fi executată pentru grosimi de table s de 4—20 mm în 1/2 V, adică numai cu o muchie teșită, în care caz grosimea neteșită c este de 0—3 mm; la aceste îmbinări se recomandă și completarea la rădăcină, pe partea opusă, în care caz se obține continuitatea necesară de material.

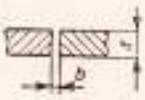
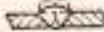
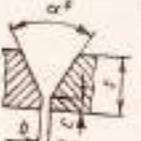
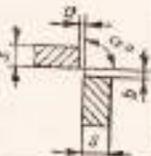
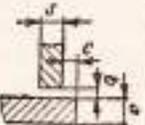
În tabelul 3.3 sînt date formele și dimensiunile citorva rosturi folosite la sudarea automată și semiautomată sub flux a oțelurilor carbon și slab aliate. Spre deosebire de rosturile date la sudarea manuală cu arc electric, la sudarea sub flux pot fi folosite, datorită pătrunderii mari care se obține, rosturi în I pînă la grosimi de 10 mm, dacă se sudează dintr-o singură parte, și pînă la 50 mm grosime, dacă se sudează din ambele părți (bilateral); în acest din urmă caz, rostul este denumit „în 2I”. Atît sudurile în I, cît și sudurile în V pot fi executate și pe

suport de oțel din același material cu grosimea de 3—6 mm și cu lățimea între 15 și 30 mm, pentru sudurile în I, și de 25—30 mm, pentru sudurile în V. Rostul *b* trebuie să fie între 0 și 5 mm pentru primul caz (în I) și între 1 și 10 mm pentru cel de-al doilea caz (în V). Sudura în K ce se aplică grosimilor de table *s* de 10—60 mm, poate fi executată, la fel ca și la sudarea manuală, pentru grosimi de table *s* de 5—24 mm, cu rostul în 1/2 V, adică numai cu o muchie teșită, în care caz grosimea neteșită *c* este de 0—4 mm; grosimile de table *s* de 10—24 mm la rostul în 1/2 V se sudează cu completare la rădăcină pe partea opusă. Sudurile de colț (Δ) se execută pe una sau pe ambele părți de table așezate în T, în L, pe muchie și la table suprapuse.

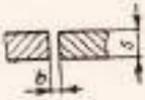
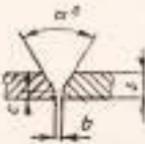
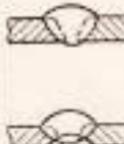
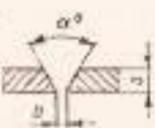
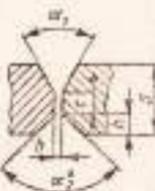
Sudurile executate în mediu de gaz protector pentru oțeluri carbon și slab aliate au rosturi asemănătoare celor descrise mai înainte, adică în I, 2I, V, V/I, X etc. Ținând seama de pătrunderea mai mare care se

TABELUL 3.1

Formele și dimensiunile rosturilor pentru sudarea manuală cu flacără de gaze a oțelurilor

Nr. cri.	Denumirea cusăturii	Forma rostului	Forma îmbinării	Grosimea metalului de bază <i>s</i> [mm]	Dimensiunile rostului		
					α [grad]	<i>h</i> [mm]	<i>e</i> [mm]
1	Sudură în I			Până la 1	—	0—1	—
				1—4		<i>s</i>	
				4—12		3—4	
2	Sudură în I cu margini răsfrînte			Până la 3	—	—	<i>s</i> +1
3	Sudură în Y			1—13	55—65	2—4	0—2
4	Sudură pe muchie			Până la 6	60—120	0—2	—
5	Sudură de muchie specială			1—3	—	0—1	≈ <i>s</i>

Formele și dimensiunile rosturilor pentru sudarea manuală cu arc electric cu electrozi metalici a oțelurilor

Nr. crt.	Denumirea cusăturii	Forma rostului	Forma îmbinării	Grosimea metalului de bază s [mm]	Dimensiunile rostului		
					α [°]	b [mm]	c [mm]
1	Sudură în I pe o parte			Până la 1 1-3	— —	0-1 0-2	— —
2	Sudură în I pe ambele părți			Până la 2 2-5	— —	0-1 1-3	— —
3	Sudură în V			3-20	50-60	0-3	—
4	Sudură în Y			3-20	50-60	0-3	1-3
5	Sudură în X			12-40	$\alpha_1 = 50 \dots$ $\dots 60$ $\alpha_2 = 50 \dots$ $\dots 90$	1-3	0-2

Nr. cri.	Denumirea cusăturii	Forma rostului	Forma înrobării	Grosimea metalului de bază s [mm]	Dimensiunile rostului		
					α, β [grad]	b [mm]	c [mm]
6	Sudură de colț cu margini suprapuse			≥ 2	—	0-2	—
7	Sudură în K			12-40	45-60	0-3	0-2
8	Sudură de colț			≥ 2	≥ 50	0-2	—
9	Sudură pe muchie			$s_1 \geq 2$	$s_2 \geq s_1$	$c \geq s_1$	(rost 2 mm)
10	Sudură în găuri rotunde			\geq	$d > 2s$; c, U și t se stabilesc la proiectare; dacă $s > 8$ mm, țesura se execută pe toată grosimea		

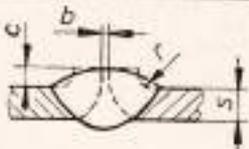
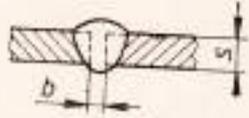
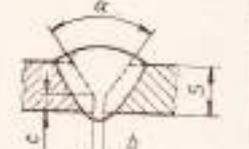
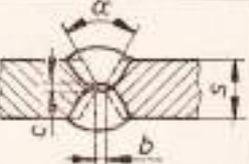
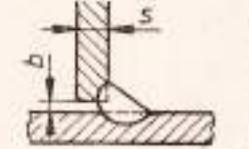
Formele și dimensiunile rosturilor la sudarea automată și semiautomată sub flux a oțelurilor

Nr. crt.	Denumirea sudurii	Schita îmbinării sudate	Dimensiunile rostului				
			s [mm]	α [grad]	e [mm]	b [mm]	D [mm]
1	Sudură în I		2-10	—	0-3	—	—
2	Sudură în 2 I		3-50	—	0-11	—	—
3	Sudură în Y		8-30	30-50	2-6	2-8	—
4	Sudură în X		14-60	50-60	0-4	5-7	—
5	Sudură în K		10-60	50-60	0-2	3-6	—
6	Sudură în L		≥ 3	—	0-2	—	—
7	Sudură în O		3-40	—	0-1	—	12...30

obține la sudarea prin procedeele cu sîrma-electrod, rosturile pot fi executate cu deschideri mai mici, adică se apropie de cele executate pentru sudarea sub flux. În STAS 7502-75 se dau formele și dimensiunile rosturilor pentru sudarea în mediu de CO_2 . Deoarece acest procedeu folosește sârse mai puternice de energie și are o densitate de curent specifică mare, cu el pot fi executate suduri în I pînă la grosimi de table de 12 mm și suduri în V pînă la grosimi de table de 20 mm, cu deschiderea rostului α de 30—50°, conform tabelului 3.4.

TABELUL 3.4

Formele și dimensiunile rosturilor la sudarea în mediu protector de CO_2 a oțelurilor

Nr. ord.	Denumirea îmbinării sudate	Schita îmbinării sudate	Dimensiunile rostului, în mm				
			a	u [grad]	b	c	r
1	Sudură în I cu margini rășfrînte		<2	—	0—0,5	<1	1—1,5
2	Sudură în I		2—6	—	0—1	—	—
3	Sudură în 2 I		6—12	—	1—3	—	—
4	Sudură în V		5—20	30—50	0—2	<1,5	—
5	Sudură în X		15—40	30—50	1—3	4—6	—
6	Sudură în L		>1	—	0—2	—	—

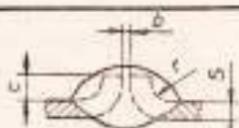
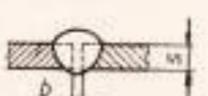
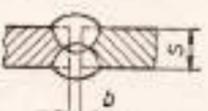
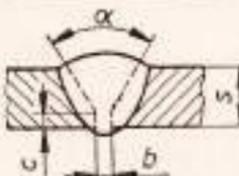
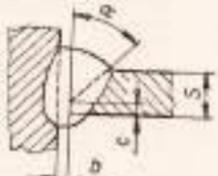
Pentru sudarea în mediu de gaz protector inert cu electrod nefuzibil (de wolfram), procedeul folosit, în special la sudarea oțelurilor înalt aliate sau la diferite aliaje, rosturile sînt asemănătoare celor de la sudarea manuală cu arc electric sau celor de la sudarea cu gaz.

În tabelul 3.5 sînt date, după STAS 8958-71, îmbinări sudate folosite pentru procedeul de sudare WIG (cu electrod nefuzibil de wolfram în mediu de gaz inert).

După cum s-a arătat mai înainte, forma rostului pentru îmbinarea sudată este mult influențată de procedeul de sudare aplicat. De exem-

TABELUL 3.5

Formele și dimensiunile rosturilor la sudarea WIG a oțelurilor

Nr. crt.	Denumirea îmbinării sudate	Secțiua îmbinării sudate	Dimensiunile rostului, în mm				
			s	α [grad]	b	c	r
1	Sudură cu margini răsfrînte		max. 2	—	0-0,5	s	1-1,5
2	Sudură în I		pînă la 3	—	<0,5s	—	—
3	Sudură în 2 I		3-8	—	<0,5s	—	—
4	Sudură în V		3-20	50-70	1-3	1-2	—
5	Sudură în X		15-40	50-70	1-3	1-2	—
6	Sudură în 1/2 V		3-20	50-60	1-3	1-2	—

plu, pentru sudarea în baie de zgură, toate rosturile îmbinărilor cap la cap sau în unghi, indiferent de grosimea materialului de bază, se execută cu marginile drepte. Pentru sudarea cu jet de plasmă, îmbinările cap la cap se execută cu rosturi în I, fără nici un interstițiu, de la grosimile cele mai mici de 0,1 mm până la grosimi de 10 mm și fără să fie folosit metal de adaos; grosimile mai mari se sudează cu o foarte mică prelucrare. La sudarea cu fascicul de electroni, grosimile de material chiar foarte mici, până la 50 mm, se sudează cu rostul în I fără interstițiu.

Pentru stabilirea formei rosturilor, foarte importantă este și calitatea materialului de bază de sudat. Pentru oțeluri înalt aliate sau pentru aliaje neferoase, formele și dimensiunile rosturilor sînt influențate de conductivitatea termică a materialului de bază, de temperatura de topire, de afinitatea acestuia pentru gaze, de fluiditate etc. La descrierea diferitelor procedee de sudare, în tehnologia de execuție a diferitelor suduri se vor arăta și formele de rosturi cele mai corespunzătoare.

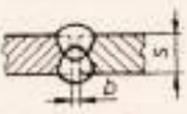
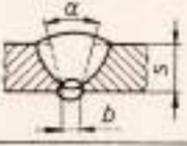
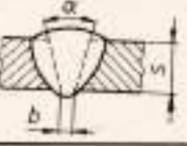
Așa, de exemplu, pentru cupru, față de oțeluri, sînt necesare unghiuri de țesire mai mari (pentru o aceeași grosime de metal de bază) sau un anumit rost se aplică pentru sudarea grosimilor mai reduse etc. În tabelele 3.6—3.8 sînt date după STAS 9830-74 unele forme și dimensiuni ale rosturilor pentru sudarea cuprului și a aliajelor de cupru prin procedeele: sudarea cu flacăra de gaze, MIG și WIG.

TABELUL 3.6

Formele și dimensiunile rosturilor la sudarea WIG cu flacăra de gaze a cuprului și a aliajelor de cupru

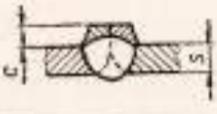
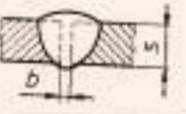
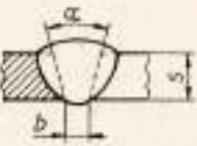
Denumirea sudurii	Simbolul sudurii	Forma rostului și a îmbinării sudate	Grosimea metalului de bază s , mm	Dimensiunile rostului				Observații
				α [grad]	b	e	r	
Sudură cu margini răsfrînte			1-2	-	-	s	s	Se execută fără material de adaos
Sudură în I	II		1-3	-	0-3	-	-	Se execută pe suport de azbest
			3-6	-	3-5	-	-	Se execută în poziție verticală și multian pe ambele părți. Nu se recomandă pentru sudarea aliajelor cupru-zinc (alamă)
Sudură în V	V		3-12	60-90	3-6	-	-	Se execută pe suport (azbest)

Formele și dimensiunile rosturilor la sudarea MIG a cuprului și a aliajelor de cupru

Denumirea sudurii	Simbolul sudurii	Forma rostului și a îmbinării sudate	Grosimea metalului de bază s , mm	Dimensiunile rostului		Observații
				α [grd]	b	
Sudură în I	II		4-6	-	< 3	Se execută cu sudură de completare
Sudură în V	V		3-12	50	< 3	Se execută cu sudură de completare
			4-30	50	< 3	Se execută pe suport

TABELUL 3.8

Formele și dimensiunile rosturilor la sudarea MIG a cuprului și aliajelor de cupru

Denumirea sudurii	Simbolul sudurii	Forma rostului și a îmbinării sudate	Grosimea metalului de bază s , mm	Dimensiunile rostului				Observații
				α [grd]	b	e	r	
Sudură cu margini răsfriente			< 3	-	-	$s+1$	s	-
Sudură în I	II		< 3	-	0-3	-	-	Se execută pe suport
			< 3	-	1-4	-	-	Se execută în poziție verticală simultan pe ambele părți
Sudură în V	V		< 12	50-60	1-6	-	-	Se execută pe suport

4.1. FLACĂRA DE SUDARE

La procedeul de sudare cu flacără de gaze, sursa termică pentru încălzirea locală a pieselor de îmbinat o formează flacăra generată de un gaz combustibil, care, în amestec cu oxigenul, formează flacăra de sudare. În cazul metalelor și aliajelor cu temperaturi joase de topire, în locul oxigenului poate fi folosit și aerul. Gazul combustibil cel mai folosit este acetilena, datorită faptului că aceasta dezvoltă în amestec cu oxigenul pur o temperatură înaltă, de circa 3170°C . Pot fi, de asemenea, folosite și alte gaze (gazele naturale, vaporii de gaze lichefiate, hidrogenul etc.) sau vaporii de lichide combustibile (benzina, petrolul etc.), care, în amestec cu oxigenul, dau flăcării temperaturi mai joase, variind între 1900 și 2500°C .

Pentru obținerea flăcării de sudare, se folosesc suflaiuri (arzătoare), în care se produce amestecul de gaz și oxigen ce se aprinde la ieșirea din suflai. Pentru sudare, flacăra se reglează astfel încât proporția de oxigen față de acetilenă să fie $\frac{O_2}{C_2H_2} = 1,1 \dots$

1,2 în care caz amestecul este normal și flacăra neutră. După reglarea flăcării se formează patru zone suprapuse, care se întrepătrund (fig. 4.1).

Prima zonă foarte redusă, abia vizibilă, la ieșirea din suflai, formată din amestec de acetilenă și oxigen, este înconjurată de o zonă de forma unui con, conținând carbon incandescent care luminează alb orbitor, numită *conul luminos*. Urmează o zonă suficient de mare, care nu este vizibilă; aici se produce arderea acetilenei cu oxigenul, în urma reacției formându-se hidrogen și oxid

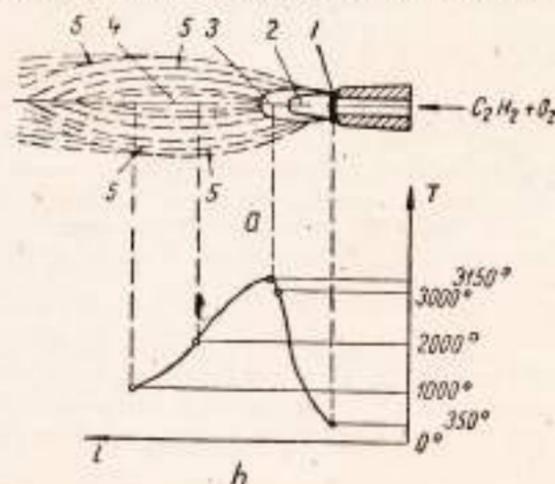


Fig. 4.1. Flacăra oxiacetilenică neutră cu cele patru zone ale ei și variația temperaturii de-a lungul axei flăcării:

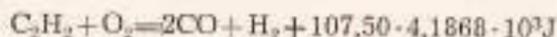
a — zonele flăcării oxiacetilenice la ieșirea din suflai; 1 — zona foarte redusă, formată din amestec de acetilenă și oxigen, abia vizibilă; 2 — zona cuprinzând nucleul luminos, formată din oxigen, hidrogen și particule de carbon aprinse; 3 — zona primară a flăcării cu temperatura cea mai înaltă, formată din CO și H; 4 — zona secundară a flăcării, formată din $CO_2 + H_2O$; 5 — aer din mediul înconjurător; b — curba temperaturilor flăcării pe axa suflaiului.



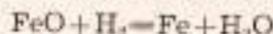
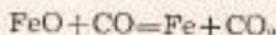
Fig. 4.2. Flăcări oxiacetilenice:

a - flăcără neutră; b - flăcără carburantă; c - flăcără oxidantă.

de carbon. Aceasta este zona *reducătoare* a flăcării, care degajează o mare cantitate de căldură:

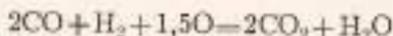


Această zonă a flăcării, în care s-a format amestecul $2\text{CO} + \text{H}_2$, are temperatura cea mai înaltă, de $3100\text{--}3200^\circ\text{C}$, și este întunecată. Ea are o acțiune *reducătoare* asupra oxizilor de fier formați în baia de sudură, care sînt reduși la fier, conform relațiilor:



Tot în această zonă se disociază parțial H_2 în 2H , cu o acțiune și mai energetică *reducătoare* decît H_2 . În funcție de mărimea flăcării, adică a suflaului, zona *reducătoare* are o lungime pe direcția axială de $2\text{--}8$ mm. În această zonă se așază piesele de sudat la o distanță de $2\text{--}5$ mm de la virful nucleului luminos. Această importantă zonă a flăcării este numită *zonă primară* a flăcării, deoarece în ea se degajă prima parte a căldurii flăcării. La acetilenă și hidrogen, din puterea calorică totală a gazului în această zonă se degajează peste 40% .

În ultima zonă numită și *flăcără secundară* sau *de împrăștiere*, se produc arderile cu oxigenul din aer; are loc arderea completă a compuşilor (CO și H_2) formați în zona *reducătoare*, conform reacției:



În această zonă, temperatura scade cu distanța de la virful nucleului luminos. În figura 4.1 este reprezentată flăcără oxiacetilenică cu cele patru zone ale ei și variația temperaturii de-a lungul axei flăcării. Căldura totală a flăcării Q_f se determină cu relația:

$$Q_f = 3,5 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 V_{\text{C}_2\text{H}_2} [\text{J}]$$

în care:

$V_{\text{C}_2\text{H}_2}$ este debitul de acetilenă, l/h.

În cazul cînd raportul de amestec $\frac{\text{O}_2}{\text{C}_2\text{H}_2}$ este sub $(1,1)$, nucleul luminos se mărește, iar flăcără devine *carburantă* (fig. 4.2, b). Flăcără carburantă se folosește cînd este necesar să se obțină o topire foarte superficială a pieselor. Dacă raportul $\frac{\text{O}_2}{\text{C}_2\text{H}_2}$ depășește valoarea de $1,2$ nucleul lu-

minos se oxidează și flacăra devine oxidantă (fig. 4.2, c). În acest caz, temperatura flăcării crește. Flacăra oxidantă este folosită la sudarea alamei, la tăiere etc.

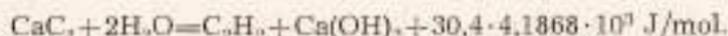
În cazul flăcărilor formate din amestec de oxigen cu alte gaze, zonele flăcării nu mai sînt atît de clar conturate ca la flacăra oxiacetilenică, deoarece celelalte gaze combustibile conțin cantități reduse de carbon sau nu conțin carbon, cum este de exemplu hidrogenul; în acest caz, nu se mai produce incandescența particulelor de carbon care conturează nucleul luminos.

4.2. GAZE ȘI LICHIDE COMBUSTIBILE

Metalele și aliajele de sudat folosite curent au temperaturi de topire sub 1500°C. Pentru îmbinarea prin topire a acestora, este necesar ca flacăra de sudare să degajă o cantitate de căldură cît mai mare, în care scop pentru sudare sau lipire este folosită zona primară a flăcării, unde temperatura este cea mai mare. Flacăra de sudare se obține, așa cum s-a arătat, prin arderea unui gaz combustibil sau vapori de lichide combustibile în amestec cu aer sau cu oxigen pur. În amestec cu aer, temperatura flăcării este mai mică și nu poate fi folosită decît pentru metale și aliaje cu temperaturi joase de topire și cu o conductivitate termică mai redusă, sau lipire. Pentru sudarea oțelului, a aluminiului și a cuprului, flacăra cu amestec de aer nu este corespunzătoare. În general, pentru sudare și tăiere, flacăra de gaze și lichide combustibile nu este folosită în amestec cu aer, ci numai cu oxigen. În flacăra formată de gazul combustibil și oxigen, aerul participă numai în flacăra secundară, care degajă căldura și ajută parțial la încălzirea piesei în timpul operației de sudare.

Gazele și vaporii de lichide combustibile folosite la sudare, tăiere și lipire sînt: acetilena, gazele naturale, hidrogenul, vaporii de benzină, de benzen, de gaze lichefiate etc.

Acetilena (C_2H_2) constituie gazul cel mai propriu sudării, deoarece are o temperatură de ardere în oxigen foarte înaltă, cuprinsă între 3100 și 3200°C. Are o putere calorică de circa 12600 m³, iar căldura degajată în zona primară este de asemenea mare, de circa 5050 m³; masa specifică a acetilenei este de 1,18 kg/m³. Se folosește la sudarea oțelului, a fontei, metalelor neferoase etc. Prezintă dezavantajul că în amestec cu oxigen sau aer este explozivă, din care cauză sînt necesare măsuri speciale de securitate. Se prepară în generatoare de acetilenă, din carbură de calciu (carbide), care în contact cu apa produce acetilena, conform reacției:



Carbura de calciu (CaC_2) se fabrică din oxid de calciu și cărbune pe cale electrochimică; are aspectul de granule compacte de culoare galbenă-brună pînă la neagră-albastră, iar în spărtură proaspătă are o structură cristalină. Se fabrică în șase granulații de la dimensiunea de 80—120 mm pentru tipul O, de 50—80 mm pentru tipul I, pînă la granule mici de 2—7 mm pentru tipul V. Volumul de acetilenă dezvoltat de 1 kg carbide este de 280 l pentru granulațiile O și I, de 270 l pentru granulația II și de 240 pentru granulațiile III, IV și V. Carbidele se livrează în butoaie

de tablă subțire cu un conținut de 100 kg, închise ermetic. Butoalele cu carbid trebuie ferite de umezeală și foc și de aceea se păstrează în magazii anume destinate acestui scop. Granulațiile mici se folosesc în centralele de acetilenă, iar cele mari pentru producerea acetilenei în generatoarele de acetilenă. Reziduu rezultat la producerea acetilenei, hidroxidul de calciu Ca(OH)_2 , sub formă de nămol, se îndepărtează din generatoare și se aruncă în gropi special destinate acestui scop, deoarece din ele se degajează acetilenă în continuare care poate provoca explozii.

Conform reacției de dezvoltare a acetilenei rezultă că, în urma descompunerii carbidului, se produce o mare cantitate de căldură. Deși pentru descompunerea unui kilogram de carbid este necesară teoretic o cantitate de 0,56 l apă, rezultând 344,4 l acetilenă, în practică în generatoare cantitatea de apă se ia de peste 10 l pentru fiecare kilogram de carbid, deoarece în caz contrar temperatura produsă depășește 60°C . Apa absoarbe căldura dezvoltată, ceea ce previne temperaturile mari și pericolele legate de acestea. Temperatura de aprindere a acetilenei este de 350°C . În general, acetilena este debitată din generatoare la presiuni foarte mici, sub $0,1 \text{ daN/cm}^2$, ceea ce asigură securitatea necesară.

Acetilena dizolvată. Acetilena la presiune de peste $1,6 \text{ daN/cm}^2$, la temperatura de 60°C , se descompune în hidrocarburi foarte explozive. De aceea, acetilena nu se livrează în butelii la presiuni mari, ca majoritatea celorlalte gaze, ci numai în butelii speciale prevăzute cu masă poroasă, deoarece în capilaritățile porilor acetilena se poate transporta fără pericol de explozie. În aceste butelii se introduce și acetona, care are proprietatea de a dizolva acetilena comprimată. În buteliile prevăzute cu masă poroasă și acetonă, acetilena se poate comprima la $15-16 \text{ daN/cm}^2$ la temperatura de 20°C , fără să prezinte pericole. Buteliile conțin circa 25% masă poroasă, 40% acetonă și 20% acetilenă dizolvată (în volume), restul de 6% formînd spațiul de siguranță în partea superioară a buteliei. Cantitatea de acetilenă Q din butelie se calculează cu relația:

$$Q = 0,4 V \cdot 23 \cdot 10^3 p = 9,2 \cdot 10^3 V \cdot p \text{ [l]}$$

în care:

Q este cantitatea de acetilenă, în l;

V — volumul buteliei, în l (în general $V=40$ l);

p — presiunea acetilenei, în $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

23 — cantitatea de acetilenă dizolvată de 1 l acetonă, în l.

La presiunea de $15 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$, cantitatea de acetilenă din butelii este de:

$$9,2 \times 40 \times 15 \times 10^5 = 5\,520 \times 10^5 \text{ l}$$

adică echivalentul a aproximativ 22 kg carbid.

Acetilena dizolvată în butelii prezintă următoarele avantaje:

— puritate mare a gazului;

— securitate în exploatare;

— posibilitate de folosire în orice loc de muncă.

Buteliile de acetilenă dizolvată sînt vopsite în alb și poartă o inscripție roșie.

Hidrogenul este cel mai ușor gaz cunoscut ($0,9 \text{ g/l}$) și are o putere calorică destul de redusă, de circa $2\,570 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 \text{ J/m}^3$; temperatura flăcării de hidrogen în amestec cu oxigenul este de $2\,200^\circ\text{C}$, iar căldura

utilizată în zona reducătoare este de $1\,300 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 \text{ J/m}^3$. Se folosește la sudarea metalelor și aliajelor ușor fuzibile. Se livrează în butelii, vopsite în verde-închis cu inscripția roșie, cu capacitatea de 40 l la presiunea de 150 daN/cm^2 . Cantitatea de gaz disponibilă din butelii se calculează conform relației Mariotte:

$$Q = V \cdot p \cdot 10^5 \text{ [l]},$$

în care:

V este volumul buteliei, în l (în general 40 l);

p — presiunea oxigenului, în $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

În cazul unei presiuni de $70 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$, cantitatea de gaz într-o butelie de 40 l este de $40 \cdot 70 \cdot 10^5 = 2\,800 \text{ l}$.

Gazele naturale conțin în general 94—97% metan (CH_4), iar în unele cazuri puritatea lor ajunge la 99% CH_4 . Ținându-se seamă de aceste proporții, puterea calorică a gazelor naturale se apreciază egală cu cea a metanului, adică de $8\,500 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 \text{ J/m}^3$ sau $12\,000 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$. Deși are o putere calorică destul de mare, căldura dezvoltată în zona reducătoare a flăcării este numai cu puțin mai mare decât cea a hidrogenului. Temperatura de ardere în oxigen este de $2\,000^\circ\text{C}$. Temperatura de aprindere în aer este de 340°C . Gazele naturale sînt folosite la sudarea aliajelor ușor fuzibile și la tăiere, datorită prețului de cost mult mai redus, în comparație cu alte gaze. Sînt foarte explosive în amestec cu aerul. Cele mai bune rezultate se obțin cînd sînt folosite la presiunea de $0,4$ — $0,6 \text{ daN/cm}^2$.

Vaporii de benzină, de petrol lampant sau de benzen (C_6H_6) pot fi folosiți cu bune rezultate la sudarea metalelor ușor fuzibile și la tăiere. Temperatura flăcării amestecului de vaporii de benzină cu oxigen este de $2\,550^\circ\text{C}$, a vaporilor de petrol lampant în amestec cu oxigen — de $2\,475^\circ\text{C}$, iar a celor de benzen — de $2\,500^\circ\text{C}$. Pentru obținerea vaporilor sînt necesare suflaiuri prevăzute cu flacără de preîncălzire, care să vaporizeze lichidul necesar; aceste suflaiuri prezintă inconvenientul că se deteriorează destul de repede. Puterea calorică a vaporilor de benzină este de $30\,000 \text{ kcal/m}^3$, a petrolului de $23\,000 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 \text{ J/m}^3$ și a benzenului de $33\,800 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 \text{ J/m}^3$.

