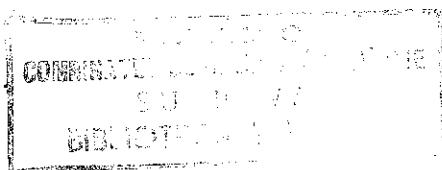


Prof. dr. docent ing. VLADIMIR POPOVICI ;
prof. dr. ing. SEVER ȘONTEA ; dr. ing. NICOLAE POPA ;
conf. dr. ing. CONSTANTIN ȘARLĂU ;
șef lucrări ing. LIVIU MILOŞ ; asist. ing. ȘERBAN NANU

GHIDUL LUCRĂRILOR DE SUDARE, TĂIERE, LIPIRE

Coordonarea lucrării : prof. dr. docent ing. VLADIMIR POPOVICI

1984



Scrisul românesc, Craiova
1984

1. Probleme generale

1.1. SUDAREA. PRINCIPII FUNDAMENTALE

Sudarea este o metodă de îmbinare nedemontabilă a două corpuri solide, prin stabilirea, în anumite condiții de temperatură și presiune, a unor forțe de legătură între atomii marginali, apartinând celor două corpuri de îmbinat.

În anul 1882, inventatorul rus N. Bernados a realizat, pentru prima oară, în condiții de laborator, o îmbinare sudată prin topire, folosind pentru aceasta căldura degajată la formarea unui arc electric între un electrod de cărbune și piesa de oțel. Continuând cercetările, inginerul rus N. G. Slavianov aducea la scară industrială, spre sfârșitul secolului XX, procedeul sudării metalelor cu electrod metalic fuzibil. Propunând, în anul 1907, protejarea băii de sudare prin învelirea electrozilor metalici, suedețul Kjellberg a creat posibilitatea dezvoltării rapide a procedeului de ardere cu arc electric.

Etape marcante în dezvoltarea sudării, ca procedeu de prelucrare a metalelor, au avut-o:

- descoperirea și elaborarea procedeului de sudare sub strat de flux, de către un colectiv condus de academicianul sovietic E. O. Paton, între anii 1930–1935.

- ideea folosirii gazelor pentru protejarea băii de sudare (în S.U.A.), procedeu folosit din anul 1935. Folosirea binoxidului de carbon ca gaz de protecție s-a aplicat pentru prima dată în U.R.S.S. între anii 1950–1952.

- elaborarea procedeului de sudare în baie de zgură topită, descoprit și perfecționat între anii 1950–1955 la institutul E. O. Paton din Kiev.

Dezvoltarea în timp a sudării a fost determinată, în primul rînd, de corințele industriei, în special a celei construcțoare de mașini, în vederea aplicării și perfecționării unor procedee de mare productivitate.

Sudarea a devenit un procedeu tehnologic cu aplicații largi în aproape toate ramurile industriei. Astfel, s-a ajuns ca cca 28% din producția mondială de oțel să fie folosită astăzi la realizarea diferitelor structuri sudate. Se preconizează că pînă la sfîrșitul secolului al XX-lea acest coeficient să ajungă la 45% (din 1 200 milioane tone oțel, conform prognozelor pentru anul 2000).

Avinđ în vedere complexitatea problemelor ridicate de tehnica sudării, pe plan mondial a luat ființă Institutul Internațional de Sudură (IIS), la care țara noastră participă ca membru activ din anul 1958.

În R. S. România sudarea a parcurs în ultimele două decenii un drum puternic ascendent, adoptând și aplicând în permanentă metode și tehnologii moderne de sudare, în paralel cu o puternică dezvoltare a cadrelor tehnice de specialitate.

Sudarea poate fi aplicată în prezent asupra unui mare număr de materiale folosite în tehnica, oțelului carbon, oțeluri slab sau înalt aliate, fonte, metale și aliaje neferoase, mase plastice, sticlă etc.

Față de alte procedee tehnologice, sudarea se caracterizează prin: posibilitatea realizării unor construcții cu forme raționale, complexe și mult mai variate în comparație cu turnarea sau forjarea; folosirea mai rațională a materialului; mecanizarea și automatizarea mai completă a operațiilor tehnologice; reducerea substanțială a timpilor tehnologici; îmbunătățirea și ușurarea condițiilor de lucru etc.