Vaporii de gaze lichiefiate, propanul (C_3H_8) și butanul (C_4H_{10}), cu o putere calorică de $21\,700$, respectiv $28\,200 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 \text{ J/m}^3$, deși comode în exploatare, au dezavantajul că în zona reducătoare degajează cantități reduse de căldură, de circa $2\,000 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 \text{ J/m}^3$. Vaporii acestor gaze se folosesc la tăiere și lipire. Gazele lichiefiate se livrează în butelii cu capacitatea de circa 26 l; greutatea buteliei este de circa 12 kg și este vopsită în albastru-închis.

Pentru sudarea metalelor și aliajelor ușor fuzibile, ca și la tăiere, se mai folosesc: gaze de iluminat, gaz de apă, gaz de cocserie etc., a căror temperatură de ardere în oxigen variază între $1\,900$ și $2\,100^\circ\text{C}$ și care au puteri calorice cuprinse între $2\,600$ și $4\,500 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 \text{ J/m}^3$. Aceste gaze conțin H și CO, care le fac combustibile. Temperaturile de ardere a acestora în oxigen variază între $1\,900$ și $2\,000^\circ\text{C}$.

În tabelul 4.1 sînt date caracteristicile importante ale gazelor și lichidelor combustibile, folosite la sudarea și la tăierea metalelor. Trebuie menționat că, pentru tăierea oțelului moale, în special a grosimilor mari (peste 40 mm grosime), cele mai bune rezultate se obțin cu gazele natu-

**Caracteristicile gazelor și lichidelor combustibile folosite
la sudare și tăiere**

TABELUL 1.1

Combustibilul folosit, cu indicarea formulei chimice	Temperatura flăcării [°C]	Puterea calorică [4.1868·10 ⁶ J/m ³]	Căldura degajată în zona primară a flăcării [4.1868·10 ⁶ J/m ³]	Cantitatea de oxigen necesară de introdus în suflul [m ³ /m ³]
Acetilena, C ₂ H ₂	3 170	12 600	5 050	1,1—1,2
Hidrogen, H ₂	2 100	2 570	1 300	0,25
Metan, CH ₄	2 000	8 500	1 400	1
Propan, C ₃ H ₈	2 000	22 500	1 150	1,5
Butan, C ₄ H ₁₀	2 100	28 500	1 100	2
Gaz de iluminat	1 900	4 000	900	0,7
Gaz de coșerie	2 200	4 500	1 000	0,6
Benzen, C ₆ H ₆	2 500	33 500	1 400	3
Benzină	2 400	30 000	1 200	—

* Față de cantitatea de gaz sau de vapori combustibil.

rale, deoarece nu topesc muchiile superioare ale tăieturilor, evitând astfel acest gen de defecte.

De câțiva ani, în țările cu industrie dezvoltată se folosește un nou gaz lichefiat, *metilacetilenă-propadienă*, cunoscut sub numele de gazul MAPP. Vaporii acestui gaz au caracteristici apropiate de cele ale acetilenei, cu temperatura de ardere în oxigen de 2 925°C; acest gaz prezintă marele avantaj că poate fi înmagazinat, transportat și manipulat ca orice gaz lichefiat. De asemenea, noul gaz lichefiat are limitele de explozie în amestec cu aer și oxigen mult reduse față de acetilenă, ceea ce-i conferă o mare siguranță în exploatare.

Pentru obținerea temperaturilor înalte la arderea gazelor combustibile este folosit *oxigenul industrial* (STAS 2031-77) care, amestecat cu acestea în proporții corespunzătoare, după aprindere, generează flacăra de sudare. Oxigenul tehnic se livrează de trei tipuri: tip 99, tip 98 și tip 97, numerele reprezentând puritatea oxigenului respectiv. Pentru sudare și tăiere, oxigenul cel mai corespunzător este de tip 99. Oxigenul se livrează în butelii de oțel de 40 l, la presiunea de 150 daN/cm². Capacitatea buteliilor este de 40·150=6 000 l=6 m³ oxigen și, în cazul când presiunea s-a micșorat din cauza consumului, cantitatea disponibilă se calculează cu relația lui Mariotte, dată mai înainte pentru hidrogen.

4.3. METALE DE ADAOS ȘI FLUXURI

Pentru sudarea diferitelor metale și aliaje este necesară folosirea de metale de adaos corespunzătoare calitativ cu materialul de bază, adică de o compoziție chimică care să confere cusăturii sudate aceleași caracteristici mecanice.

Pentru oțel, întreprinderile din țară fabrică, conform STAS 1126-78, numeroase tipuri de sirme marcate cu simbolul S (sirmă), urmat de cifre și litere, care indică atunci când este cazul elementelor de aliere cuprinse în aceste sirme, precum și conținutul maxim de carbon. Unele calități de sirme pentru sudarea oțelului nealiat au și litera X, care indică un material cu puritate mai înaltă (S și P redus, de maximum 0,03‰ pentru fiecare).

Sirma de oțel nealiat este marcată cu S10 și cea de calitate mai pură cu S10X; cifra 10 indică conținutul de maximum 0,10% C din sirmă. Sirmele aliate sînt marcate cu literele M (mangan), S (siliciu), Mo (molibden), C (crom) etc.; astfel marca sirmei S12M2 indică sirmă cu 0,12% C și cu un conținut pînă la 2% Mn, iar S12M2S indică o sirmă cu aceleași elemente componente ca și sirmă S12M2, și cu un conținut pînă la 1% siliciu; marca sirmei S12MoC indică o sirmă cu 0,12% C, molibden și crom într-o proporție sub 1%. Pentru sudarea oțelurilor speciale, inoxidabile, antiacide, refractare etc., sirmă de sudare se livrează odată cu materialul de bază. Sirmele au diametrul de la 0,5 pînă la 12,5 mm și se livrează în colaci sau în legături de vergele.

Pentru sudarea fontei cenușii se folosesc vergele turnate VT-S30 și VT-S36, cu diametrul de 4—14 mm și cu lungimi de 450—700 mm. Prima marcă are un conținut de siliciu de 3—5% Si, iar a doua de 3,6—4,8% Si și sînt folosite pentru sudarea fontei la cald.

Pentru sudarea cuprului se folosește sirmă de cupru electrolitic CuE sau vergele cu Cu—Ag cu 1% Ag de 1 m lungime, cu diametrul de 4, 5, 6 și 8 mm.

Pentru sudarea alamei sînt folosite sirme (1—3 mm) și vergele (2—8 mm) de alamă pentru sudare și lipire, și anume mărcile Am Si Lp și Mn Sn Lp, prima conținînd 58—62% Cu și 0,2—0,3% Si și a doua 59—61% Cu, 0,2—0,3% Si, 0,8—1,2% Sn, restul Zn. Aceste sirme sînt folosite atît la sudarea alamei, cît și la lipirea cuprului, a bronzului, oțelului, fontei etc.

Sirmele se depozitează în locuri uscate și curate, pentru ca să nu se degradeze. Sirmele nu se vor proteja prin ungere cu ulei sau substanțe organice, deoarece acestea impurifică baia de sudură. La folosire, sirmele se vor șterge cu bumbac curat; îndreptarea și tăierea sirmelor se vor face în condiții de curățenie, iar după tăiere și îndreptare, fiecare bară se va șterge cu bumbac curat.

Deoarece în timpul sudării se formează oxizi care impurifică sudura, este necesară folosirea fluxurilor sub formă de pulberi, paste sau lichide, pentru asigurarea protecției metalului topit, ca și la afinarea acestuia. În general, la sudarea oțelurilor obișnuite nu este necesară folosirea fluxurilor, în schimb, la sudarea oțelurilor speciale, a metalelor și aliajelor neferoase, a fontei etc., folosirea fluxurilor este absolut necesară. Fluxurile formează deasupra băii de sudură zguri ușoare, cu temperaturi de topire mai joase decît cele ale materialelor de sudat și afinează metalul topit. Fluxurile se îndepărtează ușor după sudare, prin periere, după care piesa sudată trebuie spălată bine. Fluxurile sînt constituite din compuși chimici care au o mare capacitate de dizolvare a oxizilor formați. Cele mai folosite substanțe care compun fluxurile sînt:

— boraxul amestecat cu acid boric și sare de bucătărie pentru sudarea cuprului și a alamei. Un amestec recomandabil de flux este: 60... 70% borax, 10... 20% acid boric, 20... 30% clorură de sodiu;

— cloruri de litiu, potasiu, sodiu, în amestec cu fluoruri de potasiu sau de calciu, cu borax etc. pentru sudarea aluminiului și a aliajelor de aluminiu. În tabelul 4.2 se dau cîteva compoziții de fluxuri pentru sudarea aluminiului;

— carbonați de sodiu și potasiu pentru sudarea fontei, cum sînt fluxurile: 70% borax topit, 20% clorură de sodiu, 10% acid boric sau 50% borax și 50% acid boric.

TABELUL 4.2

Compoziția fluxurilor pentru sudarea cu gaz a aluminiului și a aliajelor de aluminiu

Compoziții	Proporția, în %		
Clorură de potasiu, KCl	50	10—60	50
Clorură de litiu, LiCl	14	5—30	—
Fluorură de sodiu, NaF	8	—	16
Fluorură de potasiu, KF	—	5—15	—
Clorură de sodiu NaCl	28	rest	30
Clorură de calciu CaCl ₂	—	—	4

Fluxurile se folosesc sub forme de paste sau pulberi. Fiind foarte higroscopice, se păstrează în borcane de sticlă închise ermetic.

4.4. UTILAJE PENTRU SUDARE CU FLACĂRA DE GAZE

4.4.1. Generatoare de acetilenă

Pentru obținerea acetilenei prin descompunerea carburii de calciu (carbide) cu ajutorul apei se folosesc generatoare sau gazogene de acetilenă. În atelierele mari, prevăzute cu multe posturi de sudare, unde o distribuție centralizată este economică, se recurge la generatoare staționare sau centrale de acetilenă cu debitul orar de la 5 la 80 m³/h acetilenă. Pentru posturile de sudare obișnuite se folosesc generatoare de acetilenă transportabile, care în conformitate cu STAS 6306-68 se execută în patru mărimi, cu debite orare de 0,8; 1,25; 2 și 3,2 m³/h.

Presiunea la care este debitată acetilenă din generatoare poate varia, și din acest punct de vedere se deosebesc:

— generatoare de presiune joasă, la care presiunea nominală, adică presiunea de lucru maximă admisă, să nu depășească 0,1 daN/cm² (1 000 mm H₂O);

— generatoare de presiune medie, cu presiune nominală peste 0,1 daN/cm², care însă să nu depășească 1,5 daN/cm².

După modul în care se realizează contactul între carbide și apă, generatoarele se clasifică în:

- generatoare cu carbide în apă;
- generatoare cu apă peste carbide, cu răcire umedă sau uscată;
- generatoare cu contact intermitent (prin refularea apei).

În figura 4.3 sînt reprezentate patru tipuri de generatoare de acetilenă folosite pe scară largă în ateliere și pe șantiere și modul cum se realizează contactul dintre carbide și apă.

După forma colectorului de acetilenă, generatoarele pot fi:

- generatoare cu colectorul de gaz cu clopot plutitor;
- generatoare cu colectorul de gaz cu vase comunicante;
- generatoare cu colectorul de gaz cu volum constant.

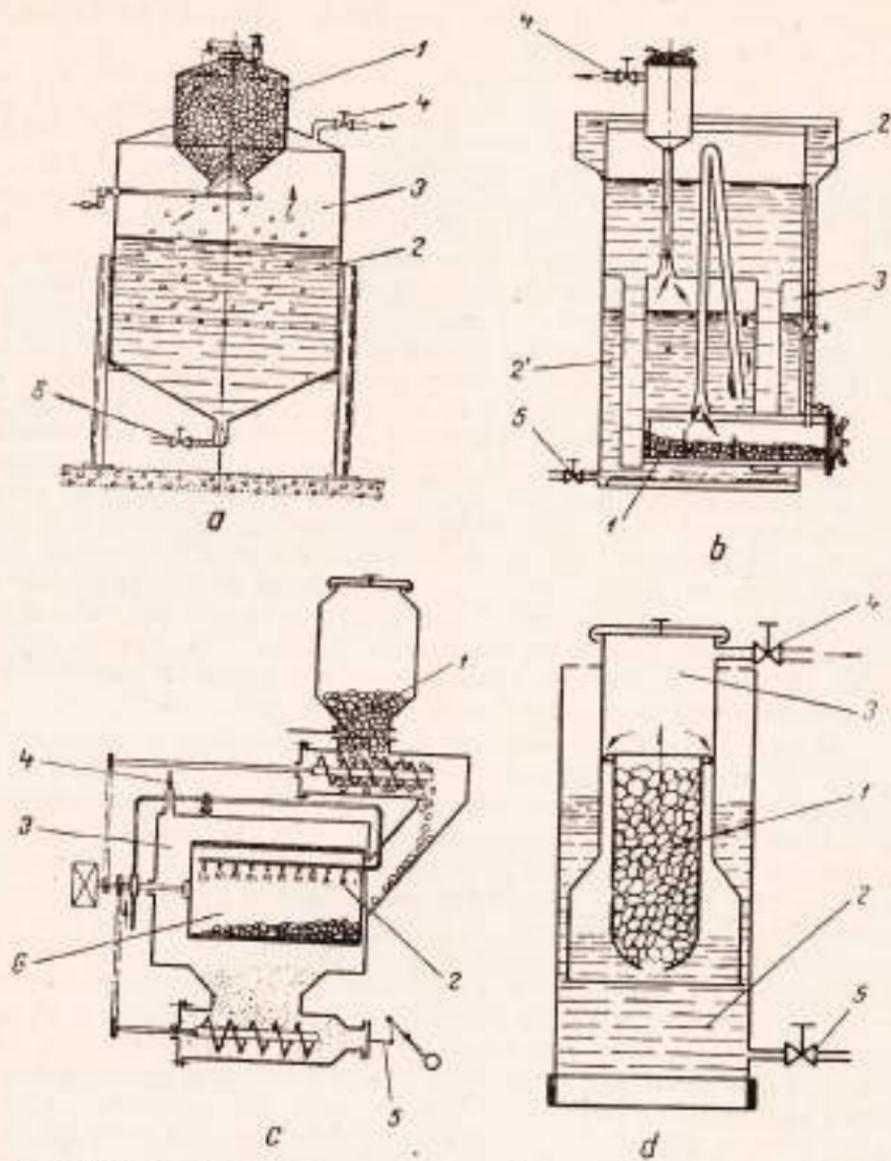


Fig. 4.3. Tipuri de generatoare pentru realizarea contactului dintre carbid și apă:

a - carbid în apă; b - apă peste carbid cu răcire umedă; c - apă peste carbid cu răcire uscată; d - cu contact intermitent prin rotarea apei;
 1 - carbid; 2 - apă pentru descompunerea carbidului (la a și d pentru răcirea acetilenei); 3 - apă pentru răcirea acetilenei (numai la b); 4 - acetilena; 5 - evacuarea apei sau a nămolului; 6 - sită rotativă.

În conformitate cu standardul STAS 6302-77, nu este permis ca temperatura apei de răcire din generatoare să depășească 70°C; la sistemele cu apă peste carbid, în orice punct al spațiului de gazeificare nu trebuie să se depășească temperatura de 100°C la generatoarele cu răcire umedă și temperatura de 110°C la cele cu răcire uscată.

Masa încărcăturii de carbid pentru diferite mărimi de generatoare nu trebuie să depășească valorile:

- 2,5 kg carbid pentru generatoarele cu debit nominal de 0,8 m³/h;
- 4 kg carbid pentru generatoarele cu debit nominal de 1,25 m³/h;
- 8 kg carbid pentru generatoarele cu debit nominal de 2,00 m³/h;
- 10 kg carbid pentru generatoarele cu debit nominal de 3,20 m³/h.

În întreprinderile și pe șantierele din țară, se folosesc generatoare de acetilenă transportabile de presiune joasă, care funcționează cu contact intermitent prin reglarea apei. Cele mai cunoscute sînt generatoarele: CD-11 cu încărcătură de carbid de maximum 5 kg și cu un debit orar de 3,2 m³/h și generatoarele de construcție mai recentă Ga 1250-C cu încărcătură de carbid de maximum 4 kg și cu un debit orar de 1,25 m³/h.

În figura 4.4 este reprezentat generatorul de acetilenă CD-11, la care, după ce se încarcă coșul de carbid 4, acesta se introduce în vasul de reziduuri 14, peste care se așază clopotul 3 ce se prinde cu trei creștături în cuiele vasului de reziduuri 14. După încărcare, clopotul se așază în locașul plutitorului, înșurubindu-se cu piulița olandeză 15 de plutitor. Se toarnă apoi apă. Acetilenă degajată trece prin țevile 5, 6 și 7 din spațiul 8 al plutitorului, iar apa de sub plutitor este refulată în partea superioară a rezervorului, astfel încît în spațiul 8 încetează contactul dintre carbid și apă. Din țeava 7 acetilenă trece prin epuratorul 9, de unde prin țeava 10 ajunge în supapa de siguranță 11, iar de aici prin robinetul 12 trece la consum. Pentru curățirea acetilenei amestecate cu aer, înainte de a începe consumul ei se folosește robinetul 17.

În prezent, la noi în țară se fabrică generatoare transportabile Ga 1250-C de presiune joasă, care funcționează tot după sistemul cu contact intermitent prin refularea apei. Debitul orar al generatorului este de 1 250 l/h acetilenă iar presiunea de lucru de 350 mm H₂O.

În figura 4.5 este reprezentat generatorul Ga 1250-C. Se umple corpul 1 cu 72 l apă pînă la 150 mm de marginea de sus. Se încarcă cu carbid coșul 4, care se introduce sub clopotul 2, zăvorîndu-se cu închizătoarele 18, și se închide robinetul 7. Se introduce în rezervor clopotul 2, asamblat cu coșul 4 și cutia 3 (sudate între ele), introducîndu-se pîrghia 22 în ureche, și se înșurubează cu piulița 16. Cutia 3 se assemblează cu clopotul 2 prin închizătoarele 18 și se sprijină de fund cu piciorușele 19. Se deschid robinetele 7 și 8 pentru eliminarea aerului cu acetilenă, apoi acestea se închid. Nivelul apei din supapa de siguranță se controlează cu robinetul 15, după ce se umple cu apă prin pîrghia 17.

La încărcarea coșurilor de carbid pentru ambele generatoare se folosește carbid tip 0,1 sau 2, adică cu granulație peste 25 × 50 mm.

Generatoarele de acetilenă trebuie plasate în încăperi bine aerisite, separate de postul de sudare, iar în cazul cînd se află într-un atelier, ele trebuie păstrate la o distanță de cel puțin 10 m de orice foc. La fiecare două-trei zile de utilizare, rezervorul generatorului se spală cu apă, iar din trei în trei luni se spală filtrul generatorului și se înlocuiește coșul. De asemenea, se verifică dacă garniturile și înșurubările generatorului nu au scăpări de acetilenă. Verificările se execută cu soluții de săpun și se suflă cu aer comprimat.

În cazul unui consum mare, se folosesc generatoare centrale de producere a acetilenei. În general, ele nu se fabrică pentru debite de peste 100 m³/h; pentru consum mare, se leagă în paralel două sau mai multe generatoare de același tip, care, în cazul presiunilor medii, generează

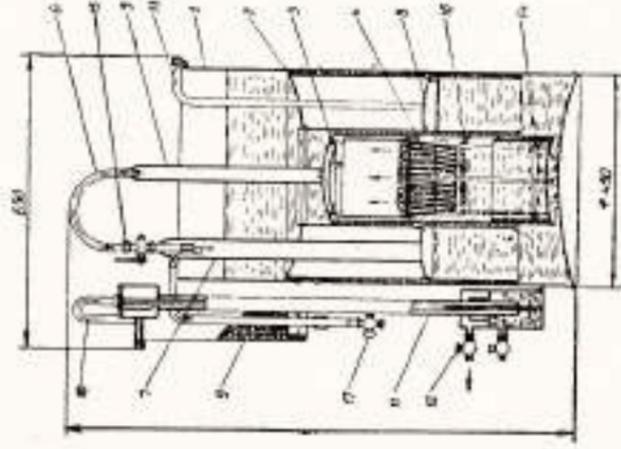


Fig. 4.4. Generatorul de acetilenă CD-11:

2 — rezervor de apă; 3 — plutitor; 4 — coșul de carbid; 5, 6 și 7 — țevi pentru conducerea acetilenei; 8 — spațiul de acetilenă al plutitorului; 9 — epurator cu coacș; 10 — țevă pentru conducerea acetilenei; 11 — supapă de siguranță; 12 — robinetul supapă de siguranță; 13 — țija de fixare a plutitorului; 14 — valul de reziduu; 15 — piuliță olăndeză; 16 — grătarul orizontal de carbid; 17 — robinet de evacuare a acetilenei amestecate cu aer.

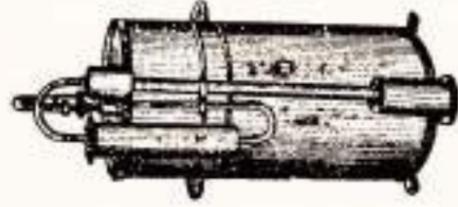


Fig. 4.5. Generatorul de acetilenă Ga 1 250-C:

1 — corpul generatorului; 2 — clopotul de acumulare (colector); 3 — cutia de rectifiere; 4 — coș de carbid; 5 — clemă de legătură; 6 — epurator; 7 — robinet de acetilenă după generator; 8 — robinet de acetilenă după filtru; 9 — supapă hidrovalvulă de siguranță; 10 — brida de strângere; 11 — record; 12 — coș mecanic; 13 — piuliță-dop; 14 — record-furtun; 15 — robinet de nivel; 16 — piuliță olăndeză; 17 — piuliță-supapă; 18 — înclinător; 19 — pasoruu; 20 — detașabil; 21 — mîner; 22 — pițigie de fixare.

într-o conductă de aprovizionare a posturilor de sudare. În cazul cind centrala este de presiune joasă, sub 0,1 daN/cm², atunci se prevede un rezervor de captare, de unde gazul printr-o conductă este distribuit posturilor de sudare.

4.4.2. Supape de siguranță, epuratoare

Supapele de siguranță sînt dispozitive destinate opririi trecerii flăcării de întoarcere și a undei de șoc în generatoarele de acetilenă, în recipientele de gaz sau în conductele principale de acetilenă; de asemenea, ele au rolul de protecție împotriva pătrunderii aerului sau a oxigenului provenit de la punctul de utilizare a acetilenei. Supapele de siguranță asigură trecerea acetilenei prin apă sub formă de bule, astfel încît să nu se formeze un curent continuu de gaz, prin care ar putea să se propage flacăra de întoarcere, și asigură totodată, în cazul întoarcerii flăcării, evacuarea rapidă a gazelor arse în atmosferă.

În conformitate cu STAS 6307-69, supapele de siguranță pentru acetilenă se execută de următoarele tipuri:

- deschisă cu țevi paralele (fig. 4.6, a) pentru debite pînă la 2 m³/h;
- deschisă cu țevi concentrice (fig. 4.6, b și 4.6, c) pentru debite pînă la 1,25 m³/h (variante B₁) și pînă la 3,2 m³/h (variante B₂);
- închisă (fig. 4.6, d) pentru debite pînă la 3,2 m³/h; varianta C₁ pentru presiunea nominală 0,7 daN/cm² și C₂ pentru 1,5 daN/cm².

Supapele deschise se folosesc pentru presiuni pînă la 0,1 daN/cm² (1 000 mm H₂O), iar cele închise pentru presiuni medii pînă la 1,5 daN/cm².

Supapele sînt prevăzute: cu un robinet 4 pentru controlul nivelului apei, cu o gură de golire 6, cu un dispozitiv de închidere 7 pe con-

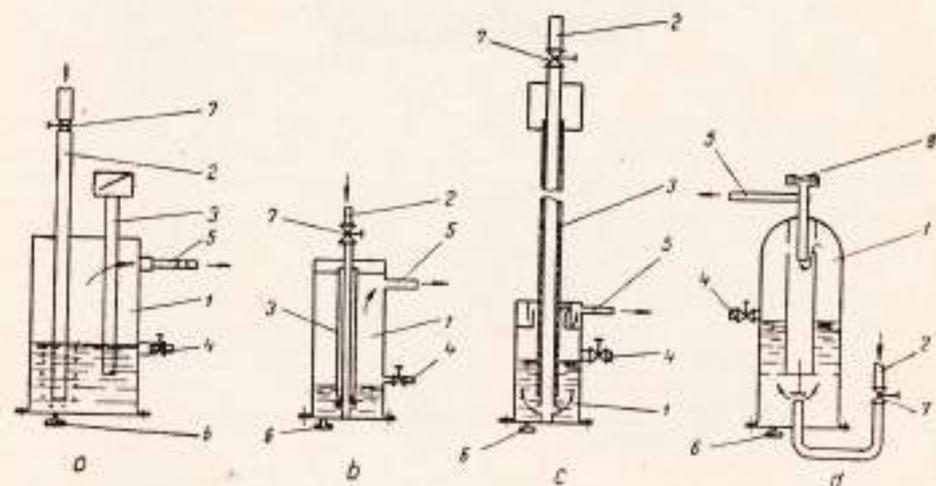


Fig. 4.6. Supapă hidraulică de siguranță:

- a — deschisă cu țevi paralele; b — deschisă cu țevi concentrice, varianta B₁; c — deschisă cu țevi concentrice, varianta B₂; d — închisă;
 1 — corpul supapei; 2 — țevă de admisie; 3 — țevă de siguranță; 4 — robinet de nivel;
 5 — racord de evacuare; 6 — gura de golire; 7 — dispozitiv de închidere; 8 — membrană.

ducta de admisie a gazului și cu un dispozitiv de reținere a apei. În cazul cînd consumul de gaz depășește 35% debitul nominal al supapei, nu este admisă antrenarea apei din supapă sub formă de picături sau im-proșcări. În cazul întoarcerii flăcării, presiunea acetilenei evacuează apa prin țeava de siguranță 3 și totodată și amestecul de gaze, rămîind încă o pernă de apă la baza țevii de admisie 2 a gazului, care să asigure nepătrunderea amestecului pe țeava de admisie 2; evacuarea amestecului de gaze explozive se produce integral numai prin țeava de siguranță 3 în aer. Generatoarele deschise, construite în țară, sînt echipate cu supape de siguranță de tipul-deschisă cu țevi concentrice, varianta B₂. Supapele închise, variantele C₁ și C₂ se folosesc la presiuni medii, respectiv 0,7 și 1,5 daN/cm², la care presiunea de întoarcere blochează intrarea spre țeava de admisie, iar evacuarea amestecului de gaz exploziv în aer se face prin spargerea membranei 8.

Epuratoarele sînt aparate destinate curățirii acetilenei de impurități. Deoarece carbidul fabricat în țară nu conține substanțe care la generarea acetilenei ar putea-o impurifica, epuratoarele montate pe generatoare au rolul numai de a curăți acetilena de impurități mecanice, reținînd în special umiditatea din gaz. Epuratoarele se încarcă cu cocs sau bucăți mici de cărămidă. Ele au forma unei cutii cilindrice (v. fig. 4.4, poz. 9 și fig. 4.5, poz. 6). Gazul intră pe la partea inferioară a epuratoarelor și iese pe la partea superioară, de unde prin conducte este dirijat spre supapa de siguranță.

4.4.3. Butelii de oxigen și acetilenă, reductoare de presiune

Oxigenul se încarcă în butelii din oțel și astfel este transportat la locul de muncă. Butelia de oxigen are un diametru interior de 220 mm, iar grosimea peretelui este de 8 mm; la partea inferioară, buteliile sînt montate pe un suport, iar la partea superioară au un gît îngroșat în care este înșurubat robinetul de închidere; pe gîtul buteliei se înșurubează capacul de închidere (fig. 4.7, a). Lungimea totală a buteliei este de 1740 mm. Buteliile se vopsesc în albastru și poartă în alb inscripția OXIGEN. Masa unei butelii încărcate este de 81 kg, din care 8,5 kg este masa celor 6 m³ oxigen comprimat la presiunea de 150 daN/cm². Pentru aflarea cantității de oxigen disponibile în butelie se aplică relația Mariotte dată la punctul 4.2.

Buteliile au montate în partea superioară robinete de închidere (fig. 4.7, b), care sînt prevăzute cu un capac. Pentru montarea reductorului se deșurubează capacele 4 ale buteliei (fig. 4.7, a) și 10 al robinetului de închidere (fig. 4.7, b). Se purjează puțin oxigen prin deschiderea rozetei robinetului pentru eliminarea eventualelor impurități lăsate de garnitura capacului; se închide robinetul, după care se înșurubează reductorul de presiune pentru oxigen.

Reductorul de oxigen servește la micșorarea presiunii oxigenului din butelii sau din conducte, la presiunea de 1—15 daN/cm² și la menținerea constantă a presiunii reglate. Reductoarele funcționează pe principiul a două forțe opuse: forța de presare a unui arc care închide admisia oxigenului și forța de presare a unei membrane acționate de presiunea oxigenului, opusă arcului și care tinde să deschidă admisia

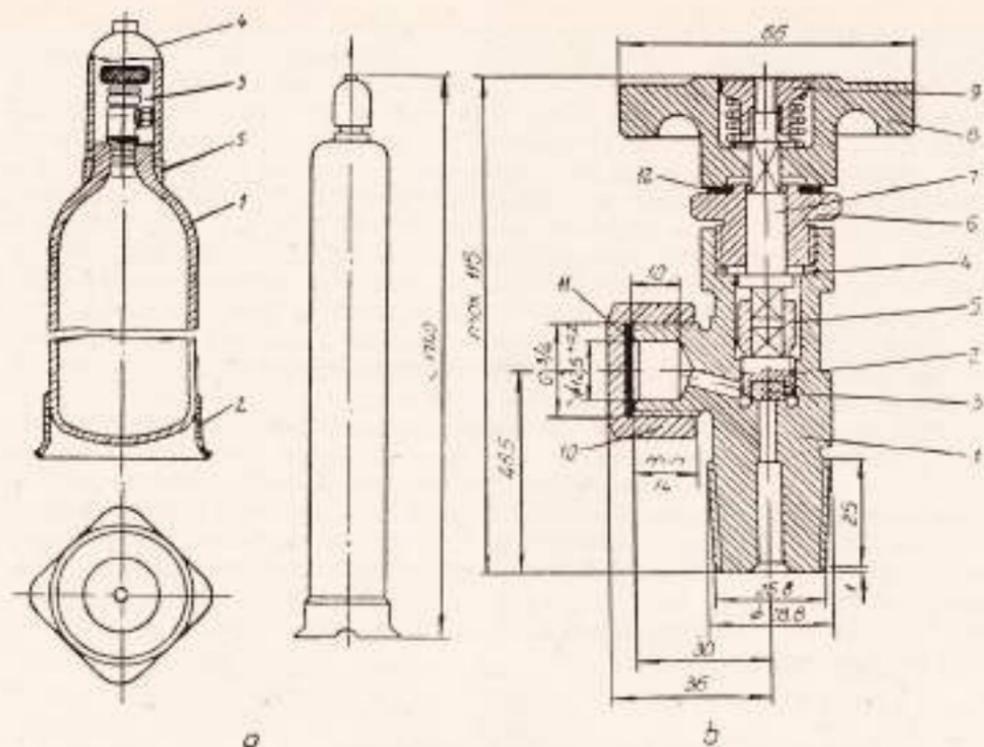


Fig. 4.7. Butelie de oxigen și robinetul de închidere a buteliei de oxigen:

a — butelie de oxigen cu secțiunea longitudinală, vedere laterală și vedere de sus; 1 — butelie; 2 — piciorul buteliei; 3 — robinet de închidere; 4 — capac de oțel; 5 — inel de oprire; b — robinet de închidere cu ventil pentru oxigen; 1 — corpul robinetului; 2 — ventil; 3 — pastilă; 4 — garnitură de etanșare; 5 — bucașă; 6 — pușcă; 7 — tijă; 8 — rozetă; 9 — pliușă; 10 — capac; 11 — garnitură din fibră; 12 — garnitură de etanșare.

oxigenului. Forța de presare a membranei la rîndul ei este stabilită de presiunea gazului pătruns în camera de joasă presiune și de arc care se reglează manual. În figura 4.8 se prezintă secțiunea unui reductor I.O.R. (Industria Optică Română) fabricat în țară. În corpul reductorului 1 sînt înșurubate: în locașul 18, manometrul de înaltă presiune (0—250 daN/cm²), care indică presiunea oxigenului din butelie, și în locașul 19, manometrul de joasă presiune (0—25 daN/cm²) cu care se stabilește presiunea de lucru. Presiunea de lucru se stabilește cu șurubul 14 acționat manual, care prin arcul 13 și membrana 11 dă naștere unei forțe antagoniste celei date de arcul 9. După stabilirea presiunii, la deschiderea roții 21, oxigenul trece din canalul 16 în canalul 17 spre racordul tubului de oxigen.

În conformitate cu STAS 7448-66, debitul de oxigen pentru presiunea minimă de intrare în reductor, de 20 daN/cm², poate varia de la 1 pînă la 7,5 Nm³/h, iar pentru presiunea minimă de intrare în reductor de 38 daN/cm² poate varia de la 7,5 pînă la 56 Nm³/h; presiunea de lucru reglabilă pentru primul caz este între 0,5 și 8 daN/cm², iar pentru cazul al doilea între 1 și daN/cm² suprapresiune. Robinetul buteliilor de oxigen și reductoarele de oxigen trebuie să fie foarte etanșe, cu corpul

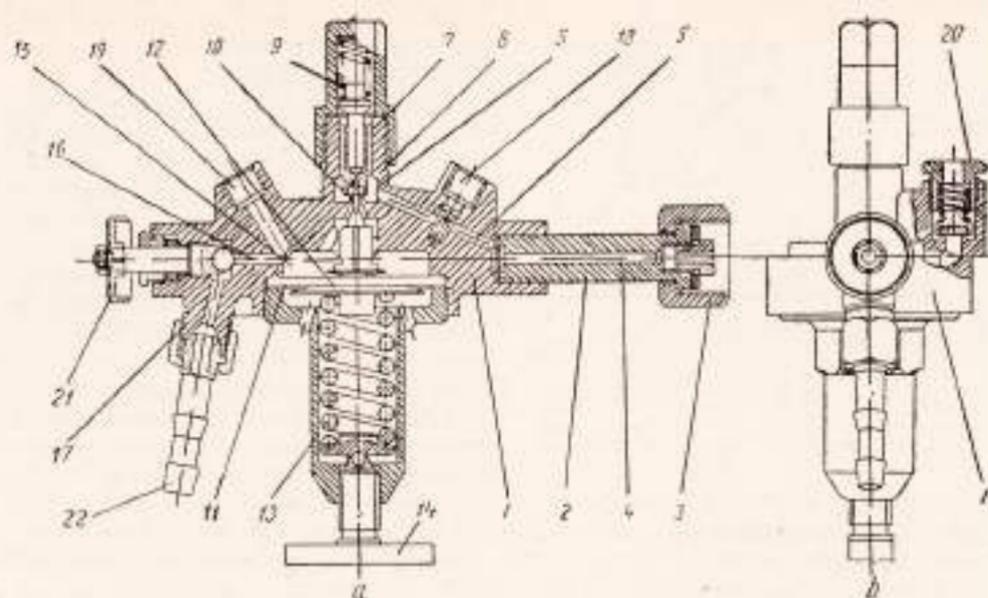


Fig. 4.8. Reductorul de presiune pentru oxigen:

a — secțiune longitudinală; b — vedere laterală; 1 — corpul reductorului; 2 — țevă; 3 — piuliță pentru racordul reductorului la robinetul de închidere a buteliei de oxigen; 4 și 5 — cămășile oxigenului de înaltă presiune; 6 — camera de înaltă presiune; 7 — ventil; 8 — garnitura presată pe scaun; 9 — arc de presare; 10 — cui; 11 — membrană; 12 — disc de presare a membranei; 13 — arc de presare a discului; 14 — șurub de reglare manuală; 15 — camere de joasă presiune (presiunea de utilizare); 16 și 17 — cămășile oxigenului de joasă presiune; 18 — locașul de încălzire a manometrului de înaltă presiune; 19 — locașul de încălzire a manometrului de joasă presiune; 20 — racord de siguranță; 21 — roțița de închidere a oxigenului de utilizare; 22 — racordul la tubul de oxigen.

executat din alamă, iar în timpul exploatării se vor feri de a se murdări cu ulei, deoarece se pot provoca explozii. Carcasele metalice ale manometrelor trebuie să poarte inscripția OXIGEN! A SE FERI DE ULEI!

Buteliile de acetilenă au aceeași capacitate ca și cele de oxigen și conțin circa 5 500 l acetilenă la presiunea de 16 daN/cm². Au aceleași dimensiuni ca și buteliile de oxigen, cu excepția lungimii buteliei, care este mai mică (1 640 mm). Buteliile de acetilenă sînt vopsite în alb și poartă inscripția în roșu. În interiorul buteliilor sînt introduse 20 kg masă poroasă și 10,5 kg acetona, ceea ce permite înmagazinarea acetilenei la presiunea de circa 16 daN/cm² fără pericol, așa cum s-a arătat la punctul 4.2. Buteliile trebuie menținute numai în poziție verticală, în special la folosire, pentru a nu se produce scurgeri de acetona. De asemenea, nu se permite un consum mai mare de 650 l/h, deoarece acetilena degajată ar putea antrena acetona din butelie.

Pentru durate scurte de preluare se admite un consum de 1 000 l/h. Reductorul de presiune la buteliile de acetilenă se racordează la robinetul cu ventil al buteliei, înșurubat în capul buteliei care lateral are un cep de care se prinde cu ajutorul bridei reductorului.

Reductorul de acetilenă are același principiu de funcționare ca și cel de oxigen, cu deosebirea că presiunile sînt cu mult mai joase; la acest reductor, manometrul de înaltă presiune este gradat pînă la 30 daN/cm², iar cel de joasă presiune pînă la 6 daN/cm². Reductorul se racordează la

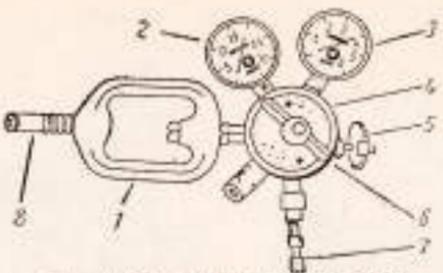


Fig. 4.9. Reductor de acetilenă:

1 — becică de fixare; 2 — manometru de presiune înaltă; 3 — manometru de presiune joasă; 4 — camera reductorului; 5 — roțiță pentru admisia acetilenei în reductorul de acetilenă; 6 — șurubul de reglare a presiunii de lucru; 7 — racord pentru tubul de cauciuc; 8 — șurub pentru fixarea bridei la butelia de acetilenă.

butelia de acetilenă cu ajutorul bridei 1 (fig. 4.9), iar presiunea se reglează cu șurubul 6.

Pentru debite și presiuni mari, reductoarele se aleg în funcție de felul gazului, de presiunea de alimentare, de presiunea de folosire și de debitul orar necesar. Pentru baterii de butelii pentru oxigen, reductoarele reduc presiunea înaltă de 150...200 daN/cm² la presiunea de utilizare de maximum 20 daN/cm² pentru consumuri pînă la 100 m³/h. Dacă presiunea de utilizare este sub 4 daN/cm², atunci se folosesc două trepte de reducere a presiunii, prin atașarea la primul reductor de înaltă

presiune a unui reductor de presiune joasă. În cazul unor consumuri mari de oxigen, instalațiile se prevăd și cu dispozitive electrice de încălzire, montate pe țevi, înaintea reductoarelor de presiune ale bateriilor, pentru ca detenta de oxigen să nu provoace înghețuri.

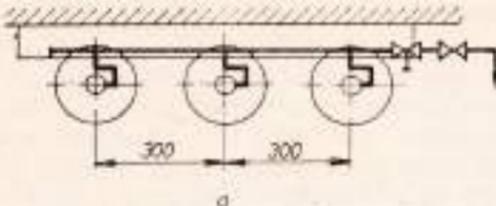
Reductoarele de presiune pentru acetilenă se execută pentru debite de maximum 120 m³/h, cu presiunea inițială de maximum 18 daN/cm², pentru presiuni de utilizare pînă la maximum 1,5 daN/cm² (suprapresiune).

4.4.4. Baterii de butelii

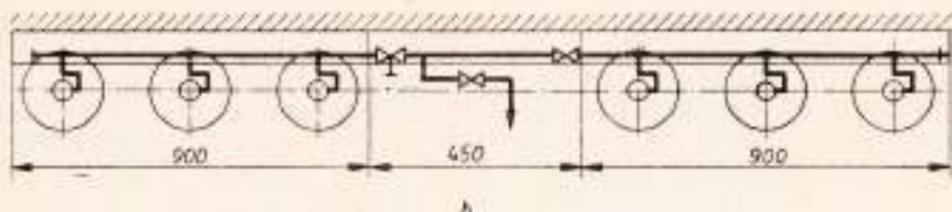
În cazul atelierelor mari de sudare, prevăzute cu mai multe posturi de sudare, cu consum mare de acetilenă și oxigen, aprovizionarea locurilor de muncă nu se mai face separat pentru fiecare post, ci centralizat, prin conducte. În funcție de consumul lunar, deservirea cu acetilenă, se face de la rezervor de acetilenă sau de la o centrală de acetilenă, iar pentru oxigen de la un gazeificator de oxigen lichid sau de la o fabrică de oxigen. Aprovizionarea centralizată a locurilor de muncă prin conductele de gaze oferă numeroase avantaje, nemaifiind necesar transportul buteliilor. Ținînd seamă că masa de oxigen din butelii este de numai circa 11% din greutatea buteliei, iar în cazul acetilenei și mai mică, pentru atelierelor cu consum mare, de peste 800 m³ acetilenă și peste 1000 m³ oxigen, se recomandă aprovizionarea centralizată prin conducte.

În cazul cînd consumul lunar al atelierului depășește 400 m³ pentru oxigen și 300 m³ pentru acetilenă, se recomandă folosirea bateriilor de butelii. Acest mod de aprovizionare este economic pentru un consum lunar pînă la circa 800...1000 m³. În cazul depășirii acestui consum, așa cum s-a menționat mai înainte, sînt mai economice centralele de acetilenă și instalațiile de gazeificare ale oxigenului lichefiat.

Bateriile de butelii pot fi legate în paralel, simplu sau dublu, așa cum se arată în figura 4.10, unde se dau și cotele pentru o baterie simplă și dublă, a cîte trei butelii. În cazul legării simple, adică unilaterale, bateria poate fi pînă la 32 butelii (fig. 4.10, a), iar în cazul legării duble, adică bilaterale, pînă la 2×32 (fig. 4.10, b). În general, la depășirea



a



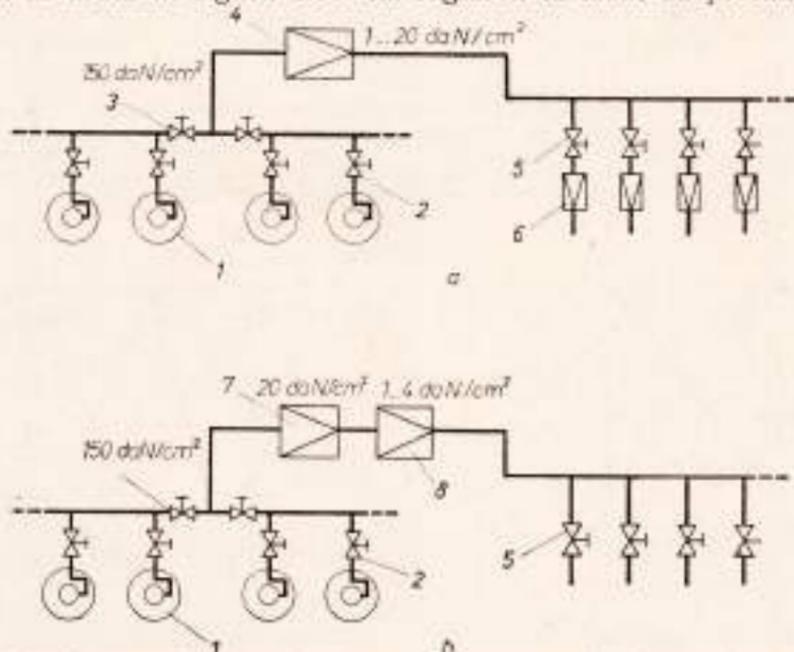
b

Fig. 4.10. Baterie de butelii:

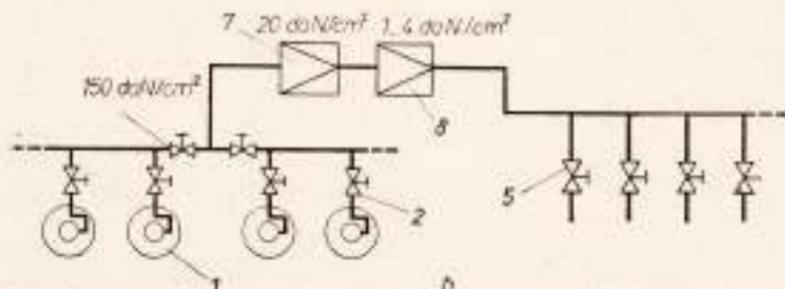
a — simplă, 1×3 butelii; b — dublă, 2×3 butelii.

numărului de 15 butelii, trebuie luat în considerare dacă nu este mai economică o aprovizionare dintr-o centrală pentru gazul respectiv, care însă necesită investiții.

Presiunea de lucru a gazului se reglează central sau la locul de preluare a gazului respectiv. Pentru oxigen sînt folosite ambele variante, așa cum se arată în figura 4.11. La reglarea la locul de preluare, insta-



a



b

Fig. 4.11. Modul de reglare a presiunii oxigenului dintr-o baterie de butelii:

a — reductor de baterie și cu reductor individual la locul de preluare a oxigenului; b — cu presiunea reglată central și cu robinetul la locul de preluare; 1 — butelii; 2 — robinetul de închidere a buteliei; 3 — robinetul de închidere a grupului de butelii; 4 — reductor de presiune a bateriei de la 320 daN/cm² la 1...20 daN/cm²; 5 — robinet individual pentru fiecare loc de muncă; 6 — reductor de presiune pentru fiecare loc de muncă; 7 — reductor de presiune a bateriei de la 150 daN/cm² la 20 daN/cm²; 8 — reductor de presiune de la 20 daN/cm² la 1...4 daN/cm² suprapresiune.

lația dispune de un reductor al bateriei, cu ajutorul căruia presiunea din butelii este redusă de la 150 daN/cm² la 1...20 daN/cm² supra-presiune, iar la fiecare loc de preluare este prevăzut câte un reductor de presiune, cu ajutorul căruia se reglează la 1...20 daN/cm² (fig. 4.11, a); cu reductorul bateriei este stabilită presiunea necesară în limitele menționate, iar la fiecare post de lucru, presiunea necesară se reglează cu reductorul postului respectiv. În cazul reglării centrale, la locurile de preluare sînt prevăzute numai robinete pentru preluarea gazului respectiv (fig. 4.11, b). Pentru reglarea centrală a presiunii oxigenului, reglatoarele se aleg în funcție de debitul orar și de presiunea necesară, care este aceeași pentru toate posturile de lucru.

Bateriile de acetilenă au presiunea de lucru nereglabilă la postul de preluare a acetilenei, conform figurii 4.12. Se folosește aceeași presiune pentru toate aparatele, care poate varia de la 0,1 pînă la 1,5 daN/cm².

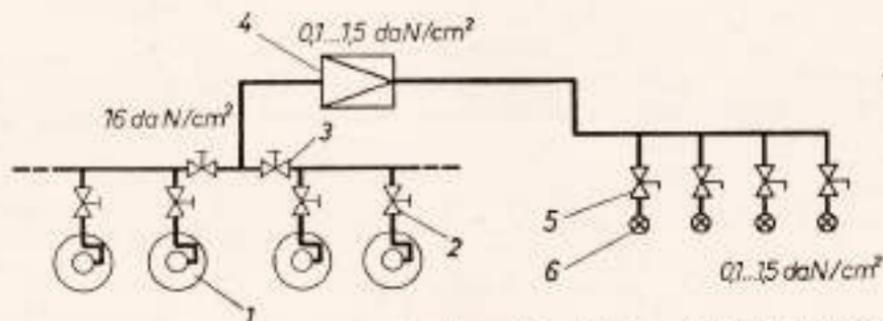


Fig. 4.12. Modul de reglare a presiunii acetilenei dintr-o baterie de butelii: 1 - butelii; 2 - robinetul de închidere a buteliei; 3 - robinetul de închidere a grupului de butelii; 4 - reductorul de presiune al bateriei de butelii de la 15 daN/cm² la 0,1...1,5 daN/cm² supra-presiune; 5 - robinet de preluare pentru fiecare loc de muncă; 6 - supapă de siguranță.

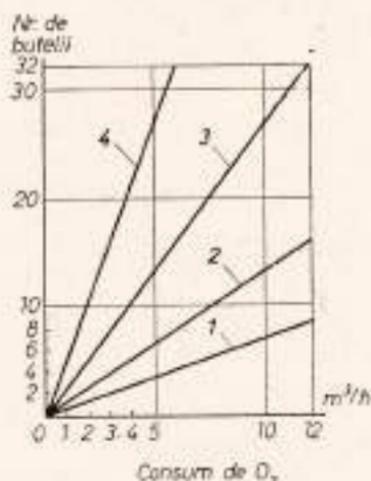


Fig. 4.13. Media orară de preluare a oxigenului în funcție de mărimea bateriei de butelii;

1 - la fiecare jumătate de schimb; 2 - la fiecare schimb; 3 - la fiecare două schimburi; 4 - la fiecare patru schimburi.

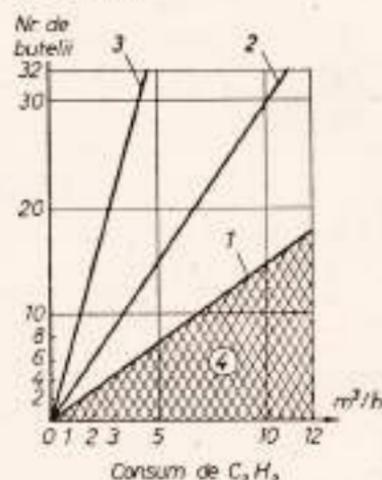


Fig. 4.14. Media orară de preluare a acetilenei în funcție de mărimea bateriei de butelii;

1 - la fiecare schimb; 2 - la fiecare două schimburi; 3 - la fiecare patru schimburi; 4 - domeniul nepermis consumului.

Precizarea mărimii bateriei de butelii se face pentru oxigen cu ajutorul diagramei din figura 4.13, unde pe abscisă este dat consumul orar în m^3/h , iar pe ordonată sînt indicate la cite schimburi de cite 8 h trebuie schimbată întreaga baterie. În cazul bateriilor duble, valorile sînt valabile pentru schimbul unei baterii. În figura 4.14 este indicată mărimea bateriilor de butelii pentru acetilena; așa cum s-a arătat mai înainte, preluarea acetilenei dintr-o singură butelie pentru o durată prelungită nu trebuie să depășească $0,65 m^3/h$, iar pentru o durată foarte scurtă, maximum $1 m^3/h$. Domeniul care nu este admisibil de folosit este marcat cu linii întrerupte (fig. 4.14), deoarece la preluarea unui consum mai mare o dată cu acetilena se scurge și acetona din butelii. În diagramele din figura 4.13 și 4.14 pentru bateriile duble se indică repetarea schimbului unei baterii.

4.4.5. Trusa de sudare oxiacetilenică

Flacăra oxiacetilenică se obține cu ajutorul arzătorului (suflaiului) de sudare sau de tăiere, în care se face amestecul gazului combustibil cu oxigen și la extremitatea căruia se formează flacăra. Arzătorul este în-

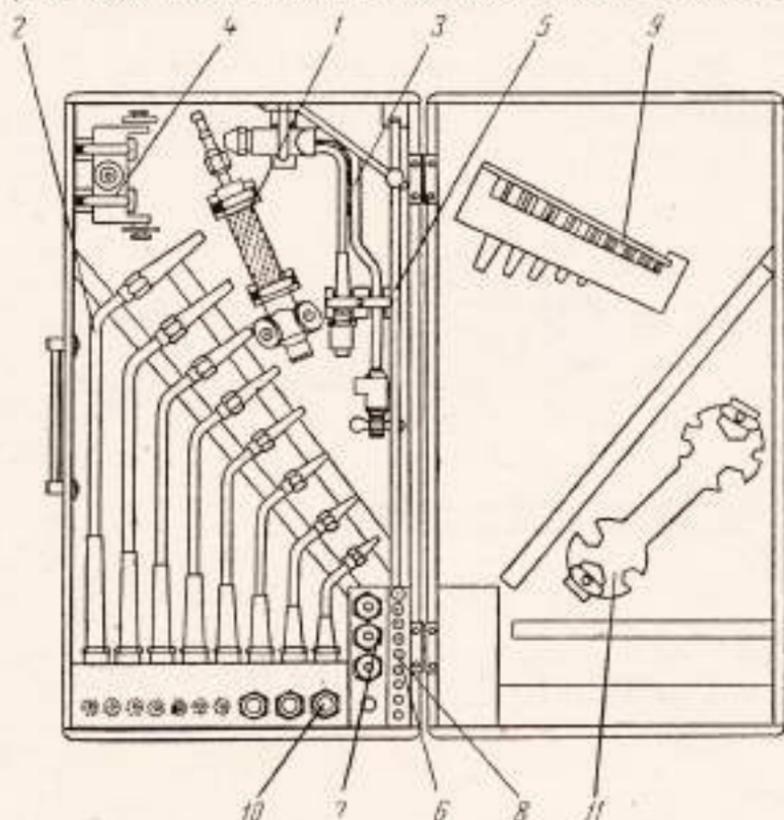


Fig. 4.15. Trusa de sudare și tăiere oxiacetilenică tip I.O.R.:

1 — minier; 2 — tije de arzătoare complexe pentru sudare cu injectoarele și becurile respective nr. 6-7; 3 — aparat de tăiere complet cu bec, duză, injector și piuliță olandeză; 4 — cârucioc pentru aparatul de tăiere; 5 — compas pentru tăiere circulară; 6, 7 și 8 — becuri de rezervă pentru aparatul de tăiere; 9 — becuri de rezervă pentru arzătoare; 10 — piulițe olandeze; 11 — cheile plate.

șurubat într-un miner, care, la capătul opus, este prevăzut cu racordurile pentru tuburile de oxigen și de acetilenă. Tijele arzătoare ale flăcării sînt de opt mărimi, cuprinse în trusa de sudare sau de sudare-tăiere. Conform STAS 4137-70, o trusă completă conține:

- minerul simplu sau combinat;
- arzătoarele pentru sudare și pentru tăiere;
- anexele și piesele de rezervă (dispozitiv de tăiere, becuri, piulițe etc.);
- cutia trusei, reprezentate în figura 4.15.

Un suflai complet de sudare este format din minerul 1 (fig. 4.16), în care se înșurubează tija arzătorului, cu ajutorul piuliței olandeze 12. Pe miner sînt prevăzute racordurile: 2 pentru oxigen și 4 pentru acetilenă. Oxigenul după ce trece prin țeava din interiorul minerului și robinetul de oxigen, este dirijat spre gaura injectorului 7 și de acolo trece cu viteză mare în ajutorajul de amestec 11 al tijei arzătorului și în continuare în țeava de amestec 14. Suflaiul lucrează după principiul injecției, adică curentul de oxigen la ieșire din injectorul 7 aspiră acetilena din spațiul 8, respectiv din orificiile 9, unde ea intră în spațiul minerului, după ce a fost deschis robinetul de acetilenă 6; în ajutorajul de amestec 11, respectiv în continuare în țeava de amestec 14, acetilena se amestecă intim cu oxigenul. La ieșirea din gaura 17 a becului de sudare 16, amestecul se aprinde, formînd flacăra de sudare.