Principalele avantaje tehnico-economice ale utilizării sudării, față de alte procedee tehnologice, ca turnarea, forjarea, nituirea, sunt:

- economie însemnată de material. Se obțin construcții mai ușoare și de formă construcțivă mai simplă. Se pot utiliza laminate cu rezistență superioară, adaosurile tehnologice și cele de prelucrare sunt mai mici cu 70...90%;

- economic de manoperă (30...75% față de turnare) și îmbunătățirea condițiilor de lucru;
- folosirea unor utilaje mai simple, ieftine și ușor de întreținut;
- sporirea rezistenței elementelor sudate prin posibilitatea repartizării mai uniforme a eforturilor în îmbinări;
- asigurarea unor construcții care, pe lângă condiții de rezistență, satisfac și condiția de etanșeitate (rezervoare, construcții navale etc.);
- permite realizarea de construcții mixte sau combinate, formate din mai multe părți executate separat, din materiale diferite, prin metode de prelucrare diferite și asamblate apoi prin sudare.

Aplicarea sudării însă, în construcția de utilaje, instalații, construcții metalice impune, printre altele, o deosebită atenție în ceea ce privește dimensiunea, alegerea materialelor, atât a materialului de bază, cât și a materialului de adăos, stabilirea corectă și verificarea tehnologii de sudare, omologarea acestora, controlul nedistructiv al îmbinărilor sudate, calificarea și specializarea continuă a personalului de execuție etc. Neglijarea acestor factori poate avea consecințe negative în exploatarea elementelor sudate, realizarea unor îmbinări necorespunzătoare, atât din punct de vedere constructiv, cât și al realizării practice a acestora, făcând posibilă chiar avarierea elementelor respective, în unele cazuri — avarii cu urmări dintre cele mai grave.

Totalitatea operațiilor tehnologice folosite la un anumit fel de sudare numim *procedeu de sudare*. Până nu demult, nu a existat o clasificare sistematică, una în accepțată a tuturor procedeelor de sudare. Drept criterii pentru clasificarea procedeelor s-au ales, de exemplu, natura energiei utilizate, temperatura la care se realizează îmbinarea, forma cusăturii, natura materialului de adăos etc. Clasificarea procedeelor de sudare, la noi în țară, conform STAS 8325-77, este realizată după felul energiei utilizate pentru realizarea apropierii coercitive a pieselor de îmbinat. Acest standard corespunde cu standardul internațional I.S.O. 4063 - 1977. Clasificarea procedeelor de sudare este reprezentată, schematic, în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1

Procedee de sudare

I. Sudarea cu arc electric	
1. Sudarea cu arc electric, cu electrod fuzibil fără protecție gazoasă	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea cu arc electric cu electrod învelit — Sudarea gravitațională cu electrod învelit — Sudarea cu arc electric cu electrod neînvelit — Sudarea cu arc electric cu sîrmă tubulară — Sudarea cu arc electric cu sîrmă învelită
2. Sudarea cu arc electric acoperit ; Sudarea sub strat de flux ; Sudare sub flux	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea cu arc electric cu electrod culcat — Sudarea sub strat de flux cu sîrmă — Sudarea sub strat de flux cu electrod bandă
3. Sudarea cu arc electric în mediu de gaz protector cu electrod fuzibil	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea cu arc electric în mediu de gaz inert cu electrod fuzibil ; Sudarea M.I.G. — Sudarea cu arc electric în mediu de gaz activ cu electrod fuzibil ; Sudarea M.A.G. — Sudarea M.A.G. cu sîrmă plină — Sudarea M.A.G. cu sîrmă tubulară
4. Sudarea cu arc electric în mediu de gaz protector cu electrod nefuzibili	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea cu arc electric în mediu de gaz inert cu electrod de wolfram. Sudarea W.I.G. — Sudarea T.I.G. — Sudarea cu hidrogen atomic Sudarea arc-atom
5. Sudarea cu plasmă	
6. Alte procedee de sudare cu arc electric	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea cu arc electric cu electrod de cărbune — Sudarea cu arc electric rotitor
II. Sudarea electrică prin presiune	
1. Sudarea în puncte	
2. Sudarea în relief	

Tabelul 1.1 (continuare)