Pentru manipulare se deschide mai întîi robinetul de oxigen și după ce se constată cu degetul că se produce absorbția la racordul 4 de acetilenă, se montează tubul de acetilenă, se deschide robinetul 14 (v. fig. 4.5) al racordului de evacuare a acetilenei de la generator și se

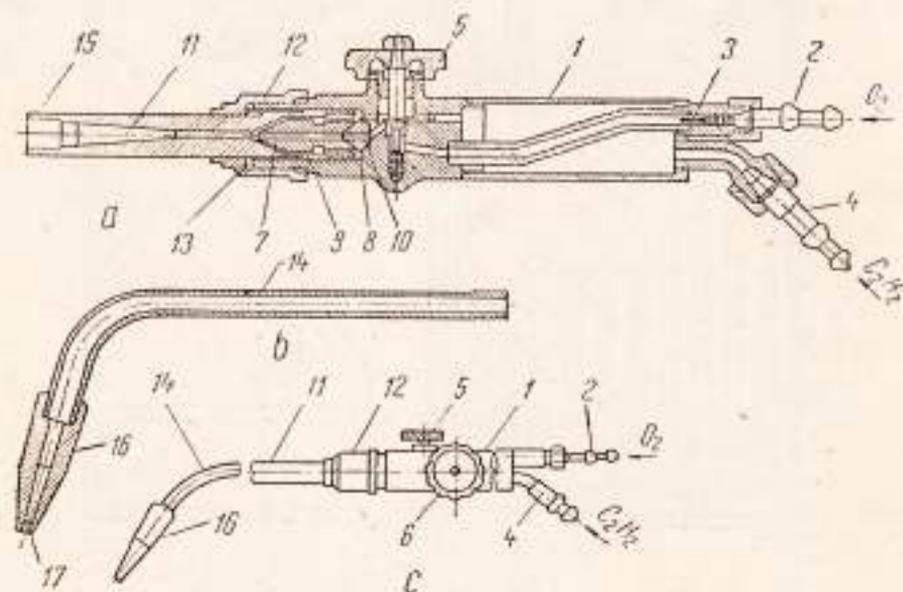


Fig. 4.16. Suflai de sudare oxiacetilenică:

a — secțiune prin minerul suflaiului; b — țeavă de amestec; c — vedere laterală; 1 — miner; 2 — racord de oxigen; 3 — sită; 4 — racord de acetilenă; 5 — robinet de oxigen; 6 — robinet de acetilenă; 7 — injector; 8 — spațiul cu acetilenă; 9 — orificiile de pătrundere a acetilenei; 10 — con de etanșare; 11 — camera de amestec; 12 — piuliță olandeză; 13 — garnitura de etanșare; 14 — țeava de amestec; 15 — locul de îmbinare dintre camera de amestec și țeava de amestec; 16 — becul de sudare; 17 — gaura de ieșire a amestecului de gaze.

asteaptă cîteva secunde pînă cînd amestecul de aer cu acetilena din țevile și tuburile de acetilena au fost complet evacuate. Cum pentru majoritatea lucrărilor de sudare este necesară o flacără neutră, la aprinderea flăcării, după deschiderea completă a robinetului de oxigen și de acetilena, se obține la început o flacără cu exces de acetilena (v. fig. 4.2, b), după care se micșorează debitul de acetilena prin închiderea parțială a robinetului 6 (fig. 4.16), pînă cînd se formează cîrțul luminos al flăcării neutre (v. fig. 4.2, a). La terminarea operației de sudare se închide întii acetilena și apoi oxigenul. Dacă se produc întoarceri ale flăcării, se închide complet robinetul de acetilena, iar suflaiul se cufundă într-o găleată cu apă. În tabelul 4.3 se dau caracteristicile tehnice ale suflaiurilor de sudare construite în țară de I.O.R.

TABELUL 4.3

Caracteristicile suflaiurilor de sudare

Numărul becului	0	1	2	3	4	5	6	7
Diametrul găurii becului, în mm	0,7	0,9	1,25	1,6	1,9	2,4	2,8	3,4
Diametrul găurii injectorului, în mm	0,22	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2
Grosimea metalului de sudat, în mm	0,5-1	1-2	2-4	4-6	6-9	9-14	14-20	20-30
Consumul de acetilena, în l/h	75	150	300	500	750	1 200	1 700	2 500
Consumul de oxigen, în l/h	86	165	330	550	825	1 300	1 850	2 750
Lungimea nucleului luminos, în mm	6	8	12	15	17	19	21	23
Presiunea de lucru a oxigenului, în daN/cm ²	1,5-2	2-2,5	2-3	2,5-3	2,5-3	3-3,5	3-4	3-4
Presiunea de lucru a acetilenei, în daN/cm ²	0,01...0,5							
Notă. Consumul de gaze poate varia cu maximum 10% în plus.								

4.4.6. Tuburi de presiune pentru gaze, accesorii

Alimentarea cu oxigen și acetilena a suflaiurilor de sudare și tăiere se face cu ajutorul unor tuburi de cauciuc de execuție suplă, colorate după cum urmează:

- cu albastru la exterior, pentru oxigen;
- cu roșu la exterior, pentru acetilena sau alte gaze.

În funcție de presiunea de regim conform STAS 850-70, conductele de gaze se clasifică în două clase:

- clasa P 10, pentru presiuni de maximum 10 daN/cm²;
- clasa P 20, pentru presiuni de regim de maximum 20 daN/cm².

Tuburile din clasa P 10 pot avea diametrul interior de 6,3 sau 10 mm și sînt pentru oxigen și acetilenă.

Tuburile din clasa P 20 sînt cu diametrul interior de 6,3 mm, numai pentru oxigen.

În general, la posturile cu consum mare de gaze nu se recomandă o lungime mai mare de 6 cm, deoarece se poate produce o micșorare a presiunii. Conducerea gazelor pentru suflajul mari se face și cu tuburi de diametru mai mare față de cele date, ținîndu-se seamă de debitul de gaz și de presiunea maximă de debitare.

Tuburile se racordează între ele cu nipluri și, după ce s-a executat racordul, este necesar ca acesta să fie controlat cu soluție de săpun.

Accesoriile sudorului cu gaz sînt:

— ochelari de protecție cu vizoare de culoare verde, cu diametrul de 50 mm; pentru sudarea pieselor cu grosimi pînă la 3 mm se folosesc vizoare cu numărul filtrului 2 pentru grosimi de 3—6 mm cu numărul filtrului 3, iar pentru grosimi mai mari, cu numărul filtrului 4;

— ochelari de protecție cu vizoare albe pentru curățirea pieselor de zgură, rugină etc.;

- mănuși, șorțuri și ghetre (sau jambiere) pentru sudori;
- ciocane de oțel pentru curățirea pieselor de zgură;
- perii de sîrmă de oțel pentru curățirea sudurii;
- ace și perii de sîrmă de alamă pentru curățirea becurilor;
- dălți, ciocane, pile etc., pentru tăiere, pilire, înreptare etc.

4.4.7. Post de sudare cu flacăra de gaze

Locul de muncă al sudorului este dotat cu:

— generator de acetilenă (eventual butelie de acetilenă) sau conductă de gaze cu racord;

— butelie de oxigen cu reductor;

— trusă de sudare;

— tuburi de cauciuc, accesorii de protecție;

— masă de lucru și dispozitive de sudare;

— materiale de adaos, fluxuri de sudare;

— scule etc.

Un post de sudare cu flacăra de gaze poate fi amplasat fie într-un loc fix (cabină) pentru sudarea ansamblurilor, fie pe fluxul de fabricație pentru suduri de montaj. Cabinele se închid cu paravane sau cu perdele de culoare deschisă, mate. Generatorul de acetilenă nu trebuie amplasat în cabina sudorului, din cauza pericolului exploziilor; de aceea, lângă locul de muncă al sudorului se prevede pentru generator un spațiu separat cu pereți zidiți, bine aerisit; în cabina sudorului se amplasează pe unul din pereți supapa de siguranță a generatorului și o flacăra de control pentru gazul combustibil. În figura 4.17 se reprezintă modul de amplasare a aparatelor, sculelor, materialelor etc., pentru un post fix modern de sudare oxiacetilenică. Butoaiele de carbid se păstrează închise ermetic

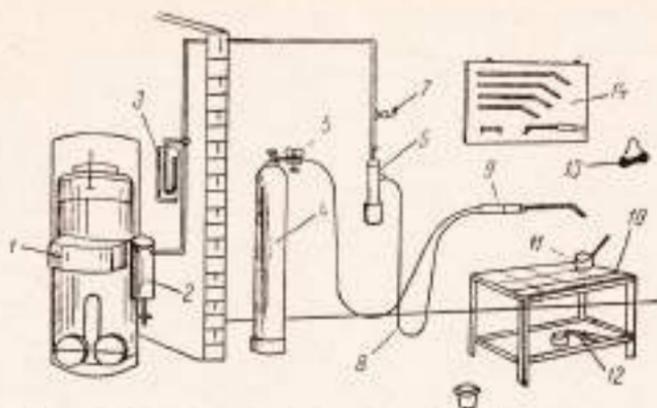


Fig. 4.17. Post modern de sudare cu flacără oxiacetilenică cu generatorul amplasat într-un spațiu zidit separat de cabina sudorului:

1 — generator; 2 — epurator; 3 — manometru; 4 — butelie de oxigen; 5 — reductor de oxigen; 6 — supapă hidrolică de siguranță; 7 — flacăra de control; 8 — tuburi de cauciuc; 9 — arzător; 10 — masă de lucru; 11 — flux; 12 — metal de adaos; 13 — ochelari de protecție; 14 — țije-arsătoare de schimb.

în încăperi separate. Reziduu din generatoare trebuie evacuat înainte de încărcarea cu carbid a generatoarelor și aruncat în gropile special destinate acestui reziduu. Locul de muncă al sudorului va fi păstrat curat, aerisit și în perfectă ordine.

4.5. TEHNOLOGIA SUDĂRII CU FLACĂRA DE GAZE

4.5.1. Operația de sudare

Sudarea cu flacăra de gaze este un procedeu de îmbinare folosit încă mult în ateliere și pe șantiere la sudarea tablelor subțiri de oțel și a metalelor neferoase, în special pentru poziții dificile, la recondiționarea pieselor de fontă și bronz, la încărcarea cu metale dure etc. Deși din căldura degajată de flacăra numai circa 10% este folosită pentru operația de sudare propriu-zisă, procedeul prezintă avantajul că nu necesită aparate complicate sau rețea electrică și deci poate fi folosit oriunde. Procedeul prezintă economicitate la sudarea tablelor subțiri de oțel și la unele metale neferoase, însă, pe măsura creșterii grosimilor de metal, productivitatea descrește și costul sudurilor executate se mărește, ceea ce limitează mult aplicarea lui economică.

Înainte operației de sudare, piesele de sudat se prind din loc în loc, pentru ca rostul dintre ele să rămână constant în tot timpul operației de sudare, astfel încât marginile de sudat să nu se deplaseze între ele. În funcție de configurația piesei, în loc de prinderi de sudură pot fi folosite clame de fixare a pieselor, care permit și o oarecare deplasare; calitatea sudurii este mai bună, deoarece după sudare tensiunile interne și deformațiile sînt mai reduse. Se mai recomandă să fie folosite și pene de distanțare introduse între rosturi, spre a se evita micșorarea acestora sau eventual suprapunerea marginilor.

Pentru aducerea marginilor de îmbinat la temperatura de sudare, este necesar ca acestea să fie în prealabil încălzite, ceea ce constituie un mare inconvenient față de alte procedee de sudare, deoarece încălzirea produce transformări structurale în zonele învecinate sudurii și deformații mari ale pieselor sudate. Pe șantierele care nu dispun de rețele electrice, sudarea cu gaz este mult folosită chiar la sudarea grosimilor mai mari de metal și de aceea în tehnologiile de sudare care vor fi expuse se va arăta și modul de îmbinare a acestora; în multe cazuri, ele nu sînt recomandabile, în special dacă pot fi utilizate procedeele de sudare electrică, care sînt mult mai productive și mai economice. Superioritatea procedurii însă constă în diversitatea mare a metalelor și aliajelor, precum și a produselor care pot fi sudate cu acest procedeu. Ținînd seama că sudarea cu flacăra de gaze poate fi folosită aplicînd diferite metode de sudare, dintre care unele conduc la mari economii de materiale de adaos, oxigen și acetilenă, este necesar ca în multe cazuri, pe baza datelor ce se vor da în continuare, să fie făcut un calcul economic, din care să reiasă metoda optimă de aplicat pentru folosirea practică a procedurii.

Rezultate bune se obțin la aplicarea procedurii la sudarea metalelor și aliajelor cu temperaturi de topire sub 1000°C , la sudarea fontei cu pereți subțiri, la încărcări cu aliaje dure, la reparații etc.

4.5.2. Metode și regimuri de sudare

Aplicarea celei mai corespunzătoare metode la sudare conduce la obținerea unei calități bune a sudurii cu zone influențate termic reduse și cu deformații mici, cu un consum mai redus de gaz combustibil și oxigen și cu o viteză mai mare de lucru.

Inclinarea optimă care trebuie dată suflăului, și virfulul sîrmei de adaos care trebuie topită față de locul de sudat, cit și orientarea în spațiu a sudurii de executat au dat naștere la mai multe metode de sudare. Metodele de sudare se aplică în funcție de grosimea și conductivitatea calorică a materialului de sudat. Însușirea celei mai adecvate metode pentru un anumit caz practic conduce pe de o parte la obținerea unei calități superioare a cusăturii sudate, iar pe de altă parte la consumurile cele mai reduse de gaze, precum și la obținerea unor viteze mari de sudare. Aplicarea corectă a metodelor are un efect pozitiv și în ceea ce privește obținerea de zone influențate termic cit mai înguste și de deformații cit mai reduse ale pieselor sudate.

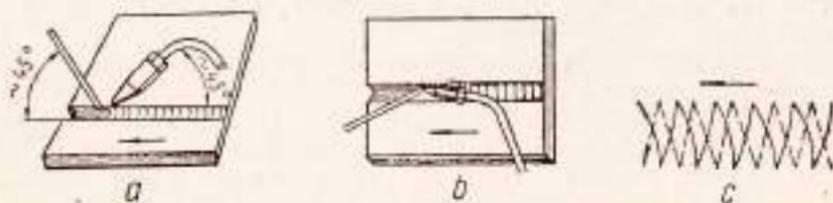


Fig. 4.18. Metoda de sudare spre stînga:

a și b — poziția suflăului și a sîrmei de adaos de cusătură în vedere laterală și de sus; c — mișcările suflăului (cu linie plină) și ale sîrmei (cu linii întrerupte).

Sudarea spre stînga constituie metoda cea mai simplă și mai ușoară de însușit de către sudori; se aplică la sudarea tablelor de oțel subțiri pînă la grosimi de 4—5 mm. Pentru metale cu conductivitate termică mai mare, metoda se aplică la grosimi pînă la circa 3 mm. Metoda constă în începerea sudării din capătul din dreapta al rostului de sudat; cusătura se execută de la dreapta spre stînga cu suflaiul în mina dreaptă a sudorului, menținut înclinat cu un unghi de circa 45° sau mai mic față de planul tablelor, în funcție de grosimea tablelor de sudat și aplicat peste cusătura deja executată (fig. 4.18). Cu cît grosimea tablelor este mai mică, cu atît înclinarea față de planul tablelor este mai mică, ajungînd ca în cazul grosimilor sub 1 mm înclinarea să fie de 10°. Sîrma de adaos ținută de sudor în mina stîngă se află înaintea flăcării de sudare (fig. 4.18, a și b); deoarece suflaiul este dirijat înaintea cusăturii, această metodă mai este numită și „metoda înainte”. Atît suflaiului cît și sîrmei îi sînt imprimate mișcări de oscilații transversale (fig. 4.18, c). Tablele pînă la grosimi de 4 mm se sudează cu rostul în I. Metoda se poate aplica și grosimilor mai mari de 4 mm, în care caz este necesară prelucrarea marginilor rostului în V, cu o deschidere a rostului de 90°. Metoda însă așa cum s-a arătat nu este recomandabilă grosimilor peste 4 mm, din cauza productivității reduse și a consumului mărit de oxigen și acetilenă. Debitul orar necesar de acetilenă, care generează puterea flăcării oxiacetilenice, la această metodă se deduce în funcție de grosimea tablei, și anume:

$$Q_a = (80 \dots 120) s \quad [\text{l/h}],$$

în care s este grosimea tablelor, în mm.

În cazul sudării cuprului, ținînd seama de conductivitatea termică mare a acestuia, puterea flăcării se ia mult mai mare:

$$Q_a = (200 \dots 250) s \quad [\text{l/h}],$$

Însă este preferabil să se aplice, în cazul cînd este posibil, alte metode mai productive.

După ce cu relațiile de mai sus, pentru o anumită grosime de material, s-a determinat debitul orar necesar de acetilenă, din tabelul 4.3 se alege mărimea becului necesar obținerii flăcării corespunzătoare, adică a țigii și a injectorului. Presiunea de lucru a oxigenului se alege conform datelor din același tabel.

Metalul de adaos se alege corespunzător calității materialului de bază, iar diametrul sîrmei de adaos se deduce din grosimea de sudat conform relației:

$$d = \frac{s}{2} + 1 \quad [\text{mm}],$$

în care s este grosimea materialului de bază de sudat.

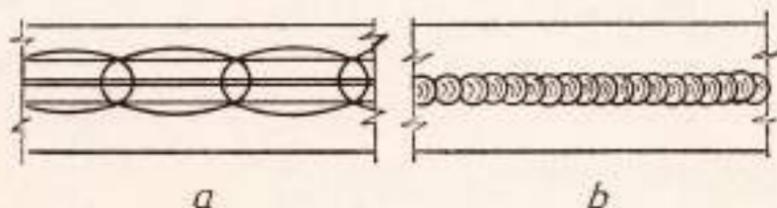


Fig. 4.19. Variante ale metodei de sudare spre stînga:
a — cu băt succesive; b — în picături.

Metoda spre stînga are și unele variante în funcție de modul cum sînt executate depunerile; astfel, metoda cu băi succesive (fig. 4.19, a) se aplică grosimilor peste 15 mm, iar metoda în picături (fig. 4.19, b) tablelor subțiri.

În tabelul 4.4 se dau consumurile de materiale și regimurile la sudarea spre stînga a tablelor din oțel. Consumul de oxigen se ia cu circa 20% mai mare decît cel de acetilenă; în cazul acetilenei dizolvate din butelii, ținînd seama de puritatea acesteia, consumul de oxigen poate fi luat același cu cel al acetilenei. Tabelul cuprinde consumurile de material pentru diferite poziții și forme de îmbinări.

TABELUL 4.4

Consumurile de materiale și regimurile la sudarea spre stînga a tablelor din oțel

Poziția cusăturii și forma îmbinării	Grosimea tablelor [mm]	Debitul de acetilenă [l/h]	Timpul de sudare [min/m]	Consumul de acetilenă [l/m]	Consumul de metal de adăos [g/m]
Orizontală cap la cap	1	100	6	9	20
	2	225	10	35	50
	5	500	20	210	250
	8	750	40	350	640
	10	1 000	50	835	1 000
Orizontală cap la cap cu marginii răsfrînte	0,8	75	2'30"	3	—
	1,2	120	3'45"	7,5	—
	1,5	150	4'30"	11	—
	2	225	5'	12	—
În poziție semiurcătoare (20°—45°) cap la cap	4	350	20	125	160
	6	600	30	300	360
	8	850	40	530	640
	10	1 000	50	840	1 000
În cornișă, orizontală pe pe- rete vertical, cap la cap în V la 60°	6	500	36	275	240
	8	600	48	480	510
	10	750	60	750	800
	12	1 000	72	1 000	1 100
Orizontală de colț, interioară	1	100	6	12	20
	2	225	10	42	48
	3	350	15	92	100
	4	500	20	160	200
	6	720	30	375	440
	8	1 000	40	665	750
Orizontală de colț, exterioară (pe muchie)	1	75	5	6	15
	2	150	8	20	30
	3	225	12	45	60
	4	300	16	80	100
	6	500	24	200	250
	8	600	32	320	400

Metoda spre stînga se aplică atît la sudarea orizontală, cît și la sudarea în diferite poziții: semîncrătoare, în cornișă (orizontal pe perete vertical), peste cap etc. În toate cazurile se execută mișcări transversale de oscilații, în zigzag sau în spirală. Suflaiului și sîrmei li se imprimă oscilații transversale opuse (v. fig. 4.18, c).

Deoarece consumurile de materiale și timpul de sudare depinde de grosimea materialului de sudat, în cele ce urmează se vor da pentru sudarea orizontală cap la cap cîteva relații simple privind consumul de acetilenă, consumul de oxigen, consumul de material de adaos și timpul de sudare pe metru liniar de sudură, în funcție de grosimea de sudat:

- consumul de acetilenă, $V_{C_2H_2} = 8 s^2$ [l/m];
- consumul de oxigen, $V_{O_2} = 9,5 s^2$ [l/m];
- consumul de sîrmă de adaos, $G_s = 10 s^2$ [g/m];
- timpul de sudare, de bază, $t_b = ks$ [min/m],

în care:

$V_{C_2H_2}$ și V_{O_2} sînt consumurile de gaze în litri pe metru pentru acetilenă și oxigen;

G_s este masa sîrmei de adaos, în grame pe metru;

t_b — timpul de bază, în minute pe metru;

k — un coeficient care are valoarea 4...5 pentru oțelurile cu conținut de carbon și valoarea 6 pentru oțelurile aliate;

s — grosimea tablei, în mm.

Cu aceste relații simple, cunoscînd grosimea de sudat s în mm, se pot ușor deduce la sudarea spre stînga consumurile tuturor materialelor folosite, precum și timpul de sudare pe metru liniar de sudură.

Pe baza consumurilor pe metru liniar indicate și ținîndu-se seamă și de timpul de bază necesar execuției, se calculează și debitul orar necesar de acetilenă și oxigen, după cum urmează:

$$Q_{C_2H_2, h} = \frac{60}{t_b} \times 8 s^2 = 480 \frac{s}{k} \text{ [l/h]}$$

$$Q_{O_2, h} = \frac{60}{t_b} \times 9,5 s^2 = 510 \frac{s}{k} \text{ [l/h]}$$

Ținînd seamă de valorile lui k , debitul orar de acetilenă variază între 80 și 120 s, valoare care a fost indicată anterior pentru numărul becului cu care se execută operația respectivă de sudare, în funcție de grosimea de sudat.

Cu ajutorul relației care indică debitul orar de acetilenă se poate determina și debitul de căldură degajată de flacăra suflaiului. Ținînd seamă că un metru cub de acetilenă degajă 12 600 · 4,1868 J, debitul de căldură pe unitatea de timp este:

$$Q_{J/h} = \frac{12\,600 \cdot 4,1868 \cdot 10^3}{3\,600} \times Q_{C_2H_2, h} = \frac{12\,600 \cdot 4,1868 \cdot 10^3}{3\,600} \times 480 \frac{s}{k} =$$

$$= 1\,680 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 \frac{s}{k} \cdot 4,1868 \text{ J/s} = 1,68 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 \frac{s}{k} [4,1868 \cdot 10^3 \text{ J/s}]$$

Valoarea $Q_{i/s}$ este puterea flăcării degajate de suflaiul necesar pentru operația respectivă.

Căldura consumată pentru executarea cusăturii respective sau căldura degajată pentru sudare de flacăra oxiacetilenică pe oră este:

$$Q_{a,b} = \frac{12\ 600}{3\ 600} Q_{C_2H_2,b} = 3,5 \cdot 4,1868 \cdot 10^3 Q_{C_2H_2,b} \text{ [J/h]},$$

în care:

$Q_{C_2H_2,b}$ este debitul orar de acetilenă, în l/h.

Sudarea spre dreapta este o metodă mai dificilă decît sudarea spre stînga, necesitînd din partea sudorului o pregătire mai îndelungată. Metoda se aplică la îmbinarea tablelor mai groase de 4 mm pentru oțel, iar pentru metale cu conductivitate termică mai mare, de exemplu, cupru, la grosimi începînd cu 3 mm. Metoda constă în începerea sudării din capătul din stînga al rostului de sudat; sudura se execută de la stînga spre dreapta, suflaiul fiind menținut înclinat cu un unghi de circa 70° sau chiar mai mare față de planul tablelor, în funcție de grosimea tablelor de îmbinat, aplecat peste rostul încă nesudat, (fig. 4.20). Sîrma de adaos se menține tot la 45° ca și în cazul sudării spre stînga și înaintează după suflai, fiind aplecată asupra sudurii deja efectuate (fig. 4.20, a și b). Sudura se execută în urma suflaiului, și de aceea această metodă de sudare se mai numește și „metoda înapoi”. Suflaiului i se imprimă o mișcare rectilinie fără oscilații, iar sîrmei o mișcare cu oscilații transversale (fig. 4.20, c). Debitul orar de acetilenă care generează puterea flăcării se ia pentru oțel cu circa 50% mai mare față de metoda spre stînga, și anume:

$$Q_a = (120 \dots 150)s \quad \text{[l/h]},$$

iar în cazul cuprului:

$$Q_a = (250 \dots 300)s \quad \text{[l/h]}.$$

Ținînd seama de puterea mai mare a flăcării de sudare, această metodă, în comparație cu metoda spre stînga, prezintă următoarele avantaje:

- productivitatea mărită cu 20—25%;
- unghiul de prelucrare a tablelor în V la 70° în loc de 90° (la metoda spre stînga);
- consum de metal de adaos cu 10—15% mai redus.

Grosimile de metal peste 15 mm se sudază cap la cap în două treceri (două straturi). Primul strat se execută cu o înclinare mai redusă a suflaiului, de $30\text{—}45^\circ$, menținut la baza rostului, și cu o înclinare a sîrmei de $45\text{—}60^\circ$, iar stratul al doilea cu o înclinare a suflaiului de $60\text{—}80^\circ$ și a sîrmei de adaos de $30\text{—}45^\circ$. În tabelul 4.5 se dau consumurile specifice

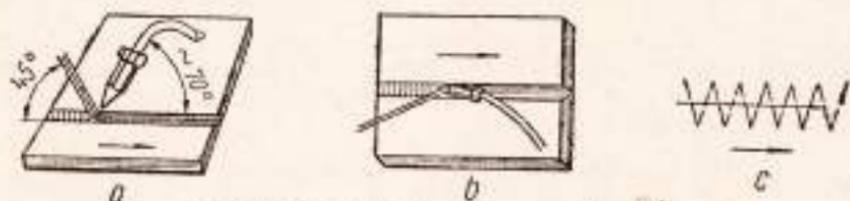


Fig. 4.20. Metoda de sudare spre dreapta:

a și b — poziția suflaiului și a sîrmei de adaos față de cusătură în vedere laterală și de sus; c — mișcările suflaiului (cu linie plină) și ale sîrmei (cu linie întreruptă).

Consumurile de materiale și regimurile la sudarea cap la cap a tablelor orizontale cu rostul în V, prin metoda spre dreapta

Metoda de execuție a cusăturii	Grosimea tablelor de sudat [mm]	Debitul de acetilenă [l/h]	Timpul de sudare [min/m]	Consumul de acetilenă [l/m]	Consumul de material de adăos [g/m]
Într-o singură trecere	4	350	16	108	112
	6	750	24	240	290
	8	1 000	32	480	580
	10	1 100	40	668	850
	12	1 250	50	1 000	1 200
	15	1 500	65	1 600	1 900
În două treceri	15	2 000	54	2 300	1 600
	20	3 000	83	3 400	3 380
	25	4 000	100	4 650	4 060
	30	4 500	142	7 500	5 900

de materiale pentru sudarea spre dreapta cap la cap a tablelor prelucrate în V. La fel ca la metoda spre stânga, și prin metoda spre dreapta pot fi executate suduri de poziție semiurcătoare, în cornișă, peste cap etc. La această metodă, suflaului nu i se aplică mișcări transversale, ci numai cele de înaintare sau, eventual, cu oscilații foarte reduse. Sirmei i se imprimă mișcări succesive de o parte și de cealaltă (fig. 4.20, c).

TABELUL 4.6

Consumurile de materiale și regimurile la sudarea verticală-urcătoare cu cusătură dublă și cusătură simplă

Metoda de execuție și felul îmbinării	Grosimea tablelor de sudat [mm]	Debitul de acetilenă [l/h]	Timpul de sudare [min/m]	Consumul de acetilenă [l/m]	Consumul de material de adăos [g/m]
Sudarea cap la cap în I cu cusătură dublă verticală-urcătoare	3	75	9	24	45
	4	100	12	50	80
	6	175	20	100	190
	8	225	22	165	360
	10	300	24	250	460
	12	350	30	350	550
Sudarea cap la cap în X cu cusătură dublă verticală-urcătoare	14	350	35	460	740
	16	450	40	650	940
	20	550	60	1 000	1 500
	35	750	70	1 600	2 000
	Sudarea cap la cap cu o singură cusătură urcătoare	2	100	12	26
3		150	18	54	70
4		225	24	96	120
6			38	220	270

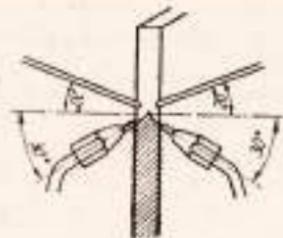


Fig. 4.21. Sudarea verticală cu cusătură dublă cu pozițiile suflaiurilor și ale sirmelor de adaos.

Ținând seamă că metoda de sudare spre dreapta este mai productivă decât metoda spre stânga, consumurile de acetilenă, de oxigen, de sirmă de adaos și timpul de bază pentru sudare față de metoda spre stânga sînt circa 20% mai mici.

Sudarea verticală cu cusătură dublă constituie a treia metodă care se aplică numai tablelor poziționate vertical și la care cusătura se obține vertical de jos în sus. Sudarea se execută simultan de doi sudori, așezați de o parte și de alta a rostului. Metoda de sudare cu cusătură dublă este cea mai productivă și mai economică, deoarece căldura celor două suflaiuri este mult mai bine utilizată, încălzirea producîndu-se simultan din cele două părți. Economicitatea metodei mai constă și în aceea că marginile tablelor cu grosimea pînă la

12 mm se sudează fără să fie necesară prelucrarea, iar de la 12 mm în sus, prelucrarea se execută în X la 60°. Față de metoda de sudare spre dreapta, sudarea verticală cu cusătură dublă prezintă următoarele avantaje:

- productivitatea de execuție de 66% mai mare;
- consum de oxigen și carburid redus — se micșorează cu peste 60%;
- nu este necesară prelucrarea pînă la grosimi de 12 mm;
- economie de metal de adaos, de 30—50%.

Grosimile de metal cuprinse între 2 și 6 mm se pot suda și de un singur sudor, în care caz sudura este executată vertical-urcător numai pe o singură parte. Această sudură este mai puțin productivă decât sudura executată de doi sudori simultan. În tabelul 4.6 se dau consumurile specifice pentru sudurile executate vertical de doi sudori simultan (cusătură dublă) și de un singur sudor. În figura 4.21 se reprezintă poziția suflaiurilor și a sirmelor de adaos în cazul sudării verticale cu cusătură dublă. În general, unghiul de înclinare, față de planul tablelor, respectiv față de sudură, este de circa 60°.

Consumurile de materiale date în tabelele 4.4, 4.5, 4.6, sînt pentru grosimile de table specifice în tabele. Pentru grosimi intermediare de table se va lua media valorilor pentru cele două grosimi alăturate. De asemenea, din timpul de sudare dat în tabele, se poate deduce și viteza de sudare. De exemplu, dacă timpul de sudare dat în tabele este de $\frac{10}{60} = 6 \text{ m/h} = 0,1 \text{ m/min}$.

4.5.3. Pregătirea pentru sudare

Înainte de sudare, după ce marginile pieselor au fost curățate de orice fel de impurități, ele se prind cu cusături scurte (prinderi), prin fixarea între ele a unui rost astfel încît să fie menținută între table distanța constantă necesară pe toată durata sudării. Rostul poate fi:

- în I, pentru table cu grosimea pînă la 2 mm cu margini răsfrînte; răsfrîngerea se ia de $s+1$ mm (s , grosimea tablelor), iar sudarea se execută după prinderea lor cu marginile așezate în contact fără rost ($b=0$);
- în I cu marginile tablelor distanțate între ele cu 0...2 mm, pentru table cu grosimea de pînă la 4 mm;

— în I cu rost de $b=0,5$ s, pentru table cu grosimea pînă la 12 mm, pentru sudarea cu cusătură dublă în poziția verticală (de doi sudori deodată);

— în V sau Y cu unghiul rostului $\alpha=55-65^\circ$ pentru sudarea spre dreapta la table cu grosimea de 4...12 mm, cu un rost între ele de 2...4 mm;

— în X cu un unghi $\alpha=80^\circ$ și cu un rost $b=2...3$ mm, pentru table cu grosimea de 14...30 mm sudate într-o trecere pentru grosimi pînă la 20 mm și în două treceri pentru grosimi pînă la 30 mm, sudura efectuată de doi sudori deodată.

După fixarea metodei de sudare și a execuției prelucrării necesare, tablele se prind într-o anumită succesiune — în general alternant — conform celor prevăzute în fișa tehnologică. Distanța dintre prinderi este și ea dată în fișa tehnologică de execuție. În general, prinderile se execută începînd de la mijlocul cusăturii, succesive și alternant de o parte și de alta a primei prinderi, astfel încît să fie evitate deformațiile care eventual s-ar putea produce chiar la prinderi (fig. 4.22). După executarea prinderilor, se măsoară rostul și unghiul tablelor, dacă ele sînt conform prescripțiilor din fișa tehnologică.

La sudare se vor folosi materiale de adaos corespunzătoare metalului de bază. Se recomandă ca acestea să fie de aceeași compoziție cu metalul de bază. Prinderile se execută, de asemenea, cu același material de adaos ca și cel folosit pentru executarea sudurilor.

Prinderile la table cu grosimea pînă la 5 mm se execută la distanțe de 30...40 s (s fiind grosimea materialului); la grosimi mai mari, prinderile se execută la distanțe de 20...25 s.



Fig. 4.22. Ordinea de prindere a două table de sudat cap la cap:
1, 2, 3... — ordinea de prindere.

4.6. SUDAREA OȚELURILOR, FONTELOR ȘI NEFEROASELOR

4.6.1. Sudarea oțelului carbon și aliat

După cum s-a arătat la punctul 4.1, flacăra de sudare formează o zonă reducătoare în care se dezvoltă temperatura cea mai înaltă (circa 3200°C) și care totodată, datorită gazelor degajate CO și H_2 , reduce la fier oxizii formați. Pentru sudare, suflaiul trebuie astfel condus de sudor încît locul de sudat să fie tot timpul sub acțiunea acestei zone, adică la o distanță de 2—5 mm de vârful nucleului luminos, cu înclinarea necesară față de planul piesei de sudat de la $10-30^\circ$ pentru grosimi pînă la 4 mm și $40-60^\circ$ pentru grosimi de 5—10 mm. Sudarea pieselor cu grosimi de perete sub 3 mm este destul de productivă, în comparație cu alte procedee de sudare. Sudarea tablelor de oțel peste 3 mm grosime nu este productivă, deoarece se produc tensiuni interne și deformații ale pieselor, iar zona influențată termic conține structuri grosiere, astfel încît, după sudare, este necesar un tratament termic. Este indicat ca în

5.1. ARCUL ELECTRIC

5.1.1. Formarea și menținerea arcului electric

Una dintre cele mai folosite surse de energie pentru îmbinarea metalelor este *arcul electric*. Arcul electric poate fi cu acțiune directă, în care caz el este format și menținut între un electrod de metal sau de cărbune și piesa de sudat, legate la o sursă de curent de sudare. Cu ajutorul arcului se realizează topirea marginilor pieselor de sudat, adică a metalului de bază, și totodată a metalului de adaos, fie prin topirea electrodului, dacă acesta este fuzibil, fie prin introducerea de metal de adaos în arcul format între un electrod nefuzibil și piesa de sudat.

Arcul electric mai poate fi format și între doi electrozi de cărbune sau doi electrozi metalici nefuzibili (din wolfram), legați la o sursă de curent continuu, independent de piesa de sudat, cu arcul menținut deasupra rostului de sudat. În acest caz, arcul electric de sudare este cu acțiune indirectă.

În continuare se va expune modul cum se formează arcul electric între un electrod fuzibil și piesa de sudat. La un contact ușor între electrod și piesa de sudat, arcul formează o descărcare electrică puternică și se menține numai dacă intervalul dintre electrod și piesă, format din gaze și vapori supraîncălziți, este ionizat, adică devine conductor, cu sarcini electrice libere (ioni și electroni).

Pentru aceasta este necesar ca între electrod și piesa de sudat să existe o cădere de tensiune U (măsurată în volți, V) și să circule un curent electric I (măsurat în amperi, A), adică să fie dezvoltată o putere de ionizare UI (măsurată în wați, W) suficientă ca atomii să se disocieze în ioni și în electroni, astfel încât aceștia să curgă continuu în intervalul dintre electrod și piesă.

Dacă electrodul este legat la polul negativ, adică este catod, electronii formați sint respinși spre anod (piesă) și aceasta se produce cu atât mai intens cu cât temperatura catodului este mai mare. Această legătură, adică cu electrodul legat la polul (-) se numește *directă*. Se formează pe electrod o *pată catodică* care emite electroni și pe piesă o *pată anodică* bombardată continuu de electroni, cu temperatura mai înaltă decât a petei catodului. În cazul cind electrodul este anod și piesa catod, menținerea arcului este mai dificilă, deoarece pata catodică formată pe piesă fiind în mișcare (la deplasarea electrodului), emisia de electroni este mai greoaie; în acest caz, pata catodică formată nu are timp suficient să ajungă

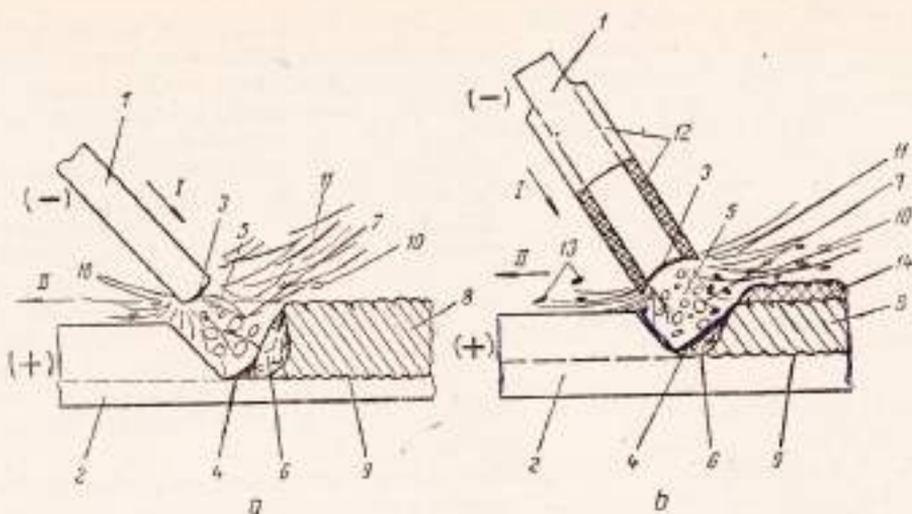


Fig. 5.1. Arcul de sudare format între electrod și piesa de lucru în cazul polarității directe:

a — cu electrod neînvelit; b — cu electrod învelit;
 1 — electrod; 2 — piesa de sudat; 3 — pată catodică; 4 — pată anodică; 5 — coloana
 arcului; 6 — baia de metal; 7 — transferul picăturilor de metal; 8 — depunerea de metal;
 9 — pătrunderea în metalul de bază; 10 — imprecăzări de metal și zgură; II — gaze și
 vapori supraîncălziți; 12 — învelișul electrodului; 13 — picături de zgură; 14 — zgură depusă;
 I — mișcarea de apropiere; II — mișcarea de înaintare.

la temperatură înaltă pentru ca emisia de electroni să fie cât mai mare. Această legătură se numește *inversă*. Pentru unii electrozi însă, această legătură inversă este favorabilă, în special atunci când topirea acestora este mai greoaie (electrozi mai greu fuzibili din sîrmă aliată sau electrozi gros înveliți). Temperatura anodului este însă întotdeauna mai mare decît a catodului, cu cîteva sute de grade, din cauza bombardamentului electronilor, care întotdeauna trec de la catod la anod.

În figura 5.1 sînt reprezentate arcul electric de sudare la folosirea electrodului neînvelit și învelit, petele catodică și anodică în cazul polarității directe și transferul de metal în sensul electrod-piesă de sudat. În jurul sudurii se produc stropii de metal și zgură, iar în cazul sudurii cu electrod învelit, sudura este acoperită de un strat de zgură. În jurul coloanei arcului se formează un înveliș de gaze și vapori supraîncălziți, care nu permit accesul aerului în baia de sudură.

În cazul sudurii cu curent alternativ, din cauza schimbării polarității, menținerea arcului nu este posibilă decît dacă se iau măsuri speciale de ionizare a intervalului, deoarece schimbarea polarității (de 100 de ori pe secundă, la frecvența de 50 Hz) îngreuează formarea continuă a petei catodice care emite electroni. Dacă electrodul sau învelișul acestuia conțin elemente ușor ionizate, cum sînt: K, Na, Ca, Mg, Al, atunci arcul se menține ușor. Pentru menținere este însă necesar ca mai întîi să se facă amorsarea, care se realizează printr-un contact ușor al electrodului de piesă, urmat de îndepărtarea lui scurtă. Imediat ce sînt create condițiile de ionizare, iar tensiunea și curentul sînt corespunzătoare, arcul se menține ușor, dacă este creat un interval de cîteva milimetri (2—5 mm), necesar operației de sudare. La producerea contactului se creează un scurtcircuit, iar intensitatea mare de curent dezvoltă o mare cantitate

de căldură, care produce topirea superficială a asperităților de pe suprafețele anodului și catodului în contact, astfel că poate începe emisia de electroni. După ce electrodul este îndepărtat de piesă, emisia, dacă este permanentă, stabilește curgerea continuă a curentului. În afară de electroni se mai formează și ioni pozitivi, care sînt atrași de catod. Stabilindu-se aceste curgeri în două sensuri, arcul se menține sub formă de coloană între cele două pete, catodică și anodică, care mărginesc coloana, astfel încît circuitul electric este permanent stabil. În coloana centrală a arcului, formată între cei doi electrozi, temperatura este superioară temperaturilor celor două pete ale arcului, din cauza ciocnirilor care se produc între ioni și electroni. Un rol foarte important îl are pata catodică, care este preferabil să se formeze pe virful electrodului, în care caz arcul se menține ușor. La sudarea cu polaritate inversă și sudarea cu curent alternativ, această condiție nu este satisfăcută și, în acest caz, pentru o ușoară menținere a arcului, se introduc elemente ușor ionizate, menționate mai înainte.

Virful electrodului fiind adus la incandescență, respectiv la topire, metalul trece în picături prin intervalul arcului spre piesă, în sensul electrod-piesă, indiferent de polaritate, producîndu-se astfel transferul metalului prin arc. Iluminarea arcului fiind foarte puternică, pentru urmărirea procesului este necesară folosirea unui geam colorat, numit vizor.

Pentru menținerea arcului sînt necesare trei mișcări ale electrodului față de piesă: prima, de apropiere a electrodului pe măsura topirii acestuia, astfel încît arcul să fie menținut la lungimea necesară; a doua, de mișcare transversală, pendulară, pentru topirea marginilor de sudat și pentru obținerea lățimii necesare a sudurii, și a treia — de înaintare a electrodului pe linia de sudare. Metalul este transferat din electrod în baia de sudură în picături. În cazul electrozilor fără înveliș sau cu înveliș subțire, picăturile sînt mari, ajungînd în unele cazuri să treacă de 1 g masă; numărul picăturilor variază între 20 și 40 pe secundă. În cazul electrozilor înveliți, picăturile sînt mici sau foarte mici, de 5—10 mg masă, numărul acestora fiind de 50—100 pe secundă în funcție de tipul și grosimea învelișului. Arcul de sudare reprezentat în figura 5.1 este cu polaritate directă, folosită la sudarea cu electrozi cu înveliș mediu sau subțire și neînveliț. Polaritatea inversă este folosită la electrozi cu înveliș gros, în funcție de natura învelișului. În prezent, fabricile livrează electrozi cu înveliș subțire, mediu și gros și pentru sudarea cu curent alternativ, deoarece învelișurile conțin materiale ușor ionizante.

Lîngă pata catodică se află zona catodică, ce formează sursa de electroni care ionizează intervalul arcului și care se caracterizează printr-o cădere mare de tensiune de 8—15 V. Temperatura petei catodice variază în funcție de compoziția metalului, fiind pentru cărbune de circa 3150°C, iar pentru fier de 2200°C. La anod, căderea de tensiune este mai redusă, fiind de 2—3 V, în schimb are o temperatură mult mai mare, de circa 4000°C pentru cărbune și 2300°C pentru fier. În coloana arcului (plasma), căderea de tensiune este mai mare de 6—12 V, iar temperatură urcă, la sudarea cu electrozi de oțel, pînă la 6200°C, pentru curenți de circa 230—250 A. În jurul coloanei arcului se formează flama arcului. Dacă se reprezintă căderile de tensiune în funcție de intensitatea curentului, se constată că pentru anumite lungimi ale arcului, cînd curenții sînt mici, tensiunea scade cu creșterea curentului, ca apoi să rămîină practic con-

stantă, iar la curenți mari să crească, după cum se observă în figura 5.2. În figura 5.2. sint reprezentate cu 1 și 2 curbele caracteristice ale arcelor de sudare pentru două lungimi ale arcului a și a' . După amorsare, cînd curenții sint încă reduși, tensiunea este mare, apoi scade, ca începînd de la curenții de 80 A tensiunea să rămînă practic constantă cu creșterea curentului. Ambele curbe pornesc de la tensiunea de circa 75 V (punctul A), tensiunea de amorsare a arcului. La curenți mari, peste 200 A, tensiunea necesară menținerii arcului crește odată cu creșterea curentului. Pentru curenți de circa 70—80 A, tensiunea arcului este de circa 16—18 V la lungimea arcului de circa 2,5—3 mm. La curenți de 120—150 A, lungimea arcului este de 4—5 mm și tensiunea de 20—22 V, în funcție de felul învelișului.

Tensiunile de menținere cresc odată cu grosimea învelișului electrozilor. Arcul se menține stabil numai dacă curbele caracteristice 3 ale sursei de energie întretaie curbele caracteristice 1 și 2 ale arcului. Punctele de întretăiere B și B' sint punctele de funcționare stabilă a arcului. În timpul operației de sudare însă, lungimea arcului variază, deoarece electrodul este dirijat manual, iar din cauza topirii continue a acestuia se formează o infinitate de puncte de menținere B₁, B'₁, B₂, B'₂, rezultate din întretăierea curbilor caracteristice ale arcului, pentru diferite lungimi, cu curbele caracteristice ale sursei de energie. Pentru ca arcul să fie cît mai stabil, este necesar ca sursa să aibă o caracteristică, astfel încît curentul să nu varieze mult la lungirea sau la scurtarea arcului.

La sudarea cu electrozi înveliți, densitatea de curent raportată la secțiunea metalică a electrozului se ia de 10—15 A/mm² și numai uneori ajunge la 20 A/mm². Densități mai mari nu pot fi admise, deoarece electrozii avînd lungimi de 450 mm se înroșesc și se produc improșcări violente. Din această cauză, cantitatea de metal de bază care participă la cusătura efectuată nu trece de 15%. La sudarea sub flux, densitățile de curent pot trece și de 100 A/mm², iar cantitatea de metal de bază care participă în cusătura sudată poate ajunge pînă la 85%.

Puterea arcului. Puterea electrică a arcului este:

$$P = I_{sud} U_{arc} \quad [W],$$

în care:

I_{sud} este curentul de sudare, în A;

U_{arc} — tensiunea arcului, în V.

Puterea electrică a arcului, în cazul sudării cu electrozi înveliți, este de 5—10 kW, iar în cazul arcului sub flux, de 10—50 kW.

Puterea calorică a arcului este:

$$q = 0,24 U_{arc} I_{sud} K \quad [cal/s],$$

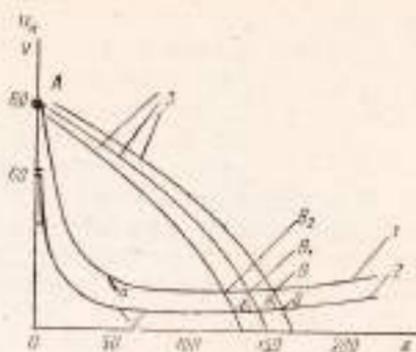


Fig. 5.2. Caracteristicile arcului:

1 și 2 — variația tensiunii și a curentului pentru două lungimi ale arcului;
3 — caracteristica statică a sursei de curent;
B, B' — punctele de funcționare pentru două lungimi ale arcului a și a';
a și a' — lungimile arcelor de la variații mici ale lungimilor de arc a și a';
B₁ și B'₁ — punctele de funcționare sudare.

în care:

0,24 este coeficientul de transformare a mărimilor electrice în calorice, în cal/Ws;

K — factorul de putere care în cazul curentului continuu este 1, iar în cazul curentului alternativ și în funcție de componența atmosferei arcului variază între 0,7 și 0,97.

Puterea calorică efectivă a arcului de sudare este însă mai redusă, deoarece intervin pierderile care variază în funcție de procedeul folosit; de aceea, relația puterii calorice mai trebuie înmulțită și cu un coeficient η , care reprezintă randamentul procesului de încălzire a piesei, a cărui valoare este de:

— 0,50—0,65, în cazul folosirii electrozilor neînveliți sau cu învelișuri stabilizatoare;

— 0,50—0,60, la sudarea în mediu de gaz protector cu electrozi nefuzibili;

— 0,70—0,85, la sudarea cu electrozi înveliți;

— 0,80—0,95, la sudarea sub flux.

Căldura dezvoltată de arc electric pentru sudarea cu electrozi înveliți se repartizează astfel: 10% pentru topirea metalului de bază, 30% pentru topirea electrodului (vergea și înveliș), 40% se difuzează în materialul de bază, iar 20% se pierde în atmosferă. Consumul de energie electrică pentru 1 kg de sudură depusă variază între 3,5 și 4,5 kWh.

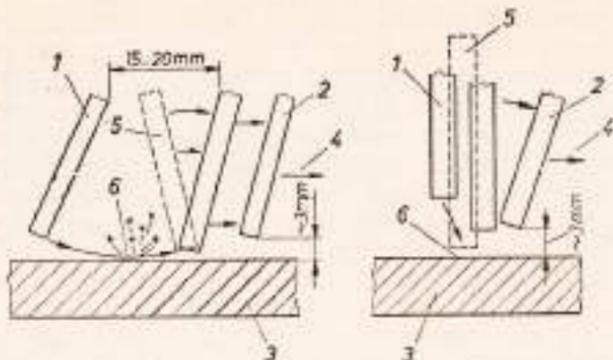
5.1.2 Amorsarea, menținerea, întreruperea și reamorsarea arcului

Pentru obținerea unui transfer corect al picăturilor de metal topit din electrod spre piesă, arc trebuie menținut la o anumită lungime, imprimându-se totodată electrodului următoarele mișcări: de apropiere de piesă, de pendulare față de axa sudurii și de înaintare pe linia sudurii. Aceste mișcări se execută, ținându-se seamă de caracteristicile de topire a electrodului, precum și de forma pe care trebuie să o capete rindul depus; pentru aceeași calitate de electrod, intervalul arcului trebuie menținut cât mai constant. Pentru electrozii cu înveliș acid sau titanici se recomandă ca arc să fie de o lungime egală cu diametrul vergelei electrodului, iar în cazul electrozilor cu înveliș bazic, mai scurt. Lungimile mai mari decât diametrul electrodului în general nu se recomandă; se folosesc rareori, în cazul încărcărilor, când stratul trebuie să fie cât mai lat și cu pătrundere cât mai redusă.

Pentru o ușoară amorsare a arcului, electrodul trebuie să aibă capătul polizat conic (forma de livrare). Dacă electrodul a fost parțial folosit, se curăță capătul prin frecare de o piatră spartă de polizor deoarece în acest caz vergeaua electrodului este înfundată în craterul de capăt iar prin frecare ea este adusă la același nivel cu învelișul. Capătul lipsit de înveliș al electrodului se introduce atent în clește, pentru ca să fie asigurat un contact bun între vergeaua electrodului și clește. Cu mina stingă sudorul, înainte de amorsarea arcului, va acoperi fața cu ecranul de protecție, iar prin filtru va observa amorsarea arcului și menținerea corectă a lungimii acestuia. Amorsarea se face prin tamponarea ușoară a capătului electrodului în locul de începere a sudurii de piesă, sau prin frecare. După ce s-au format primele scintile, adică s-a produs ionizarea,

Fig. 5.3. Modul de amorsare a arcului electric:

a — prin frecare uscată; b — prin tamponare locală; 1 — electrod în poziția de pornire; 2 — electrod în poziția finală după amorsarea arcului; 3 — piesa de sudat; 4 — senzul de sudare; 5 — pozițiile intermediare ale electrodului; 6 — punctul de contact al electrodului cu piesa de sudat.



capătul electrodului se îndepărtează repede de piesă la o distanță de maximum diametrul electrodului. În figura 5.3 se indică modurile corecte de amorsare a arcului prin frecare și prin tamponare. După îndepărtarea electrodului și formarea arcului, electrodul se înclină la $20-30^\circ$ față de verticală și i se imprimă mișcările necesare de înaintare. După ce rîndul de sudură a fost executat, întreruperea arcului se execută printr-o mișcare de alunecare, fie spre sudura efectuată, fie dinspre sudura efectuată, sau se execută o întoarcere a electrodului în jurul capătului sudurii, după care arcul este tras spre sudura efectuată (fig. 5.4, a, b, c), însă în nici un caz prin îndepărtarea bruscă a electrodului (fig. 5.4, d). Îndepărtarea bruscă a electrodului de piesă provoacă cratera în suduri, ceea ce constituie un defect, în special la sudarea cu electrozi cu înveliș bazic. În cazul întreruperii nevoite a arcului în timpul sudării se procedează la reamorsare, care se execută în felul următor: se curăță capătul sudurii de zgură cu ciocanul de sudor, se nivelează capătul electrodului în vederea amorsării, se amorsează electrodul pe metalul nesudat la o distanță de circa 10 mm de locul întreruperii, se readuce arcul pe craterul sudurii care se umple la nivelul sudurii executate și apoi se continuă sudarea. Arcul se menține imprimindu-se electrodului cele trei mișcări, în vederea obținerii rîndului de sudură. Rîndul de sudură este elementul de bază al depunerii atât pentru îmbinare, cât și pentru încărcare. Rîndul de sudură fiind realizat în urma unei singure treceri, se mai numește și trecere. Două sau mai multe rînduri sau treceri, executate la același nivel formează stratul de sudură. Un rînd de sudură poate constitui și un strat în cusătura sudată dacă la același nivel nu sînt necesare și alte rînduri. Sudura de îmbinare se formează în straturi, fiecare strat avînd unul sau mai multe rînduri. Sudura de încărcare poate fi la fel executată din unul sau mai multe straturi suprapuse, fiecare strat fiind format din mai multe rînduri.

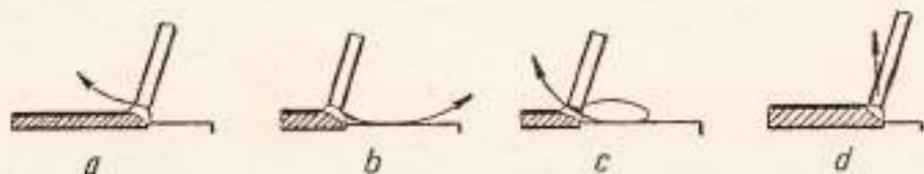


Fig. 5.4. Modul corect și încoresct de întrerupere a arcului de sudare:
a, b, c — corect prin alunecare; d — încoresct prin întrerupere bruscă.

Rîndul cel mai îngust, numit rînd *filiform*, se obține dacă electrozudul, după amorsare, i se imprimă numai mișcările de apropiere și de înaintare, fără oscilații transversale. În felul acesta, rîndul obținut este numai cu ceva mai lat decît diametrul electrozudului. Rîndurile filiforme se execută la rădăcina rosturilor și se numesc rînduri sau straturi de bază; la fel se execută rîndurile și la sudarea cap la cap a tablelor subțiri. Rîndurile mai late, cu oscilații transversale, se execută după straturile de bază. Cele mai late rînduri care se execută sînt cele de acoperire ale sudurilor de imbinare și la încărcări unde este indicat ca straturile să fie executate din rînduri cu lățimea de 3—4 ori diametrul electrozudului.

Inclinarea electrozudului față de piesă sau inclinarea piesei sînt foarte importante, în special din punctul de vedere al pătrunderii metalului topit în metalul de bază. În poziția verticală a electrozudului, față de piesa așezată orizontal se obține pătrunderea cea mai mare; cu cît electrozudul este mai puțin inclinat față de piesă, în sensul de înaintare, cu atît pătrunderea este mai redusă. Imbinările la care se cere o bună pătrundere se vor suda cu inclinări ale electrozudului de 70—80° în sensul de înaintare, în schimb încărcările unde pătrunderea trebuie să fie minimă se vor executa cu inclinări ale electrozudului față de orizontală de 45—50°. Inclinarea electrozudului mai este însă condiționată și de natura învelișului; la electrozii cu înveliș bazic se recomandă inclinări de 75—85° față de orizontală, iar pentru electrozii cu învelișuri acide, titanice și oxidice, inclinarea poate fi de 45—80°.

Inclinarea piesei influențează de asemenea adîncimea pătrunderii, astfel: inclinand piesa în sensul de sudare, se obține pătrunderile cele mai reduse, iar în sens invers — pătrunderile cele mai mari.