II. Sudarea electrică prin presiune	
3. Sudarea în linie	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea în linie prin suprapunere -- Sudarea în linie cu bandă -- Sudarea în linie cu sârmă electrod
4. Sudarea cap la cap prin topire intermediară	
5. Sudarea cap la cap în stare solidă	
6. Alte procedee de sudare electrică prin presiune	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea prin rezistență cu curent de față frecvență
III. Sudarea cu gaze	
1. Sudarea oxigaz	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea oxiacetilenică — Sudarea oxipropanică (oximetanică, oxibutanică) -- Sudarea oxihidrică
2. Sudarea aerogaz	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea aeroacetilenică — Sudarea acropapanică
IV. Sudarea în stare solidă	
1. Sudarea cu ultrasunete	
2. Sudarea prin frecare	
3. Sudarea prin forjare	
4. Sudarea cu energie mecanică mare	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea prin explozie
5. Sudarea prin difuzie	
6. Sudarea cu gaze prin presiune	
7. Sudarea la rece	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea prin deformare plastică la rece
V. Alte procedee de sudare	
1. Sudarea aluminotermică	
2. Sudare cu termit	<ul style="list-style-type: none"> — Sudare cu termit prin presiune — Sudare cu termit prin topire
3. Sudare electrică în baie de zgură	
4. Sudare electro-gaz	
5. Sudare prin inducție	
6. Sudare cu radiații luminoase	<ul style="list-style-type: none"> — Sudare cu laser -- Sudare cu fascicul de lumină -- Sudare cu radiații infraroșii
7. Sudare cu fascicul de electroni	
8. Sudare prin percuție	
9. Sudare bolțurilor	<ul style="list-style-type: none"> — Sudarea cu arc electric a bolțurilor — Sudarea prin rezistență a bolțurilor

2. Sudarea prin topire

2.1. SUDAREA CU FLACĂRĂ DE GAZE

Sudarea cu flacără de gaze face parte din categoria procedurilor de sudare ce utilizează energia termo-chimică. Sursa de energie termică folosită pentru a încălzi local piesele la temperatură de topire o formează flacără de gaze.

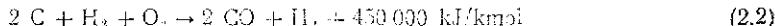
Cu flacără de gaze se pot sudă oteluri nealiate și aliate, fonta cenușie, metalele neferoase și aliajele lor (Al, Cu, Zn, Ni, Mg, Am, Bz etc.) precum și metalele prețioase.

2.1.1. FLACĂRA DE SUDARE OXIAZETILENICĂ

Flacără de sudare oxiacetilenică se formează prin aprinderea amestecului gazos compus din gazul combustibil — acetilena — și oxigenul, la ieșirea dintr-un arzător.

În condițiile arderei normale o flacără oxiacetilenică prezintă trei zone distincte, figura 2.1 :

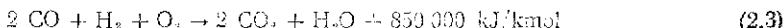
— nucleul luminos 1 corespunde disocierii acetilenei și începutului arderei carbonului :



Nucleul are o formă cilindrică și este înconjurat la exterior de un strat de carbon liber, incandescent care-i conferă luminozitatea caracteristică ;

— flacără primară 2 este sediu reacției de ardere primară cu formarea oxidului de carbon și degajarea unei cantități mari de căldură. Are caracter reducător datorită CO și H₂ conținute, este conică ca formă îmbrăcând nucleul luminos, se evidențiază datorită transparentei sale ;

— flacără secundară 3 corespunde arderei complete :



cu oxigen din aerul înconjurator. Gazele de ardere complete — CO₂ și vaporii de apă îi conferă luminozitate, are temperatură mai săzată decât flacără primară datorită efectului de răcire al cenușii înconjurator.

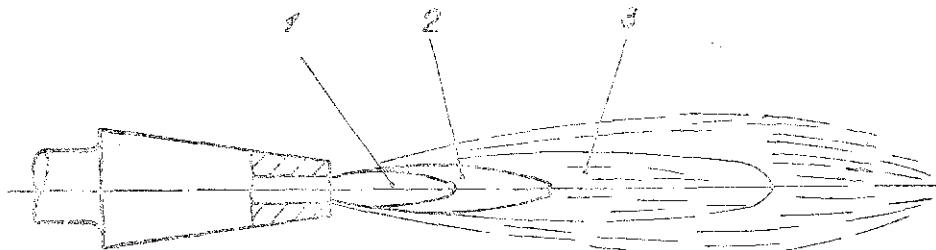


Fig. 2.1 — Zonele flăcării oxiacetilenice :

1 — nucleul luminos ; 2 — flacără primară (zona reducătoare a flăcării) ; 3 — flacără secundară (zona flăcării propriu-zisă).