În figura 5.5, a, b și c se observă influența inclinării electrozudului și a piesei de sudat asupra pătrunderii. Inclinarea electrozudului și a piesei influențează atît pătrunderea cît și lățimea rîndului depus, astfel:

— la sudarea în poziție orizontală a piesei cu cît electrozudul are un unghi de inclinare mai mic, în sensul de înaintare, cu atît pătrunderea în metalul de bază este și ea mai mică (fig. 5.5, a);

— la sudarea unei piese inclinate coborîtor în sensul de sudare, pentru un același curent de sudare, pătrunderea este cu atît mai mică cu cît unghiul de inclinare a piesei este mai mare (fig. 5.5, b); în general, la inclinări mai mari, viteza de sudare trebuie mărită;

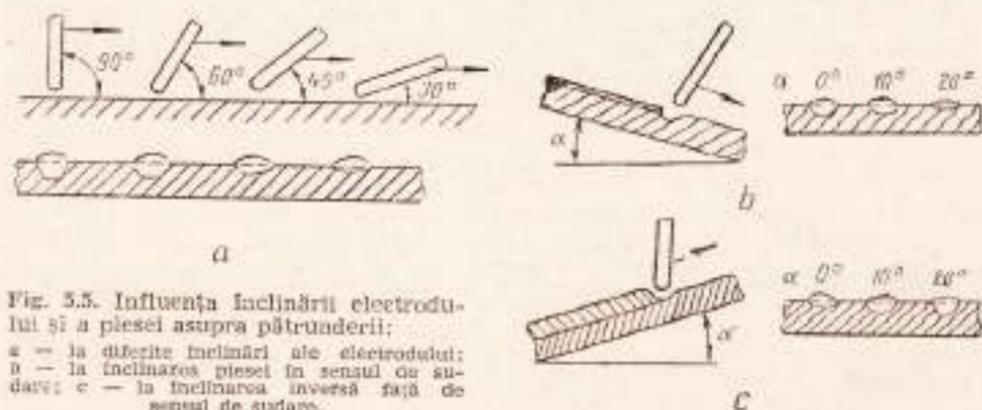


Fig. 5.5. Influența inclinării electrozudului și a piesei asupra pătrunderii:

a — la diferite inclinări ale electrozudului;
b — la inclinarea piesei în sensul de sudare;
c — la inclinarea inversă față de sensul de sudare.

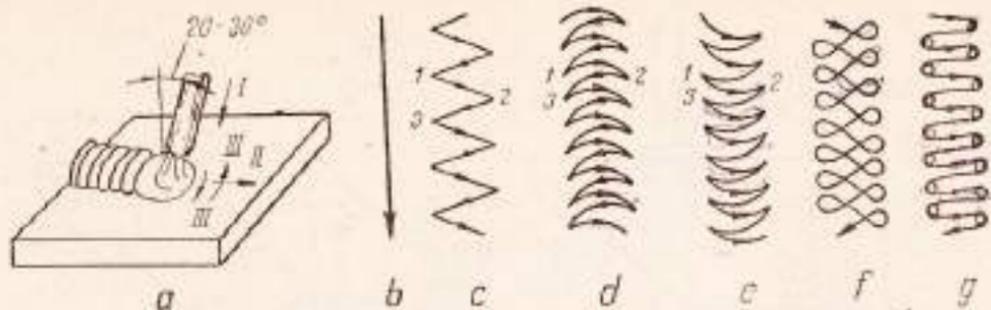


FIG. 5.6. Mișcările electrozudului pentru obținerea rîndului de sudură:

a — înclinarea electrozudului cu 20-30° față de poziția verticală și imprimarea mișcărilor: *I* — de apropiere față de piesă; *II* — de înaintare pe linia de sudură; *III* — de oscilație transversală față de direcția de înaintare; *b* — mișcare fără oscilații transversale pentru obținerea sudurii filiforme; *c* — în zigzag; *d* — cu arce concave; *e* — cu arce convexe; *f* — cu arce concave cu rotunjiri la capete; *g* — cu arce convexe cu rotunjiri la capete; 1, 2, 3 — locurile de opriri la marginile rîndurilor în cazurile cînd este necesară obținerea pătrunderilor.

— la sudarea unei piese înclinată urcător în sensul de sudare, pentru un același curent de sudare, pătrunderea este cu atît mai mare cu cît unghiul de înclinare este și el mai mare (fig. 5.5, *c*); pentru înclinări mai mari, viteza de sudare se micșorează.

În practică, pătrunderea necesară se obține potrivit înclinarea piesei și a electrozudului pentru efectul dorit. În cazul sudurilor solicitate la eforturi deosebite, în special la eforturi dinamice, se va lucra întotdeauna astfel încît în stratul de la rădăcină să se obțină pătrunderile cele mai mari, spre deosebire de straturile de încărcare care se vor realiza cu pătrunderile cele mai reduse.

Mișcările electrozudului, în vederea obținerii rîndurilor de sudură (fig. 5.6, *a*) sînt în număr de trei: *I* — de apropiere; *II* — de înaintare pe linia de sudură; *III* — de oscilații transversale. În cazul sudării pentru obținerea unui rînd filiform, mișcările *III* de oscilații transversale nu se execută, vîrfurile electrozudului fiind deplasate de-a lungul liniei de sudură (fig. 5.6, *b*). Pentru obținerea rîndurilor late, electrozudului se imprimă și o mișcare de oscilație transversală, care poate fi zigzag (fig. 5.6, *c*), cu arce convexe (fig. 5.6, *d*), cu arce concave (fig. 5.6, *e*) sau cu arce concave sau convexe cu rotunjirea la extremitate (fig. 5.6, *f* și *g*).

Pentru obținerea pătrunderilor bune la marginile rîndurilor de sudură, în locurile 1, 2, 3 etc. de la margine se fac opriri de scurtă durată sau se execută oscilații cu arce convexe sau concave, cu rotunjiri la extremități (fig. 5.6). În afară de mișcările arătate, electrozudului i se mai pot imprima și alte mișcări ale oscilațiilor transversale, în funcție de poziția de sudare, de forma rostului și a îmbinării ce trebuie să rezulte, de natura învelișului electrozudului etc. Modul de sudare se va arăta la tehnologia de execuție a îmbinărilor sudate.

5.13. Suflul arcului

Arcul electric format între electrod și piesa de sudat fiind un conductor foarte flexibil, face ca el să fie ușor deviat de forțele electromagnetice create la trecerea curentului prin el. Uneori, devierea este atît de mare, încît flama arcului apare suflată de un puternic jet de aer. Acest suflu

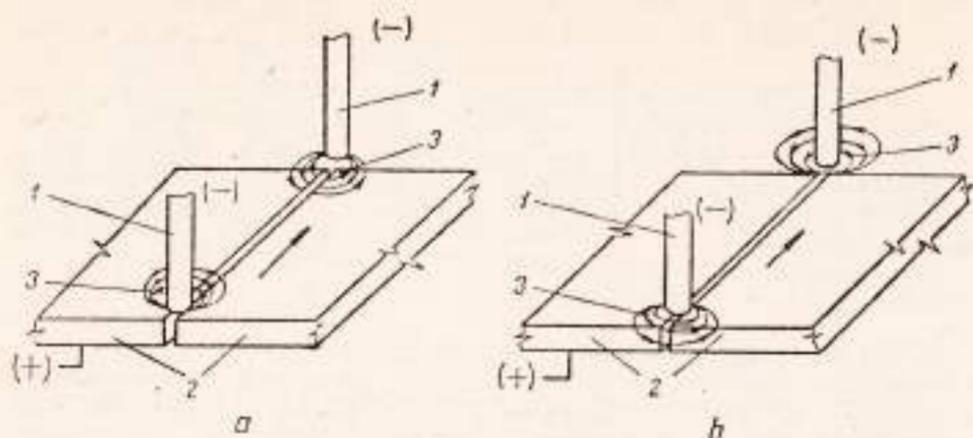


Fig. 5.7. Suflul arcului la sudarea cu polaritate directă:

a — în materiale magnetice; b — la materiale amagnetice; 1 — electrod; 2 — piesele de sudat; 3 — suflul arcului.

al arcului durează tot timpul cât arcul este menținut și are un efect negativ asupra transferului de metal la trecerea acestuia prin intervalul arcului; în multe cazuri, picăturile de metal sînt proiectate în afara coloanei arcului și arcul este întrerupt. Fenomenul de suflul arcului este extrem de puternic la sudarea cu curent continuu și mult mai redus în cazul curentului alternativ, datorită schimbării permanente a polarității care schimbă sensul cîmpului magnetic; aceasta influențează favorabil menținerea arcului din punctul de vedere al suflului.

La începutul și sfîrșitul primului rînd de sudură, suflul este deosebit de puternic, din cauza interstițiului dintre table și din cauza părții de oțel topit sau încălzit peste 768°C , care devine amagnetic (fierul β și γ), astfel încît forțele create de cîmpul electromagnetic fac să nu fie posibilă stabilitatea arcului. Dacă materialele de sudat sînt magnetice, suflul arcului este atras de material și la începutul sudării el suflă în sensul sudării. După execuția unei cusături scurte și după răcirea metalului sub 768°C , cînd acesta devine magnetic, suflul arcului este mai slab. Spre sfîrșitul cusăturii, suflul devine mai puternic, suflînd în sens opus sensului de sudare, deoarece arcul este atras de partea sudată devenită magnetică. În figura 5.7, a se reprezintă devierea cîmpului magnetic la sudarea cu polaritate directă a oțelului magnetic (oțel carbon, oțel slab aliat etc.), iar în figura 5.7, b se reprezintă devierea cîmpului magnetic la sudarea cu aceeași polaritate a unui material amagnetic (cupru, oțel austenitic etc.), ca urmare a devierilor cîmpului magnetic. În primul caz, suflul arcului este spre interiorul rostului, fiind atras de piesă (la fel și la terminarea rîndului de sudură); în cel de-al doilea caz, fenomenul fiind de respingere, arcul este suflat în afara rostului. În timpul sudării, aceste efecte se observă prin devierea flăcii.

La sudarea cu curent alternativ, suflul arcului se micșorează din cauza schimbării polarității; acest efect nu se manifestă atît de puternic, însă, după cum s-a arătat, altele sînt cauzele care fac ca arcul de curent alternativ să fie mai puțin stabil și deci mai puțin folosit, în special la sudarea în unghi interior, la sudarea tablelor subțiri etc.

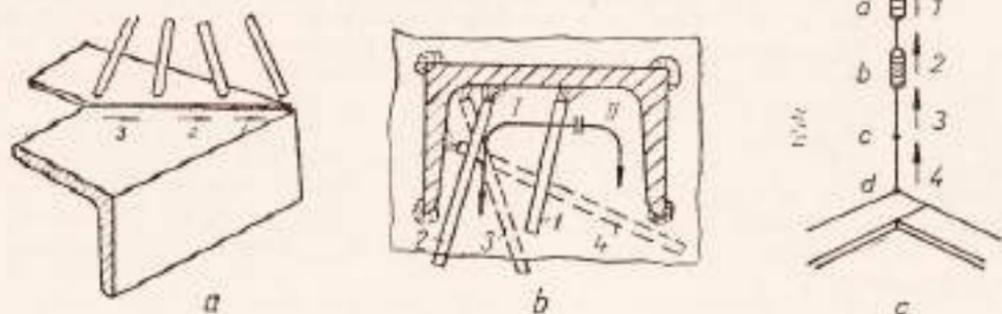


Fig. 5.8. Combaterul suflului arcului;

a — în cazul sudării în unghi drept a două corniere; 1, 2, 3 etc. — modul de execuție în trepte inverse a lungimilor mari de sudat sau cu diferite înclinări ale electrodului; b — în sudarea în unghi interior a unui profil de o placă; 1, 2, 3 și 4 — înclinările electrodului; I și II — sensurile de sudare a cusăturii interioare; c — sudarea în colț interior; a, b, c, d — începuturile sudurilor; 1, 2, 3, 4 — ordinea de sudare.

Efectul de suflu poate fi combătut prin multiple mijloace, ca:

— locul de legătură al clemei de contact la piesă pentru aducerea curentului să fie mai apropiat de arc, ceea ce se obține fie prin folosirea contactelor mobile care urmăresc pe partea opusă de deplasarea arcului, fie prin aducerea curentului electric la piesă din două părți opuse;

— se înclină electrodul la începutul și la sfârșitul cusăturii în sens invers suflului arcului;

— folosindu-se surse de curent alternativ și electrozi cu înveliș gros;

— se execută în prealabil suduri discontinue sau se utilizează sudarea în trepte inverse.

În prezent, lucrările importante se execută cu electrozi cu înveliș gros, care atenuază mult suflul arcului. La sudarea în unghiuri interioare, suflul arcului este extrem de accentuat și de aceea este necesară o înclinare atentă a electrodului, în special în colțuri. În figura 5.8 se arată modurile de combatere a suflului arcului, și anume prin înclinarea electrodului sau sudarea în trepte inverse, în cazul sudării în unghi drept a două corniere (fig. 5.8, a), și prin înclinarea și schimbarea rapidă a pozițiilor de menținere a electrodului în colțuri, precum și printr-o alegere corectă a locului de început de sudare (fig. 5.8, b). Conform figurii 5.8, a se sudează pe toată lungimea cu înclinările indicate de la un capăt la altul sau, în cazul unei lungimi mari, se recurge la sudarea treptelor 1, 2, 3 etc., în ordinea și sensul arătate, însă la capete se va menține înclinarea electrodului. În figura 5.8, b se arată modul de îmbinare a unui profil U cu o placă de capăt cu suduri interioare. Se începe pe latura dreaptă în locul indicat cu poziția electrodului I și se continuă în sensul I, menținându-se înclinarea indicată. În colț, trecerea de la poziția 2 a electrodului la poziția 3 se va face cât mai rapid, iar la depășirea colțului se va da înclinarea 4. La fel se sudează și cusătura II pe aripa din dreapta. În cazul sudării cu electrozi neînveliși sau

la sudarea cu electrozi de cărbune, combaterea suflului este foarte dificilă; în cazul electrozilor de cărbune se folosesc bobine magnetice suflătoare, cu ajutorul cărora se obține stabilitatea necesară a arcului.

În figura 5.8, c se indică modul de îmbinare a două table în colț interior, care dacă ar fi executate vertical urcător începând de jos, ar avea o calitate necorespunzătoare, deoarece, după sudarea primei jumătăți cu un electrod cu înveliș subțire, suflul arcului ar fi atât de mare, încât nu s-ar putea obține o pătrundere corespunzătoare. De aceea, la sudarea în colț vertical urcătoare se recomandă execuția în trepte inverse cu prima treaptă, întâi începând din *a*, apoi a doua treaptă din *b* și așa mai departe până la terminarea întregii îmbinări. În modul acesta, sudarea se execută tot vertical urcător cu primele trepte executate sus. De asemenea, se recomandă ca primele trepte să fie executate de lungime mai mică, până la 100 mm.

5.2. PROCESE FIZICO-CHIMICE LA SUDAREA CU ARC ELECTRIC

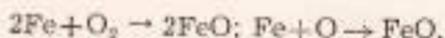
În vederea obținerii îmbinărilor, procesul de sudare electrică prezintă importanță atât din punct de vedere tehnologic, cât și din punct de vedere fizico-chimic. Sudarea cu arc electric, fiind un proces de topire a metalului, dă naștere la procese metalurgice analoge cu cele ce se produc în cuptoarele de elaborare a oțelului; ele se desfășoară însă mai complex din cauza temperaturilor înalte care se dezvoltă pentru volumul redus al băii topite, producându-se supratopiri și chiar evaporări parțiale ale metalului sau ale altor componente. Timpul scurt de menținere a băii lichide face ca procesele metalurgice să se producă în afara stării de echilibru, astfel încât procesele fizico-chimice să nu se poată desfășura până la capăt, așa cum se desfășoară procesele din cuptoarele electrice. Temperatura înaltă de încălzire pentru volumul redus al băii de sudură produce o topire locală și rapidă iar în timpul procesului de sudare, baia de metal topit este înconjurată de o masă de metal rece, în special dacă metalul de bază are o conductivitate termică redusă. Astfel la sudarea oțelului cu conținut redus de carbon sau a oțelului crom-nichel, în timpul desfășurării procesului, pe frontul de înaintare punctul cel mai apropiat al băii de sudură, unde temperatura a ajuns la peste 1500°C, este înconjurat de curba temperaturii de 200°C la 5—6 mm de marginea băii; la aluminiu, care are o mare conductivitate termică, marginea băii de sudură cu temperatura de 600°C se află la o distanță de circa 20 mm de punctul cel mai apropiat al curbei cu temperatura de 200°C. Această încălzire locală și rapidă provoacă o schimbare a compoziției chimice și a structurii metalului topit. De asemenea are loc o schimbare a structurii metalului de bază, influențat termic de sudura depusă pe distanță de 3—5 mm.

Ca urmare a acțiunii arcului electric sau a altor surse de căldură, prin încălzirea și topirea simultană a marginilor piesei de sudat și a metalului de adaos topit se formează baia de sudură. După răcire, baia de sudură se deosebește de metalul de bază și de metalul de adaos atât prin compoziția chimică, cât și prin structura ce o capătă. Compoziția chimică a cusăturii efectuate, rezultată din succesiunea numeroaselor băi de su-

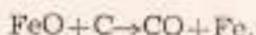
dură formate pe linia de sudare, este influențată de topirile metalului de bază, a electrodului sau a sîrmei de adaos, a învelișului sau a fluxului protector de deasupra băii de sudură, precum și de regimurile de sudare folosite. În general, la folosirea regimurilor de sudare mai intense, arderile sînt și ele mai intense, ceea ce influențează compoziția chimică a băii.

În atmosfera arcului electric, o influență extrem de mare o au gazele: oxigenul și azotul din aer, precum și hidrogenul din umezeala electrozilor, din rugină etc. Moleculele gazelor de O_2 , N_2 și H_2 , la temperatura înaltă a arcului electric, se disociază, absorbînd din căldura arcului, iar în contact cu metalul mai rece se recombina, degajînd căldură. Atmosfera gazoasă din arc mai conține și vapori de metale ajunse la temperatura de fierbere precum și vapori ai substanțelor chimice din învelișuri sau fluxuri.

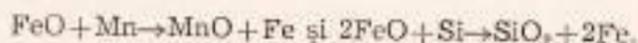
Oxigenul în molecule sau disociaat la temperatura arcului electric reacționează cu fierul conform reacțiilor:



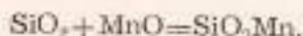
Oxidul feros trece ușor în masa băii, impurificînd-o, ceea ce înrăutățește caracteristicile sudurii, iar cu carbonul din oțel provoacă fierberea metalului (din cauza oxidului de carbon format) conform reacției:



Neavînd însă timp suficient să se degaje, oxidul de carbon, provoacă porozități în sudură, deși el are un rol reducător asupra oxizilor de fier formați în baie; cu manganul și siliciul, oxidul de fier este redus la fier producîndu-se reacțiile:

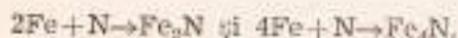


Oxizii de mangan și de siliciu formați se separă din baia metalică și ca urmare a combinării lor:



dau naștere la zgură, care se formează deasupra sudurii. Deoarece elementele Mn și Si sînt favorabile reacțiilor de restabilire a fierului, se recurge la mărirea conținutului lor în sîrmă, sau la folosirea feroaliajelor cu aceste elemente în învelișuri și fluxuri pentru dezoxidarea metalului. În cazul cînd nu se iau măsurile necesare de protecție pentru dezoxidare, cantitatea de oxigen pătrunsă în sudură poate trece de 0,15%, ceea ce micșorează cu mult caracteristicile mecanice ale sudurii, în special cele de tenacitate.

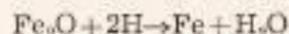
Azotul sub forma disociaat reacționează energetic cu fierul, dînd compuși, conform reacțiilor:



Nitruurile formate, Fe_2N și Fe_4N , micșorează caracteristicile de plasticitate, însă măresc rezistența și duritatea. Deși pînă nu de mult azotul era considerat ca un element nefavorabil, cercetările mai recente arată că, la oțelurile cu conținut de vanadiu, azoturile formate sînt favorabile calității atît din punct de vedere al rezistenței, cit și din punctul de vedere al tenacității. S-a constatat de asemenea că la oțeluri slab

aliate, azotul împiedică trecerea elementelor vătămătoare în baia de sudură, iar la oțelurile austenitice crom-nichel, azotul îmbunătățește caracteristicile de rezistență. Față de această situație, în ultimul timp sînt tot mai mult folosite oțelurile aliate suplimentar și cu azot.

Hidrogenul sub formă disociată $H_2 \rightarrow 2H$ are o bună influență, deoarece dezoxidează baia, restabilind fierul, conform reacției:



Hidrogenul pătruns în sudură are însă o acțiune negativă, deoarece în metal el creează mici porozități, care dau defecte numite „fulgi” generatoare de fisuri. Hidrogenul fiind solubil în austenita care se formează în oțeluri la temperaturi de peste 781°C, la răcire nefiind solubil în ferită, se reface în molecule, provocînd fisuri la rece, în special sub efectul sarcinilor de tracțiune cînd se produc fisuri întirziate, urmate de ruperi. Rolul hidrogenului este foarte complex, fiind unul dintre elementele cu acțiunea cea mai negativă, în special pentru construcții supuse la solicitări importante.

Ținînd seamă de influența diferitelor gaze care pot pătrunde în timpul procesului de sudare, de arderile elementelor Fe, C, Mn, Si etc., o sudură de calitate nu poate fi obținută fără o protecție corespunzătoare realizată prin zgura de pe suprafața sudurii, sau prin gazele protectoare care se pot degaja din înveliș și fluxuri, sau care se introduc drept medii protectoare. La sudarea sub flux, baia de zgură formată în cantitate mare deasupra băii metalice, oferă o protecție suficientă băii de metal topit, astfel încît aerul nu poate pătrunde.

Procedeele în mediu de gaz protector inert sau activ, care în ultimul timp au luat o mare dezvoltare, se bazează pe faptul că acțiunea de pătrundere a aerului este împiedicată de suflul de gaz protector proiectat asupra coloanei arcului și asupra băii de sudură, astfel încît se obține o protecție totală.

În metalul de bază și în metalul de adaos se află și elementele sulf și fosfor, provenite de la elaborarea oțelurilor, elemente dăunătoare caracteristicilor de tenacitate ale metalului; sulful provoacă fisuri la cald, iar fosforul mărește fragilitatea oțelului la rece. În general, în materialele de adaos, aceste două elemente sînt în proporție foarte redusă, ceea ce micșorează și conținutul lor în baia de sudură, respectiv în îmbinarea sudată. La oțelurile de calitate, cu caracteristici bune de sudabilitate, aceste două elemente sînt în proporție foarte limitată. Sulful și fosforul pot însă proveni și din învelișul electrozilor. O micșorare a conținutului de sulf se obține dacă în oțeluri sau în învelișul electrozilor se introduc cantități mai mari de compuși ai manganului sau de mangan, deoarece acest element are proprietatea de a reduce sulful. În vederea micșorării conținutului de fosfor, se recurge la introducerea în înveliș a carbonatului de calciu (cretă) compus, care are o bună influență asupra defosforării băii de sudură, respectiv a sudurii.

Ca urmare a desfășurării proceselor metalurgice din baia de sudură, se formează mai multe zone cu diferite structuri:

— zona topită (sudura), cu structură de turnare, care rezultă din topirea materialului de bază și a celui de adaos;

— zona de aliere sau zona intermediară, cu cusătura materialului de bază parțial topite, care se află la limita dintre sudură și marginile ne-

topite ale materialului de bază; aici are loc alierea sudurii cu metalul de bază pînă la porțiunea de topire incompletă a materialului de bază;

— zona influențată termic a materialului de bază, care, la rîndul ei, cuprinde mai multe subzone.

Structurile acestor zone și subzone vor fi examinate la punctul 5.5.

UTILAJE PENTRU SUDAREA CU ARC ELECTRIC

5.3.1. Surse de curent

La punctul 5.1, la caracteristicile arcului de sudare, s-a arătat că pentru menținerea arcului sînt necesare surse de curent, încît la creșterea curentului, tensiunea să scadă, dar nu sub valoarea necesară menținerii arcului, iar la variația lungimii arcului, curentul și tensiunea să varieze cît mai puțin, pentru ca arcul să se mențină stabil. Pentru amorșarea arcului, este necesar ca tensiunea în gol să fie suficient de mare, de 70—80 V, iar la formarea acestuia ea să scadă foarte repede, astfel încît pentru menținerea arcului tensiunea necesară a punctelor de funcționare stabilă să fie de 20—30 V pentru intensități de curent de peste 60 A, la sudarea cu electrozi înveliți.

Pentru ca amorșarea arcului să fie cît mai ușoară, este necesar ca tensiunea în gol să fie cît mai mare, însă din punctul de vedere al tehnicii securității muncii în țara noastră, ea este limitată la 100 V pentru sursele de curent continuu, și la 80 V, pentru sursele de curent alternativ. Pentru îndeplinirea condițiilor de funcționare a arcului, caracteristica statică a sursei de curent, adică variația tensiunii în funcție de curent, trebuie să fie brusc coborîtoare (v. fig. 5.2, curba 3), iar la variația lungimii arcului, trecerea de pe o curbă caracteristică pe alta să se facă cu variații mici de curent. Sursele cu caracteristici brusc coborîtoare sînt corespunzătoare sudării cu electrozi înveliți, însă pentru procedeele de sudare, cum sînt sub flux sau în media de gaz protector, rezultate bune se obțin cu alte caracteristici: aplatizate, rigide sau urcătoare. Pentru ca sudarea să se poată efectua cu mai multe dimensiuni de electrozi, este necesar ca sursele de energie să aibă un domeniu de reglare a curentului cît mai larg, adică de la 30—40 A, cît este necesar pentru topirea electrozilor subțiri, de 1,5 și de 2 mm diametru, pînă la 300 A, eventual mai mare, pentru sudarea cu electrozi de 5 sau de 6 mm sau de diametru mai mare. La sursele de curent destinate sudării mecanizate, sub flux sau în mediu de gaz protector, curentul minim este cu mult mai mare, fiindcă în acest caz se sudează cu intensități mărite de curent (>100 A). Deoarece în timpul sudării se produc scurtcircuite, curentul de scurtcircuitare a sursei de energie nu trebuie să depășească cu mult curentul normal de sudare; în caz contrar se produce lipirea puternică a electrodului de piesă. Această condiție se realizează cu sursele de curent continuu cu caracteristici coborîtoare folosite la sudarea cu electrozi înveliți. La sudarea cu surse de energie cu caracteristici aplatizate, rigide sau urcătoare, această condiție nu mai trebuie îndeplinită, deoarece se folosesc șirme-electrod subțiri și în cazul producerii scurtcircuitelor ele se topesc instantaneu, fără să se producă lipirea de piesă. Sursa de curent trebuie, de asemenea, să asigure restabilirea rapidă a tensiunilor și curenților de sudare, deoarece la sudare se produc dese scurtcircuituri.

tări urmate de întreruperi provocate fie de neatenția sudorului, fie de transferul de metal, astfel încît este necesar ca restabilirea valorilor de curent și de tensiune necesare să se facă într-un timp cît mai scurt posibil. Pentru aceasta este necesar ca sursa de curent să aibă și o caracteristică dinamică bună pentru ca restabilirea condițiilor normale de sudare să se producă în timp cît mai scurt posibil.

După felul curentului sursele de sudare pot fi: de curent continuu sau de curent alternativ. Acestea, la rîndul lor, pot fi pentru un singur post de sudare sau pentru mai multe — multipost.

Sursele de curent continuu pot fi *generatoare* de sudare antrenate de motoare electrice sau de motoare cu ardere internă, formînd *grupuri de sudare*, sau pot fi *redresoare* care nu au organe în mișcare. Generatoarele antrenate de motoare electrice formează *convertizoare*, care în prezent se execută în construcție compactă, adică rotoarele motorului electric și al generatorului sînt montate pe un arbore comun cu o carcasă comună, formînd blocuri sau monoblocuri de sudare. Ele se numesc și *agregate de sudare* și pot fi acționate electric (grup convertizor) sau termic (grup electrogen).

Pentru sudare cu curent alternativ, sursele de curent pot fi *transformatoare*, adică aparate statice care transformă curentul de la rețea în curent de sudare, de aceeași frecvență cu a rețelei electrice, sau *generatoare de frecvență ridicată*, adică convertizoare rotative antrenate de curentul de la rețea care generează curent alternativ de sudare cu o frecvență de peste 150 Hz.

Grupurile și transformatoarele de sudare se construiesc de diferite mărimi caracterizate prin curentul maxim de sudare, și anume:

— pentru curenți reduși de sudare pînă la maximum 160 A, destinate sudării manuale cu electrozi de la 1,5 mm pînă la 3,25 mm diametru, eventual chiar de 4 mm; sînt folosite la sudarea pieselor subțiri, în special la lucrările de întreținere; sînt montate pe roți sau prevăzute cu minere, pentru a fi ușor transportabile;

— pentru curenți de sudare pînă la 315 A, destinate sudării manuale cu electrozi de 2—6 mm; sînt folosite la fabricarea de produse noi; pentru a fi ușor transportabile, ele sînt montate pe roți;

— pentru curenți de sudare mari pînă la 630, 1000, 1500 A, destinate sudării manuale cu electrozi groși de peste 8 mm diametru și sudării semiautomate sau automate, unde sînt necesari curenți mari de sudare. Aceste aparate se fabrică, în general, cu mai multe caracteristici, spre a fi destinate unei folosiri mai largi. Grupurile și transformatoarele pînă la 1000 A sînt montate pe roți, iar în cazul cînd sînt destinate alimentării mai multor posturi, sînt staționare.

Toate sursele de curent de sudare nu sînt destinate să lucreze cu curentul maxim indicat mai înainte; pentru regimul de lucru normal, curentul este cu mult mai redus și el este indicat pe plăcuțe indicatoare pentru sursa de curent. În STAS 2689-71 (pentru transformatoare de sudare) și în STAS 8143-74 (pentru generatoare și convertizoare rotative pentru sudarea cu arc electric) se caracterizează prin curentul de sudare nominal la o durată activă de funcționare DA 60%, pentru un elu de lucru cu o durată de 5 min. Regimul continuu cu durată activă DA 100%, care este în general dat pentru grupurile și transformatoarele de sudare, este regimul la care durata de funcționare la sarcina nominală poate fi continuă fără ca încălzirea să întrecă anumite tem-

peraturii care ar periclita buna funcționare a acestora. La descrierea aparatelor de sudare se vor indica curenții și tensiunile pentru durata activă DA 100%, care nu trebuie în nici un caz depășite. În cazul când este necesară folosirea de curenți intensi față de cei prevăzuți pentru un regim continuu, se va ține seama de regimurile de scurtă durată prevăzute pentru aparatul respectiv, astfel încît temperaturile părților componente să nu depășească anumite limite.

5.3.2. Convertizoare de sudare

Convertizorul de sudare este un aparat constituit dintr-un motor electric, alimentat de la rețeaua de curent de 220 sau 380 V, care antrenează un generator de curent continuu de sudare. Generatorul de curent de sudare poate fi însă antrenat și de un motor cu ardere internă. Unitățile formate dintr-un motor de antrenare și un generator de curent de sudare sînt numite în practică grupuri de sudare.

În țară, se fabrică în mod curent convertizoare de sudare. Deși întreprinderile au în funcțiune convertizoare GES-350 și GES-500, fabricate în trecut de Întreprinderea de motoare electrice București, în continuare vor fi descrise convertizoarele CS-350 și CS-500 fabricate de aceeași întreprindere. De asemenea, în țară se mai fabrică și convertizoare pentru curenți de sudare mai mici CS-125 și CS-315 (I.M.E.B.). În manual convertizoarele vor fi denumite grupuri de sudare.

Grupul de sudare CS cuprinde:

- motorul electric de antrenare a generatorului;
- generatorul de curent de sudare;
- tabloul de comandă;
- trenul cu roți pentru deplasare.

Grupul CS-350 se reprezintă în figura 5.9. Grupul convertizor este în construcție monobloc, cu generatorul și motorul montate într-o carcasă comună, iar la partea superioară este prevăzut cu tabloul de comandă cu aparatele de măsură și dispozitivele necesare pentru pornire,

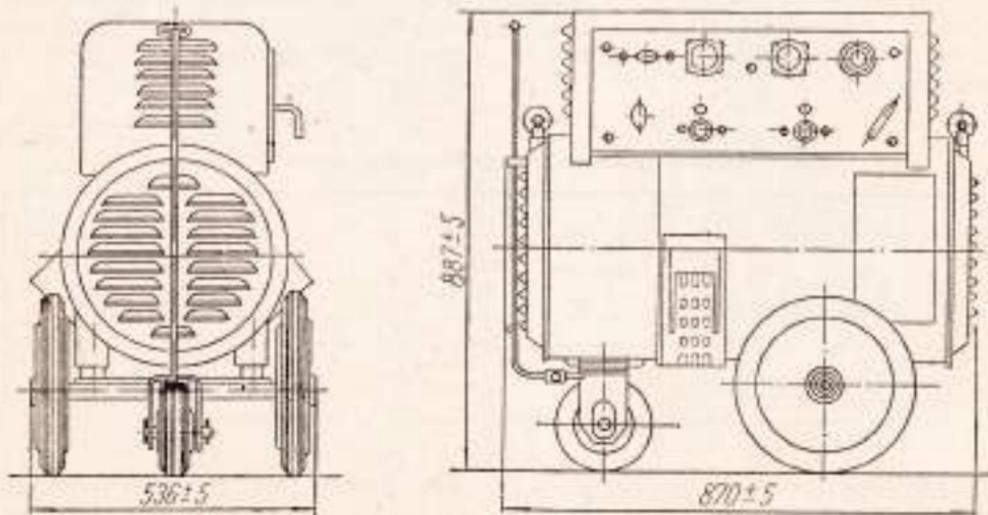


Fig. 5.9. Vedere de ansamblu și dimensiunile de gabarit ale grupului CS-350.

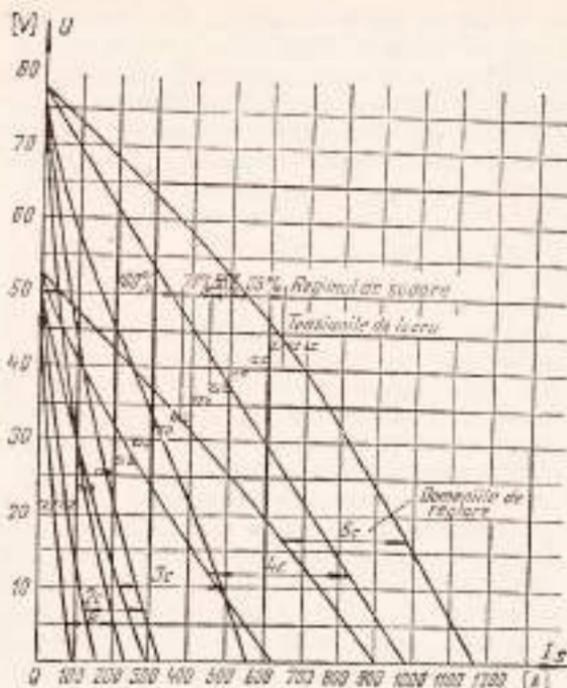


Fig. 5.10. Caracteristicile statice ale grupului CS-350, domeniile de reglare și tensiunile de lucru în cadrul celor patru domenii de reglare.

Pentru schimbarea polarității, în cazul cînd este necesar, pe tabloul de comandă este prevăzut un pachet tripolar, cu care inversează sensul curentului de excitație.

Curentul de sudare și tensiunea arcului se măsoară cu ampermetrul și voltmetrul de pe tabloul de comandă, prin apăsarea pe un buton. Caracteristicile tehnice ale generatorului grupului sînt date în tabelul 5.1.

TABELUL 5.1

Caracteristicile tehnice ale generatorului grupului CS-500

Durata activă, DA, în %	35	55	70	100
Curentul de sudare, în A	370	530	380	345
Tensiunea arcului, în V	34	32	30	28

Motorul de antrenare a grupului este un motor asincron trifazat de 14 kW și poate fi legat la tensiunile rețelelor de 220, 380, 440 sau 500 V. Masa totală a grupului este de 420 kg.

reglare și control în timpul funcționării. Tensiunea în gol a grupului este cuprinsă între 45 și 65 V. Domeniul de reglare este cuprins între 50 A la 22 V și 370 A la 34 V și este destinat sudării continue cu electrozi înveliți de 5 mm diametru, deoarece la DA 100% curentul este de 245 A. Are patru domenii de reglare a curentului de sudare: 50—130 A; 70—160 A; 100—200 A; 200—370 A.

În cadrul fiecărui domeniu de reglare, curentul poate fi reglat fin cu reostatul de excitație de pe tabloul de comandă.

În figura 5.10 se reprezintă caracteristicile statice ale grupului, pentru cele patru domenii de lucru ale arcului în cadrul fiecărui domeniu de reglare, care variază de la 21 V, pentru 40 A, pînă la 35 V, pentru 400 A.

Grupul CS-500 este destinat sudării prin mai multe procedee: cu electrozi înveliți, în mediu de CO_2 , sub flux etc., în care sens are caracteristici statice reglabile și poate funcționa cu caracteristici statice coboritoare și rigide orizontale sau urcătoare, în funcție de poziția crucii portperii. Caracteristicile tehnice ale generatorului pentru caracteristicile externe coboritoare, tensiunea de mers în gol variază între 55 și 80 V. Pentru caracteristicile coboritoare, tensiunea de mers în gol variază între 55 și 80 V. Pentru sudarea sub flux și în mediu de CO_2 , ținând seama de durata activă DA 100%, curentul maxim de sudare este de 370 A la tensiunea de 34 V. La funcționarea cu caracteristici statice rigide, tensiunea în gol poate fi reglată între 20 și 45 V. În figura 5.11 se reprezintă două vederi ale grupului CS-500, iar în figurile 5.12 și 5.13 caracteristicile statice coboritoare și cele rigide-orizontale și urcătoare, în funcție de poziția crucii portperii.

Caracteristicile tehnice ale generatorului grupului CS-500 pentru caracteristici externe coboritoare

TABELUL 5.2

Durata activă DA, în %	35	55	70	100
Curentul de sudare, în A	625	500	440	370
Tensiunea arcului, în V	44	38	36	34

Caracteristicile se schimbă cu un miner de calare de pe scut în partea colectorului, care fixează poziția crucii portperii (fig. 5.14); poziția între 0,8 și 1 a caracteristicilor coboritoare se folosește pentru sudarea cu electrozi înveliți, iar cea între 1 și 1,2 pentru sudarea sub flux, în care caz caracteristicile sînt mai aplatizate.

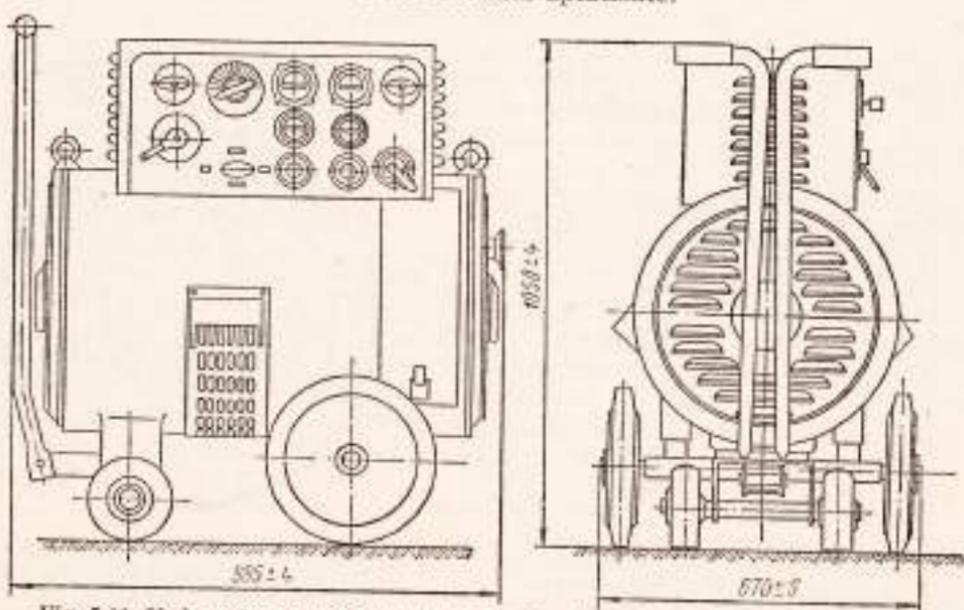


Fig. 5.11. Vedere de ansamblu și dimensiunile de gabarit ale grupului CS-500.

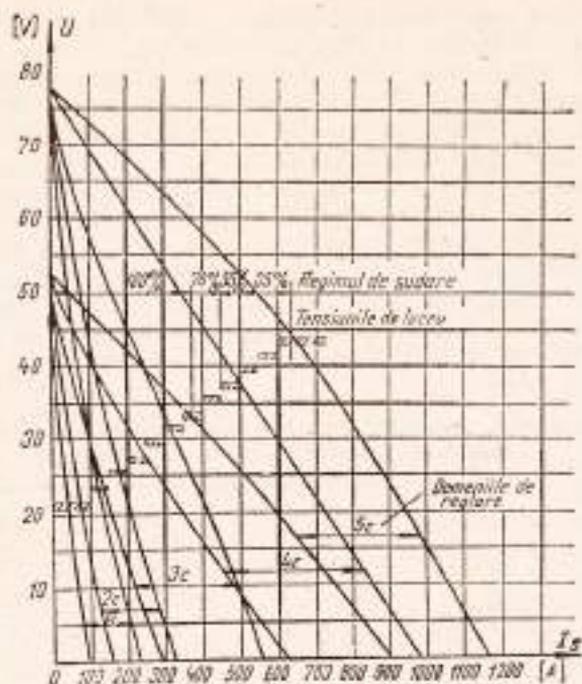


Fig. 5.12. Caracteristicile statice coboritoare ale generatorului grupului CS-500: domeniile de reglare și tensiunile de lucru în cadrul celor cinci domenii de reglare.

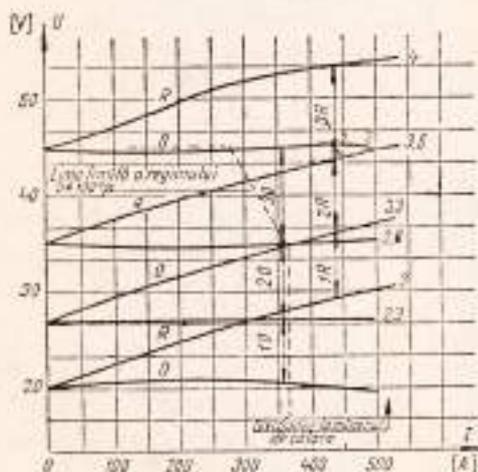


Fig. 5.13. Caracteristicile statice rigide, orizontale și urcătoare ale generatorului grupului CS-500 și limita regiunii cu DA 100%.

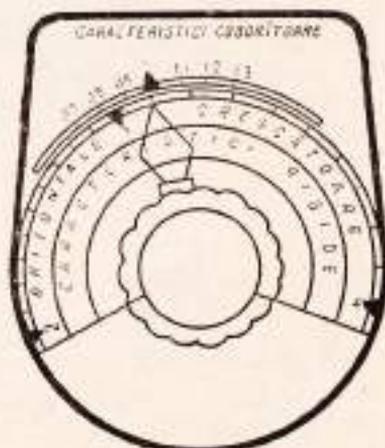


Fig. 5.14. Minerul de calare pentru reglarea caracteristicilor statice coboritoare și rigide ale generatorului grupului CS-500.

Placa de borne pentru curenți de sudare a generatorului este prevăzută cu patru borne:

— borna-electrod pentru legarea cablului de sudare a cleștelui port-electrod;

— borna 50—500 A pentru legarea cablului de sudare al clamei, pentru sudarea în primele patru domenii;

— borna 350—625 A pentru legarea cablului clamei pentru sudarea în domeniul al cincilea;

— borna caracteristicii rigide pentru legarea cablului clamei, pentru sudarea în mediu de CO_2 .

Pentru sudarea cu caracteristici rigide-urcătoare, minerul de calare se aduce în poziția cu diviziunile 2—3 pentru caracteristica orizontală (O) și cu diviziunile 3—4 pentru caracteristicile urcătoare (R) obținându-se domeniile de tensiune de 1 O; 2 O și 3 O, respectiv 1 R, 2 R și 3 R (v. fig. 5.13).

Tensiunile de mers în gol atit pentru caracteristicile orizontale (O), cit și pentru cele următoare (R), sînt aceleași în cele trei domenii, după cum urmează:

1 O și 1 R	20...27 V
2 O și 2 R	27...35 V
3 O și 3 R	35...45 V

La sudarea cu grupurile CS-350 și CS 500, folosind electrozi inveliți sau neinveliți, curentul maxim de sudare este mai mare decit curentul nominal, corespunzător unei durate de serviciu sub 60%.

Pe platoul de comandă mai sînt dispuse următoarele:

— un comutator stea-triunghi pentru pornirea și oprirea motorului de antrenare;

— placa cu borne pentru legarea grupului la rețeaua electrică;

— un comutator — parchet pentru inversarea curentului de excitație, cu ajutorul căruia se schimbă polaritatea;

— un voltmetru și un ampermetru cu un buton de control.

Exploatarea și întreținerea convertizoarelor de sudare. După instalarea pe locul de muncă, grupurile trebuie legate la pămînt prin bornele lor speciale. Grupurile se vor pune în funcțiune numai după ce personalul de serviciu și-a însușit manevrele necesare. Înainte de pornire, comutatorul stea-triunghi trebuie să fie în poziția zero, iar cablurile circuitului de sudare să fie legate la bornele plăcii generatorului.

La pornire cu comutatorul stea-triunghi se urmărește sensul de rotație, dacă este conform indicației de pe plăcuța fixată pe carcasa grupului. În cazul cînd sensul de rotație nu corespunde, se vor schimba între ele două faze.

Comutatorul domeniilor de curent trebuie să fie așezat pe poziția necesară înainte sau după pornirea grupului, iar curentul de sudare se reglează cu reostatul de excitație. Polaritatea electrodului se stabilește cu ajutorul butonului comutatorului. Este interzisă manevrarea comutatorului domeniilor de reglare în timpul sudării, dacă cablurile de sudare sînt sub curent.

Manevrarea reostatului pentru reglarea fină a curentului de sudare se poate face atit în gol, cit și în sarcină, iar a comutatorului pentru schimbarea polarității numai în gol.

Regimurile de sudare se vor alege astfel încît să nu fie depășite limitele prevăzute în cartea mașinii, ținîndu-se seamă de duratele ac-

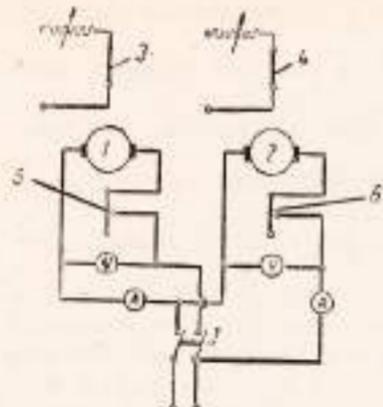


Fig. 5.15. Schema de conectare în paralel a două convertizoare CS-350:

1 și 2 — generatoare CS-350; 3 și 4 — excitațiile separate ale motoarelor; 3 și 6 — excitațiile serie antagoniste; V — voltmetru; A — ampermetru; J — întrerupătorul de punere în paralel a rețelei de sudare.

tive ale grupurilor. În cazul când sînt necesare intensități de curent mai mari față de cele prevăzute pentru DA 100%, timpii de sudare ai acestora se vor menține după cartea mașinii.

Legarea în paralel a convertizoarelor de sudare. În cazul sudării cu o durată activă prelungită, cu curenți mari (de peste 245 A) la grupul CS-350, și peste 370 A, la grupul CS-500) și nu se dispune de surse speciale, se recurge la legarea în paralele a două grupuri. Aceasta este absolut necesar în cazul sudării cu electrozi cu diametrul de peste 8 mm sau la sudarea semiautomată sau automată sub flux. Prin legarea în paralel a două grupuri CS-350 se obțin — pentru o durată activă, de 100% — curenți pînă la 490 A, iar la legarea în paralele a două grupuri CS-500, curenți pentru durata activă de 100; pînă la 740 A.

Se poate recurge și la legarea în paralel a două grupuri care nu sînt de același tip, însă, în acest caz, este necesar ca tensiunile în gol ale generatoarelor de sudare să fie egale, iar caracteristicile externe ale acestor grupuri să fi de aceeași formă, adică coborîtoare, orizontale etc. În figura 5.15 este reprezentată schema de legare în paralel a două grupuri CS-350, cu excitație separată și seria diferențială, cu bornele de aceeași polaritate cu curentul de sudare legate în paralel. Motoarele se pornesc individual cu întrerupătorul J deschis. După pornire, cu voltmetrele V se constată dacă tensiunile în gol ale generatoarelor sînt egale, după care se închide întrerupătorul J de punere a generatoarelor în paralele la rețeaua de sudare. La întrerupere, se scoate întii întrerupătorul J, după care se opresc motoarele convertizoarelor.

5.3.3. Redresoare de sudare

În ultimul timp în tehnica sudării au început să fie folosite redresoarele de sudare, adică aparate care transformă puterea electrică de curent alternativ în putere de curent continuu. Perfecționarea fabricării semiconductorilor a făcut ca aceste aparate să fie tot mai mult folosite la sudare, în special pentru procedee în mediu de gaz protector. Redresoarele au la bază principiul că un semiconductor fixat etanș cu o suprafață metalică permite ca curentul electric să treacă numai într-un sens, fiind blocat în sens invers. Pe o placă purtătoare (oțel sau aluminiu) se așază un strat de semiconductor, iar pe suprafața opusă a semiconductorului — o placă contraelectrod (aliaj de diferite metale). La introducerea unui curent alternativ, semiconductorul acționează ca un ventil electric, astfel încît numai o semiundă va trece în sens direct; în sens invers, semiconductorul practic nu lasă să treacă curent. Ca semiconductorii se folosesc seleniul, și în special, siliciul și germaniul, care au un randament mare (94—98%) și permit o încărcare bună cu pierderi mici, astfel încît necesită spații mai reduse.

Pentru redresarea curentului, semiconductoarele se montează în scheme de redresare, în general în punte trifazate. În figura 5.16 este dată schema unui redresor de sudare. Redresoarele pentru sudare se construiesc bruse coboritoare sau rigide, precum și universale cu ambele caracteristici; pot fi pentru unul sau mai multe posturi de sudare.

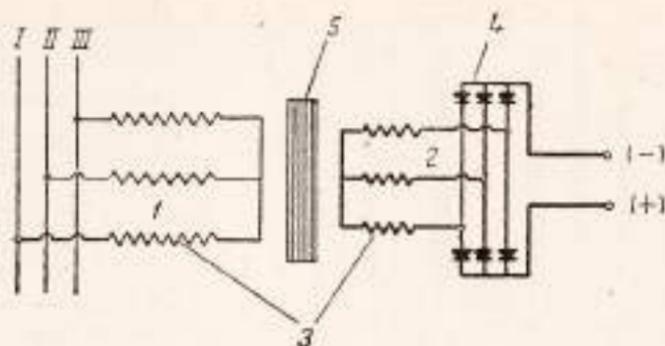


Fig. 5.16. Schema unui redresor de sudare:

1 — primar; 2 — secundar; 3 — transformator; 4 — redresor;
5 — pachet de dispersie; I, II, III — rețea de alimentare.

Redresorul ICET (Institutul de cercetări electrotehnice — București), realizat în țară cu ventile de siliciu, are caracteristici coboritoare; curentul nominal de sudare este de 350 A, cu tensiunea de 34 V la DA 60%/s. La valori ale curentului între 50 și 360 A, tensiunea poate varia între 22 și 34 V. Tensiunea în gol este 70 V. Dimensiunile de gabarit sînt de 100×530×800 mm, iar masa de 300 kg.

În prezent se fabrică în țară redresoarele RSA-315, RSA-500 și RSA-1 000 pentru cureni maximi de 355, 500 și 1 000 A, destinați sudării cu electrozi înveliți și sudării sub flux. Se mai fabrică și redresorul RSC-400 pentru curent maxim de 400 A, cu caracteristici rigide, pentru sudarea în mediu de CO₂.

5.3.4. Transformatoare de sudare

Sursele de curent alternativ pentru sudare sînt transformatoarele de sudare sau grupurile de generatoare de frecvență mărită, 150 Hz, 300 Hz etc., cu care față de frecvența de 50 Hz se obțin arce electrice mai stabile. Transformatoarele de sudare sînt aparate prevăzute în general să funcționeze cu caracteristici coboritoare, în acest scop au o inductanță care asigură decalajul între tensiune și curent, necesar menținerii sigure a arcului de sudare. La transformatoarele de puteri mari folosite pentru sudarea automată, caracteristica este mai aplatizată. Transformatoarele de sudare modifică parametrii puterii electrice de la o rețea electrică primară cu tensiunea de 220—500 V la tensiunea necesară sudării cu intensitate mare de curent; în general sînt monofazate, însă se execută și trifazate pentru alimentarea mai multor posturi de sudare sau pentru sudarea cu arc trifazat.

Decalajul mărit dintre tensiune și curent asigură, atunci cînd tensiunea trece prin zero, trecerea unui curent destul de mare, ceea ce face să se mențină stabil arcul electric de sudare. Aceasta necesită ca factorul de putere ($\cos \varphi$) să fie redus, de 0,4—0,5, ceea ce este defavorabil, deoarece sînt necesare secțiuni mari de cupru. Un alt inconvenient al transformatoarelor este și acela că încarcă nesimetric rețeaua primară, deoarece transformatoarele sînt legate la două faze. Avantajul lor constă

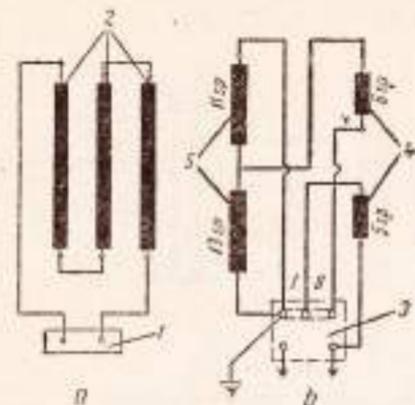


Fig. 5.17. Schema electrică a transformatorului de sudare TASM-300;

a — înfășurarea primară; b — înfășurarea secundară; 1 — legătura la rețea; 2 — spirele primare; 3 — legătura la cablul de sudare; 4 — înfășurarea secundară reactivă; I și II — trepte de reglare.

cate în țară de către Întreprinderea Electrotehnica București sînt prevăzute cu un miez mobil (șunt magnetic) în interiorul miezului transformatorului. Cu ajutorul acestuia se pot obține variații de curent de sudare în limite mari, cuprinse între 75 și 480 A. În figura 5.17 se prezintă schema electrică a transformatorului, care are următoarele caracteristici tehnice:

- curentul nominal, în A—300;
- durata activă DA, în %—60;
- tensiunea de lucru, în V—32;
- tensiunea nominală de alimentare, în V—220; 380; 500.

Curentul primar și cel secundar pentru cele trei variante de tensiune de alimentare sînt dați în tabelul 5.3.

TABELUL 5.3

Durata activă pentru diferiți curenți de sudare și curenții primari ai transformatorului TASM-300 la diferite tensiuni ale rețelei

DA, în %		30%	60%	100%
I_p , în A		420	300	220
I_s A	la 220V	125	89	64
	la 380 V	72	51	28
	la 500 V	55	39	31

Transformatorul are două trepte de reglare a curentului de sudare: treapta I cu 75—230 A și treapta a II-a cu 220—480 A.

Alte caracteristici ale transformatorului sînt:

— puterea aparentă, în kVA	19,5
— puterea activă consumată, în kW	11
— factorul de putere	0,54
— randamentul	0,86
— masa, în kg	circa 215
— gabaritul, în mm	845×635×805

În afară de transformatorul de mai sus, Întreprinderea Electrotehnică București fabrică și un transformator portabil de greutate redusă, (de numai 39 kg), tip TSAP-2, pentru sudarea cu electrozi subțiri, de 1,5—4 mm. Transformatorul este indicat lucrărilor pe șantier, lucrărilor de reparații, pentru ateliere mici, garage etc. Curentul se reglează în cinci trepte prin diferite racorduri la secundar, conform tabelului 5.4.

TABELUL 5.4

Curenții de sudare ai transformatorului TSAP-2

Treapta	1	2	3	4	5
Tensiunea de mers în gol, în V	66,5	63,5	60	59	59
Curentul de sudare, în A	40	65	110	135	150
Tensiunea convențională de sudare, în V	21,5	22,5	24	25,2	26

Caracteristicile transformatorului sînt:

— tensiunea primară nominală, în V	220
— curentul de mers în gol, în A	2,9
— pierderile în gol, în W	45
— curentul absorbit la sarcină maximă, în A	48
— durata activă DA (la sarcină maximă), în %	15
— masa, în kg	30

În prezent, se fabrică și transformatoare de sudare cu premagnetizare, la care reglarea se face în mod continuu, cu ajutorul unui reostat de telecomandă. Aceste transformatoare sînt lipsite de piese mobile și de întrefier reglabil. De asemenea, se execută și transformatoare destinate sudării pentru unul sau mai multe posturi de sudare, de puteri mijlocii și mari, pentru sudarea automată sub flux, sudare în baie de zgură etc. Caracteristicile acestor transformatoare vor fi descrise la tratarea procedeelor respective.