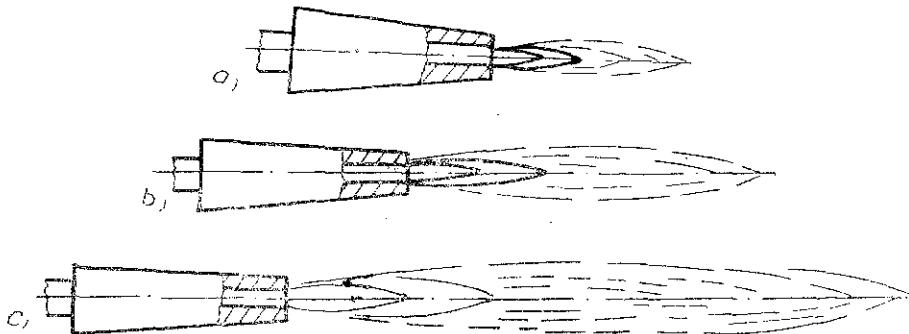


Fig. 2.2 — Forma flăcării oxiacetilenice :

a — oxidantă ($k=1,2-1,5$) ; b — neutră ($k=1,1-1,2$) ; c — carburantă ($k=0,7-1,0$).

Din punct de vedere practic flăcăra oxiacetilenică este caracterizată de : structura și forma sa ; compoziția și proprietățile chimice ; temperatură.

Structura și forma flăcării depinde de raportul volumetric al componentelor amestecului gazos : $k = D_{O_2}/D_{C_2H_2}$ care în condițiile unci ardere complete trebuie să fie unitar. Practic în condițiile enunțate, $k = 1,1-1,2$ corespunzător unei presiuni $p_{C_2H_2} = \text{max. } 1,5 \text{ daN/cm}^2$ și respectiv $p_{O_2} = 5 \text{ daN/cm}^2$.

Dacă $k = 1,2-1,5$ flăcăra este oxidantă, în zonele 1 și 2 predomină oxigenul. Flăcăra este redusă ca dimensiuni, figura 2.2, a, zonă zgemotă, este violetă pe fond albastru, ca nuanță. Este utilizată doar pentru sudarea alamelor.

Dacă $k = 1,1-1,2$ flăcăra este normală, neutră, figura 2.2, b, zonele flăcării sunt perfect delimitate, structura și nuanța flăcării sunt constante. Este flăcăra cea mai utilizată la sudarea metalelor feroase și neferoase (Ol, Cu, Zn, Ni etc.), datorită caracterului reducător al flăcării primare și temperaturii finale.

Dacă $k = 0,7-1,0$ flăcăra este carburantă, figura 2.2, c, zonele flăcării se întrepătrund, flăcăra este deformată, lungă, de culoare roșieică. În zona primă există carbon, flăcăra se utilizează doar pentru sudarea aluminiului, fontelor și la încărcarea prin sudare.

Temperatura flăcării este una din caracteristicile importante, depinde de compoziția amestecului gazos fiind maximă pentru $k = 1,1-1,3$. Ea variază în lungul și transversal flăcării în diversele zone, figura 2.3.

Temperatura maximă apare în flăcăra primă la cca 5–20 mm de extremitatea nucleului, în funcție de debitul de amestec combustibil, variind între 3 100–3 200°C, în funcție de puritatea gazelor. Cu toate acestea randamentul termic al flăcării este foarte redus ($\eta = 0,08-0,11$) datorită dispersiei pronunțate a căldurii flăcării.

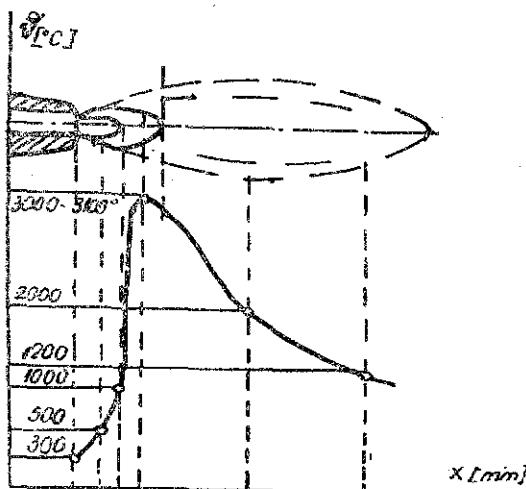


Fig. 2.3 — Variația temperaturii în lungul flăcării.

2.1.2. GAZE PENTRU FLĂCĂRĂ OXIACETILENICĂ

La obținerea flăcării oxiacetilenice se folosesc ca materii prime oxigenul și acetilena.

2.1.2.1. OXIGENUL

Oxigenul este un gaz incolor, transparent, inodor și inispid. Este mai greu decât aerul, 1 m³ de oxigen la 15°C și presiunea atmosferică cintărește 1,38 kg. În condiții de presiune atmosferică obișnuită este gazos. Prin răcire la -180°C se lichesiază, proprietate folosită la fabricarea sa industrială. Oxigenul lichid este transparent, cu nuanță albăstruie.

Oxigenul se fabrică la puritate de 97% (tip 97), 98% (tip 98) sau 99% (tip 99). Industrial, sunt trei metode de fabricație:

- metodă chimică, prin descompunerea sărurilor oxizilor;
- metoda electrochimică, prin electroliza apei;
- metoda prin distilarea fractionată a aerului lichid, metoda cea mai răspândită la scară industrială. Metoda se bazează pe diferența de temperaturi de vaporizare între principalele componente ale aerului lichid (O_2 - 183°C; N_2 - 195°C).

Oxigenul se livrează în stare gazoasă, în butelii și respectiv în stare lichidă, în cisterne. Butelia de oxigen, figura 2.4, conține oxigen comprimat la 147 daN/cm² și 15°C, capacitațile uzuale fiind de 40 și 50 dm³. Sunt vopsite în albăstru conform STAS 2031-71, cu inscripția "OXIGEN". Butelia este confecționată din oțel carbon de mare rezistență, iar robinetul ventril din alamă conform STAS 2499-71. În scopul simplificării manipulării butelii la un consum mare de gaz se folosesc baterii de butelii, figura 2.5, butelile fiind montate în cadre triunghiulare.

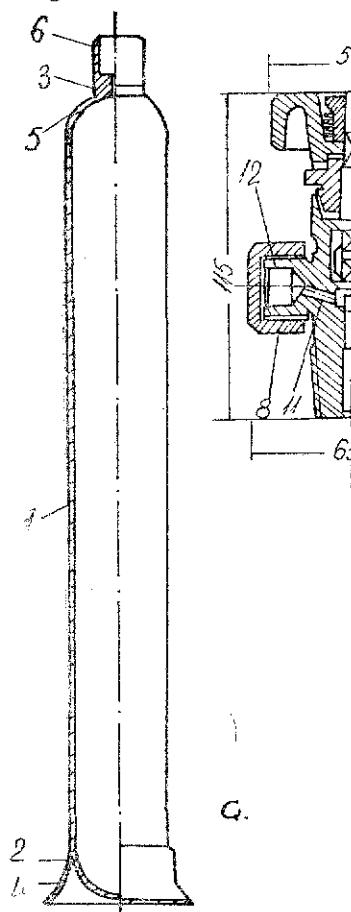
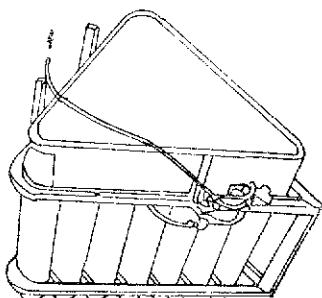


Fig. 2.4 — Butelia de oxigen (a) și robinetul ventril (b):
 a — 1 — corp ; 2 — fund ; 3 — cap ; 4 — șoală ; 5 — filet conic ; 6 — cap ; b — 1 — corp ; 2 — tijă cu cap pătrat ; 3 — dop filetat ; 4, 5 — garnituri ; 6 — piuliță ; 7 — bușă ; 8 — capac ; 9 — rozetă ; 10 — canal admisie ; 11 — canal evacuare ; 12 — răcorid ; 13 — filet.

Fig. 2.5 — Baterii pentru buteli de oxigen.