Exploatarea și întreținerea transformatoarelor de sudare. Înainte de punerea sub tensiune a transformatorului de sudare, este necesar ca borna de pămînt a transformatorului să fie legată la pămînt, conform schemei din figura 5.17. Această legătură se execută de către electri-

cieni. Tot înainte de punerea sub tensiune a transformatorului se verifică dacă poziția barețelor de pe placa cu borne pentru treptele respective de sudare sînt corect așezate și dacă legăturile cablurilor de sudare la masă și la cleștele portelectrod sînt corecte, în vederea evitării scurtcircuitelor. De asemenea, se verifică dacă și masa de sudare este legată la pămînt. Se verifică în prealabil dacă sudorul cunoaște modul de exploatare a transformatorului de sudare. Înainte de sudare, sudorul trebuie să fie echipat cu tot echipamentul necesar și să aibă la îndemînă toate ustensiile de lucru.

La punerea în funcțiune și la începerea operației de sudare, transformatorul trebuie să producă vibrații normale cu un zgomot înăbușit, caracteristic mersului normal. În cazul cînd se produc zumbete puternice cu vibrații mari ale aparatului, se rotește roata miezului mobil într-un sens sau în celălalt, pînă se stabilește zumbetul normal, adică înăbușit al transformatorului. Nu este permis transportul transformatorului de sudare sub tensiune, chiar și în cazul unor distanțe foarte mici. Este interzis ca sudorul să execute reparații la transformator sau să desfășoare activitatea; aceste lucrări se vor efectua numai de către electricieni.

Se recomandă ca transformatorul să nu fie lăsat sub tensiune chiar și în cazul unor întreruperi de durată scurtă, deoarece mersul în gol al transformatorului are o influență negativă asupra factorului de putere al rețelei.

La terminarea lucrului, transformatorul se scoate de sub tensiune.

Legarea în paralel a transformatoarelor de sudare. La fel ca la grupurile pentru sudare cu curent continuu, și la sudarea cu curent alternativ se poate obține un curent de sudare mărit, prin legarea în paralel a transformatoarelor. Pentru aceasta, este necesar să fie îndeplinite următoarele condiții:

- să aibă tensiunile primare nominale egale, iar tensiunile secundare la mersul în gol să fie și ele egale;
- tensiunile de scurtcircuit să fie egale între ele;
- bornele omoloage să fie conectate în paralel (la transformatoarele monofazate).

În figura 5.18 este reprezentată schema de conectare în paralel a două transformatoare de același tip (notate TS1 și TS2), care se leagă la aceleași faze ale rețelei primare. Bornele a ale secundarului se leagă laolaltă; înainte de închiderea întreruptorului I_n se controlează tensiunea între bornele b cu un voltmetru. Tensiunea de sudare este U_s , iar curentul de sudare I_p . În circuitul fiecărui transformator este introdusă cîte o bobină de reacțanță (L_1 și L_2) ceea ce permite rîglarea curentului fiecărui transformator în parte.

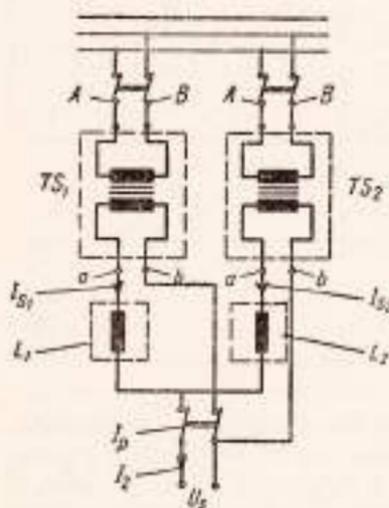


Fig. 5.18. Schema de conectare în paralel a două transformatoare de sudare notate cu TS1 și TS2;

I — curentul în secundar al transformatorului TS1; i — curentul în secundar al transformatorului TS2; I_p — întreruptor al circuitului de sudare; L_1 și L_2 — bobine de reacțanță; A și B — bornele primarului; a și b — bornele secundarului.

5.3.5. Sudarea cu frecvență mărită

Deoarece stabilitatea arcului de sudare în curent alternativ cu transformator cu frecvență de 50 Hz este dificilă, din cauza schimbării polarității și a dezionizării intervalului arcului menținerea acestuia poate fi îmbunătățită prin mărirea frecvenței, în care caz și tensiunea de amorțare a arcului poate fi micșorată. La frecvențe începând cu 150 Hz, ameliorarea este sensibilă, astfel încât în prezent se construiesc generatoare sincrone monofazate cu această frecvență, antrenate de motoare asincrone alimentate la tensiuni de 220 sau 380 V. Generatoarele se construiesc pentru curenți de sudare de 120—450 A (la DA 60%), cu frecvențe de 150, 300 și 450 Hz. Aceste grupuri sînt mult mai scumpe decît transformatoarele și, cum în prezent se fabrică electrozi înveliți corespunzătorii sudării cu transformatoare, aceste surse de energie pentru sudare sînt folosite pe scară redusă; în comparație cu convertizoarele de curent continuu, grupurile cu frecvențe mărite sînt inferioare.

5.3.6. Alegerea sursei de curent de sudare

La sudarea manuală, alegerea sursei de curent de sudare se face ținîndu-se seamă de calitatea materialelor ce urmează a fi sudate, care determină calitatea electrozilor necesari. La sudarea cu diferite tipuri de electrozi pentru oțeluri cu conținut mărit de carbon și pentru oțeluri aliate, trebuie folosiți necondiționat electrozi cu înveliș bazic, la care se întrebunțează numai curent continuu, adică grupuri de sudare (respectiv convertizoare) sau redresoare de sudare. De asemenea, sursele de curent continuu pot fi folosite și la sudarea cu electrozi neînveliți sau cu înveliș subțire, precum și la sudarea cu electrozi cu inimă, deoarece menținerea arcelor de sudare cu curent continuu este mult mai stabilă. Pentru sudarea electrică la cald a fontei, la care se folosesc bare de fontă, de asemenea, sînt necesare, surse de curent continuu.

În cazul sudării oțelurilor cu conținut redus de carbon, care permit folosirea electrozilor cu înveliș acid sau titanic, sursele de curent alternativ sînt mai corespunzătoare, deoarece și ele prezintă avantaje, după cum urmează:

— costul unui transformator este cu mult mai redus decît al unui convertizor, fiind de 20...25% din costul unui grup;

— consumul de energie în cazul folosirii transformatoarelor este pînă la 4 kWh pentru 1 kg de metal depus, în timp ce la convertizoare este de peste 6 kWh; randamentul transformatoarelor este de circa două ori mai mare față de cel al convertizoarelor, adică de 0,8 față de 0,4;

— la mersul în gol, puterea este de 0,5 kW față de 2...3 kW la convertizoare;

— transformatoarele de sudare prezintă și avantajul că au o întreținere foarte ușoară, neavînd organe în mișcare.

În comparație cu convertizoarele de sudare, transformatoarele de sudare prezintă și unele dezavantaje, cum sînt:

— nu pot fi folosiți la sudare electrozii cu înveliș bazic și electrozii neînveliți;

— au un factor de putere foarte mic, de circa 0,5 în sarcină și numai 0,2 în gol, ceea ce prezintă un dezavantaj mare atît pentru rețea, cît

și pentru faptul că trebuie folosite secțiuni mari ale conductoarelor atât în primar, cât și în secundar; în cazul când sînt mai multe transformatoare, sînt necesare și instalații de compensare a factorului de putere;

— primarul transformatorului fiind legat numai la două faze, se produce și o dezechilibrare a rețelei trifazate, ceea ce provoacă dezechilibrări ale rețelelor.

Alegerea mărimii surselor de sudare se face și în funcție de grosimea materialului, care determină grosimea materialului de adaos folosit, adică a curentului necesar.

Alegerea surselor de curent pentru procedeele de sudare în mediu de gaz inert, cu electrod nefuzibil de wolfram, și pentru procedeele de sudare cu sirme-electrozi subțiri în mediu de gaz activ și inert, destinate sudării unor metale sau aliaje speciale, este mai dificilă, sursele de curent fiind de o construcție specială. Pentru sudarea în mediu de gaz protector, în prezent se construiesc surse de curent cu pulsații la care curentul variază periodic în timp, avînd cîteva frecvențe de pulsații pe secundă, ceea ce permite o mai bună menținere a arcului și o topire uniformă a sirmei electrod. Cu ajutorul acestor surse pot fi obținute curgeri mai line ale metalului de adaos la sudarea diferitelor metale sau aliaje.

5.3.7. Cabluri pentru sudarea electrică

Pentru conducerea curentului la portelectrod și la clema de contact a piesei de lucru se folosesc cablurile flexibile de sudare din CuE, de construcție multilaterală din sirme foarte subțiri (0,20 mm), acoperite cu o înfășurare din fire de bumbac și izolație de cauciuc, peste care se aplică o pînză cauciucată și o îmbrăcăminte cu manta de cauciuc conform STAS 1020/1 și /2-77. Caracteristicile cablurilor sînt date în tabelul 5.5.

Cablurile se livrează în colaci în lungimi de 50—100 m, sau multiplu de 50 m. Pentru sudarea cu electrozi pînă la 3,25 mm diametru se folosesc cabluri cu secțiunea nominală de 25 mm²; pentru sudarea cu electrozi pînă la 4 mm diametru, cabluri de 35 mm², iar pentru electrozi pînă la 5 mm, cabluri de 50 mm²; lungimea cablului nu trebuie să treacă de 5 m. Pentru lungimi mai mari se vor lua secțiuni mai mari, standardizate.

TABELUL 5.5

Caracteristicile cablurilor pentru sudarea electrică

Secțiunea nominală [mm ²]	Diametrul exterior [mm]	Numărul de fire	Diametrul nominal al firelor [mm]	Rezistența maximă la 20°C [Ω/100 m]	Masa linară [kg/m]	Curentul admisibil [A]
16	9...11	513	0,20	116	0,37	120
25	11...13	783		75,0	0,445	140
35	12...14	1107		53,6	0,602	165
50	14...17	1566		37,9	0,810	200
70	16...19	2214		26,8	1,05	250
95	18...22	3097		19,8	1,38	250

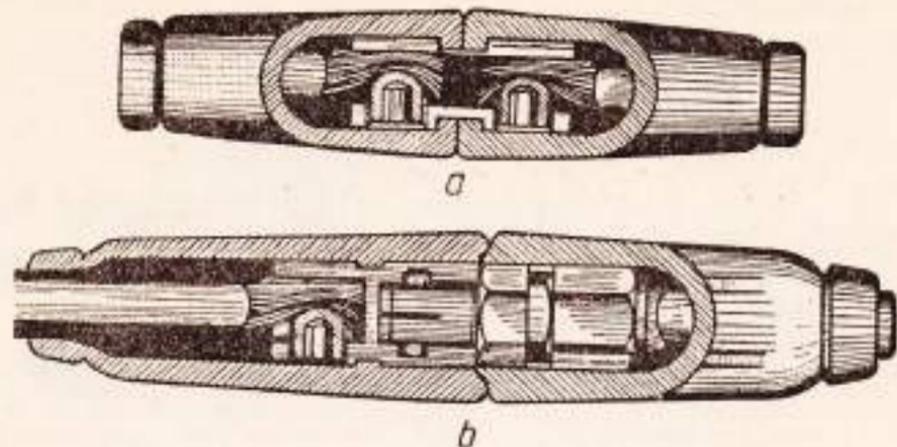


Fig. 5.19. Racorduri pentru cabluri de sudare:
a — racord fix; b — racord demontabil.

În tabelul 5.5 curenții de sudare admisibili pentru secțiunile date sînt pentru lungimi de cablu de 5 m. De îndată ce lungimea este mai mare de 5 m, se va trece la secțiunea imediat superioară, spre a nu avea căderi mari de tensiune, ceea ce duce la încălzirea prea mare a cablului. Temperatura cablului după un timp de sudare de 2 h nu trebuie să depășească 35°C , ceea ce se poate constata ușor cu mîna. În afară de secțiunile date în tabelul 5.5 se mai fabrică și cabluri cu secțiunea de 120 și 150 mm^2 .

Legăturile dintre cabluri se execută cu *racorduri fixe sau demontabile*, special destinate, cu ajutorul cărora se obțin contacte bune, complet izolate. În figura 5.19 se prezintă două racorduri pentru prelungirea cablurilor, fix și demontabil; pozarea racordului demontabil se face prin rotire în jurul axei, contactul racordului asigurîndu-se cu o canelură și un con de stringere. Pentru legarea la clește și clema de contact la masă, cablurile se vor cositori. Contactele acestora se realizează cu șuruburi de presiune.

5.3.8. Accesorii, scule și dispozitive

În afară de utilajele de energie necesare generării curentului de sudare, pe locul de muncă al sudorului mai sînt necesare o serie de accesorii, scule, ustensile, dispozitive și materiale de protecție, astfel încît procesul de sudare să decurgă în cele mai bune condiții.

Cleștele portelectrod servește la conducerea electrodului prins în el în timpul sudării de-a lungul rostului de sudat. Pentru a feri sudorul de electrocutare sau de producerea de scurtcircuite, chiar dacă electrodul este lăsat din greșeală pe masa de lucru, el trebuie să fie complet izolat. Contactul dintre partea metalică a cleștelui și electrodul prins în clește trebuie să fie complet asigurat; pentru manipulare ușoară, el trebuie să fie cât mai ușor posibil.

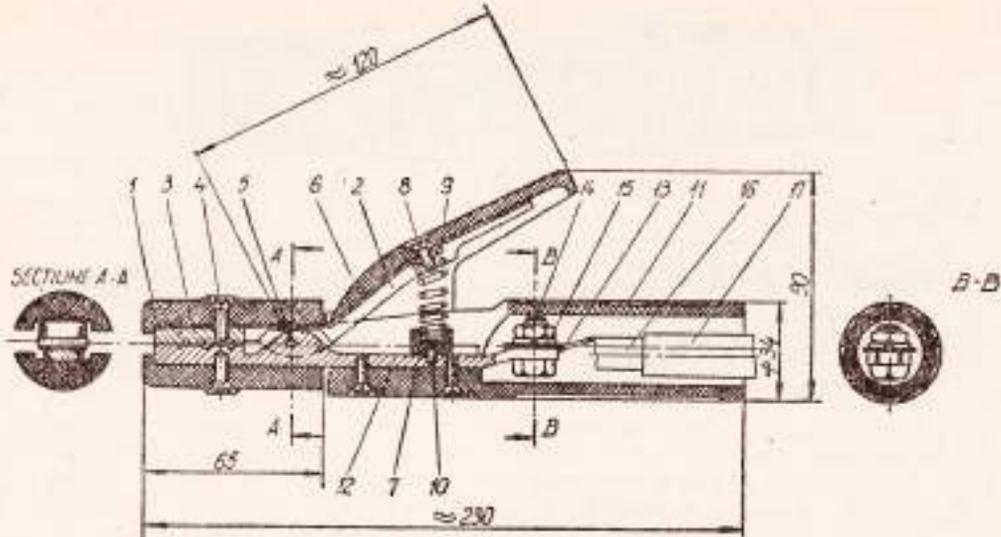


Fig. 5.20. Portelectrod complet izolat, tip II, varianta A:

1 — două plăci izolatoare din bachelită în partea de prindere a electrozului; 2 — suport de bază superior din tablă de oțel; 3 — bază superioră din fontă Fc25; 4 — patru șuruburi M6×16; 5 — ax din oțel; 6 — mîner din bachelită textilă; 7 — bușă izolantă din bachelită textilă; 8 — șurub M6×10; 9 — arc; 10 — stift filetat cu vîrf plat; 11 — mîner portelectrod izolat din bachelită textilă; 12 — bază inferioară din bronz; 13 — șurub cu cap hexagonal M8×14; 14 — piuliță M8; 15 — inel de siguranță; 16 — papuc; 17 — cablu de sudare.

În figura 5.20 se prezintă un portelectrod complet izolat, tip II, varianta A, pentru curenți pînă la 400 A, cu masa de circa 0,4 kg și la care conectarea cablului se face prin intermediul unui papuc. Pentru sudarea tablelor subțiri cu electrozi pînă la 2,5 mm sînt indicați clești pînă la 200 g masă și cabluri de 16 mm².

Clema de contact servește la conducerea curentului de la sursa de curent la masa sau la piesa de lucru. Ea trebuie să asigure un contact bun cu piesa sau cu masa de care se prinde cu un șurub de presiune rotit cu brațul clemei. În figura 5.21 este reprezentată o clemă pentru prinderea de piese pînă la 50 mm grosime și pentru curenți pînă la 400 A.

Ustensilele necesare sudurii sînt:

— ciocanul de sudor pentru curățirea zgurii cu un capăt în formă de vîrf de piramidă sau de con, iar cu celălalt capăt în formă de daltă (fig. 5.22, b);

— ciocanul cu cap rotund pentru baterea sudurii;

— ciocan obișnuit și o daltă pentru îndepărtarea stropilor de metal;

— perie din sîrmă de oțel pentru curățirea zgurii și a ruginii din rosturi sau de pe marginile de sudat (fig. 5.22, a).

Pentru curățirea stropilor din jurul sudurii este indicat ca în locul ciocanului și al dălții să fie folosite ciocane pneumatice.

Deoarece în timpul operației de sudare arcul electric degajă o lumină orbitoare împreună cu radiații ultraviolete și infraroșii, cu efect foarte vătămător asupra ochilor și pielii, și se produc stropiri violente care pot să producă arsuri sau să aprindă hainele sudurului este necesar ca acesta să fie echipat cu materiale de protecție corespunzătoare.

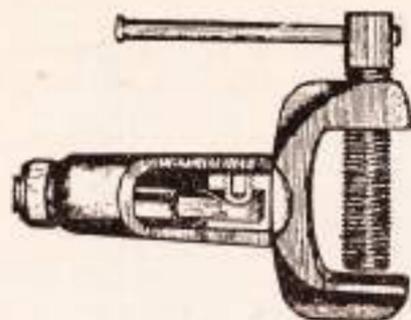


Fig. 5.21. Clema de contact la masă pentru grosimi de perete pînă la 50 mm și curenți pînă la 400 A.

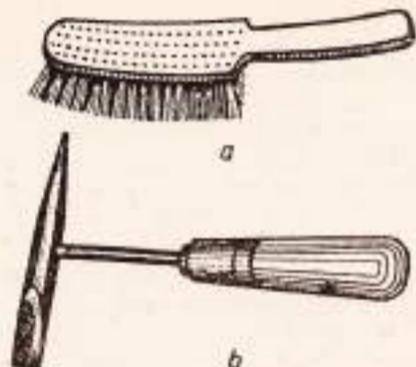


Fig. 5.22. Cloacan și perie pentru sudori:
a — perie; b — cloacan.

Masca și ecranul de mină folosesc pentru protecția ochilor, a feței și a gîtului. Masca are o parte care protejează și un suport (portmască) pentru fixarea ei pe cap, reglabil ca talie și înălțime. Ecranul de mină are un mâner în partea de jos, cu care sudorul ține ecranul. Masca și ecranul sînt prevăzute cu o fereastră pentru filtru din sticlă albă în scopul protejării acestuia și care permite sudorului să observe arcu și totodată îl protejează contra radiațiilor (fig. 5.23).

Corpurile — al măștii și a ecranului — sînt din fibră vulcanizată, din material plastic armat sau alte materiale rezistente la căldura degajată de flama arcului și opace la radiații. Masa măștii nu trebuie să depășească 600 g, iar a ecranului 650 g. Filtrele pentru măști (STAS 2862-67) sînt din sticlă colorată verde-închis.

Pentru sudarea electrică se folosesc numerele:

- 5 pentru sudarea cu electrozi cu diametrul de 3,25 mm și la lucrări de poziție;
- 6 pentru sudarea cu electrozi de diametru de 3,25—5 mm la lucrări efectuate în locuri deschise și în aer liber (la lucrări de montaj);
- 7 pentru sudarea cu electrozi peste 3,25 mm diametru în locuri închise (hale, boxe).

În timpul operației de sudare, mai este necesar ca sudorul să poarte:

- mănuși, care pot fi cu 5, 2 sau cu un deget, în două mărimi, cu sau fără manșetă;
- șorturi, care pot fi cu pieptar, cu umerar și șort scurt în două mărimi;
- ghetre sau jambiere tip A, în două mărimi.

Aceste materiale de protecție sînt din piele și oferă sudorului, în afara de protecția împotriva radiațiilor, stropilor, electrocutării, sau arsurilor, și protecție contra rănilor provocate de obiecte tăioase.

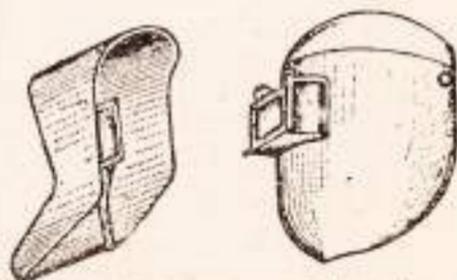


Fig. 5.23. Ecran și mască de sudor.

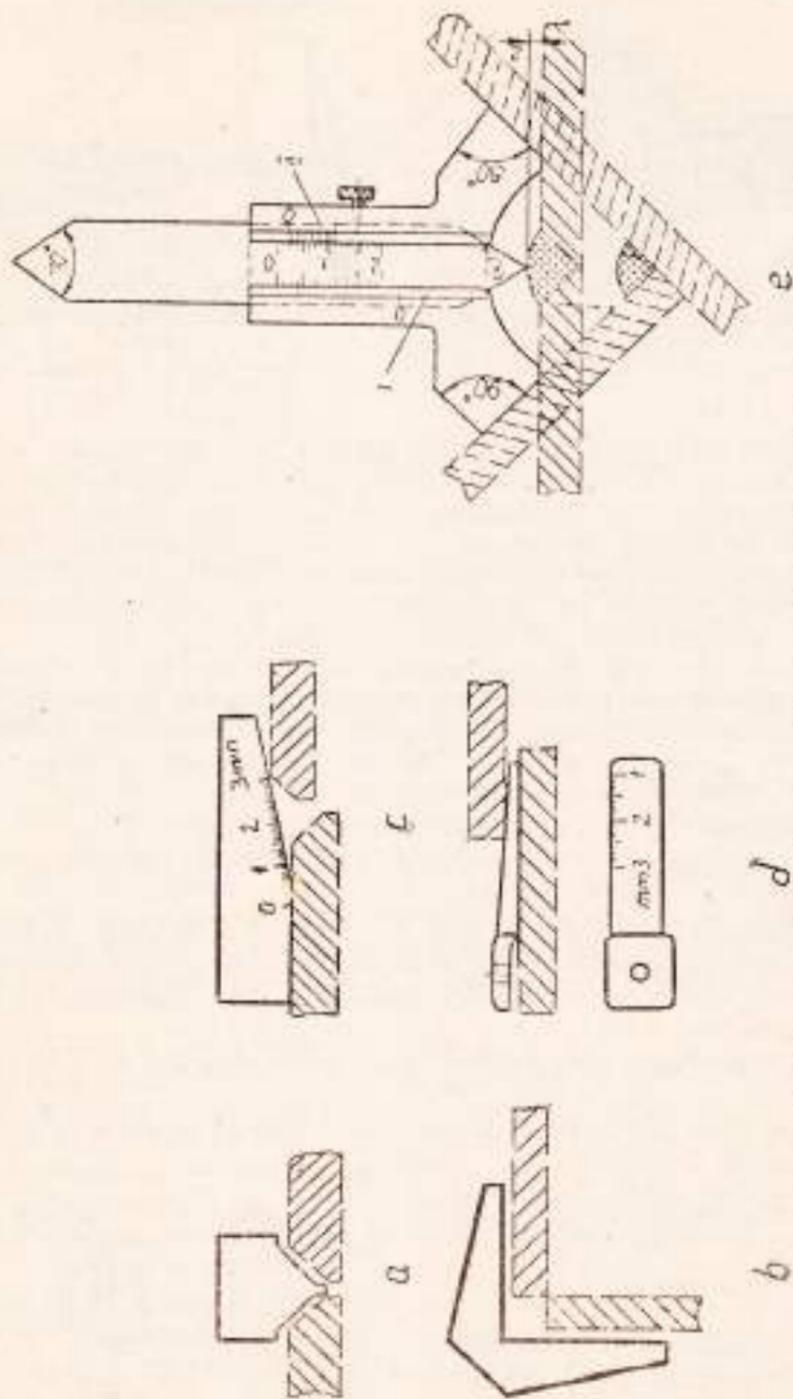


Fig. 5.24. Șabloane și calibre pentru controlul dimensiunii rosturilor și al sudurilor:

a — șablon pentru controlul unghiului de prefurcare a rostului și a grosimii netezite la rădăcină; b — șablon pentru controlul perpendicularității tablălor; c — șablon pentru controlul adâncimii rădăcinii; d — calibrul pentru interstițiul dintre două table suprapuse; e — șablon universal.

Pentru controlul rostului, al prelucrării corecte a marginilor, al denivelărilor pieselor, al marginilor dintre ele etc., ca și al dimensiunilor sudurilor executate, este necesar ca locul de muncă al sudorului să fie dotat cu o serie de șabloane și calibre de măsurare. În figura 5.24 se prezintă măsurările în vederea controlului pregătirii înainte de sudare cu ajutorul unor șabloane: a unghiului de prelucrare și a grosimii neteșite la rădăcina rostului cu un șablon în Y (fig. 5.24, a); a perpendicularității tablelor la sudarea de colț interior sau exterior (fig. 5.24, b); a denivelării marginilor pentru sudarea cap la cap în I, în V sau în Y dacă nu întrec abaterea permisă (fig. 5.24, c); a interstițiului dintre două table suprapuse pentru sudarea pe colț (în L) sau pentru electronituire (fig. 5.24, d). Pentru măsurarea grosimii sudurii de colț sau a îngroșării sudurilor cap la cap se folosește șablonul universal (fig. 5.24, e). Rigla cursorului are o gradație de la 0 la 20 mm, cu care pot fi măsurate grosimile sudurilor de colț cu gradațiile la partea superioară a cursorului (I); pentru mărimea îngroșărilor sudurilor cap la cap, măsurarea se face cu ajutorul gradațiilor, la partea inferioară (II). Șablerul mai are și patru clocuri, de 60, 70, 80 și 90°, pentru măsurarea teșiturilor unghiurilor de prelucrare a rosturilor în V, Y, X etc.

5.3.3 Locul de muncă al sudorului

Locul de muncă al sudorului poate fi fix (într-o cabină de atelier), mobil (pe fluxul de montaj, într-o hală) sau în exterior (la lucrări pe șantier). Pe locurile fixe, în cabine, se execută, în general, piese și ansambluri de serie, de dimensiuni reduse; cabinele au o suprafață maximă de $2,5 \times 3,5$ m², sînt neacoperite și delimitate cu panouri de înălțime maximă de 2,2 m, cu partea inferioară descoperită, astfel încît circulația aerului să nu fie împiedicată. În atelierele prevăzute cu instalații de exhaustare a fumului deasupra mesei sudorului sînt prevăzute hote de captare a fumului și a gazelor nocive produse, care sînt evacuate printr-un tub central în afara atelierului. De asemenea, se execută și construcții de mese de sudare, la care gazele și fumul se captează cu ajutorul unei guri de aspirație laterală sau dispusă sub grătarul mesei de lucru. În figura 5.25 este reprezentată o masă de lucru cu captarea fumului și a gazelor produse la sudarea pieselor în cabină. În hale, unde locurile sudurilor sînt mobile, se prevăd hote de aspirație cu

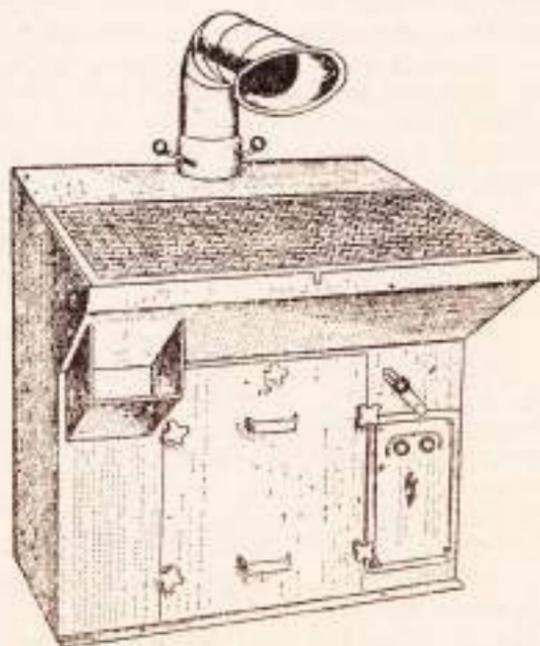


Fig. 5.25. Masa de lucru a sudorului cu exhaustor de captare a fumului și a gazelor.