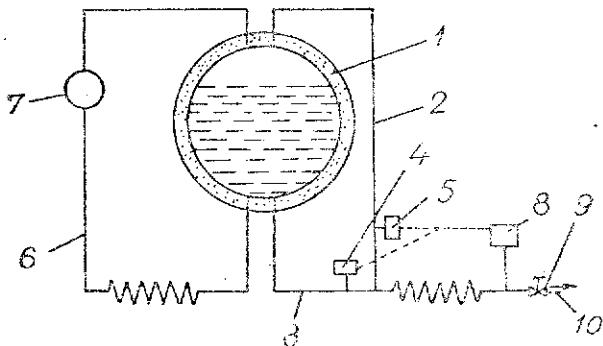


Fig. 2.6 — Schema evaporatorului rece:

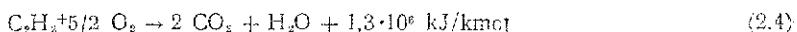
1 — corp cu izolație ; 2 — circuit de extragere gazoasă ; 3 — circuit de extragere lichidă ; 4, 5 — gazeificatoare ; 6 — circuite de presiune ; 7 — regulator ; 8 — manometru ; 9 — robinet ; 10 — conductă.

Oxigenul lichid transportat în cisterne are avantajul deosebit al unui preț de cost scăzut al transportului și în greutatea mai mică a recipientului pentru transport, proporția fiind 1 : 10 față de oxigenul gazos.

Evaporarea oxigenului la locul de întrebuințare se face cu evaporatoare sau gazeificatoare, care pot să fie calde (medie presiune), sau reci (presiune înaltă), figura 2.6.

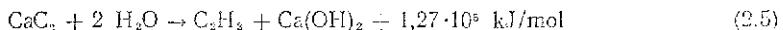
2.1.2.2. ACETILENA

Acetilena este o hidrocarbură nesaturată în stare gazosă la temperatura ambientă și presiune atmosferică, cu miros slab eteric, la gust cu senzații dulci, toxică dacă este inspirată timp îndelungat. Se lichefiază la presiune atmosferică la -80°C , în condiții normale împotriva cîntărind 1,11 kg. Este solubilă în apă (proporție 1 : 1), în alcool (1 : 5) și acetona (1 : 25). Este instabilă la presiuni ridicate, peste 15–16 daN/cm² devine explozibilă. Acetilena este un compus endotermic, această proprietate fiind originea proprietăților de gaz combustibil. Puterea calorifică a acetilenei este $(5,6\text{--}5,7)\cdot 10^4 \text{ kJ/Nm}^2$. Acetilena arde în oxigen :



cu producerea unci cantități mari de căldură, presiunea maximă de lucru fiind 1,5 daN/cm². Amestecul de acetilenă și aer este explozibil chiar la 3% acetilenă.

Industrial, acetilena se obține prin descompunerea carbidului în contact cu apa :



Carbidul comercial se livrează conform STAS 102-73 în 7 tipuri granulometrice (tab. 2.1), conținând cca 70–80% CaC₂, restul impurități.

Reacția de descompunere are loc în generatorul de producere a acetilenei, acetilena putând fi consumată de la generator sau se îmbuteliază. Acetilena se îmbuteliază conform STAS 3660-73, la presiuni de maxim 16 daN/cm² la 15°C . Presiunea acetilenei îmbuteliate variază în funcție de temperatură, figura 2.7. Butelia de acetilenă este asemănătoare cu cea de oxigen, figura 2.8, conținând 20 kg masă porcasă și 12 kg acetonă ca mediu de dizolvare, la capacitatea de 40 dm³ butelia conține cca 4 m³ acetilenă în condiții de presiune normală. Robinetul ventilației buteliei este din material feros, în scopul evitării formării acetilurii de cupru, substanță explozivă. Butelile de acetilenă sunt vopsite în alb sau galben cu inscripția "ACETILENĂ".

Tabelul 2.2

Tipuri granulometrice și caracteristici ale carbidului

Tip granulometric	0	I	II	III	IV	V	VI
Dimensiunea granulelor, mm	110–80	80–50	50–25	25–15	15–7	7–4	4–2
Volum de C ₂ H ₂ , dezvoltat, dm ³ /kg	320	280	270	260	250	235	230
Volum ocupat de 1 kg carbid, dm ³	0,802	0,829	0,851	0,894	0,934	0,958	1,012

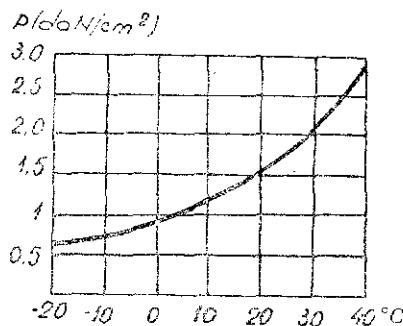


Fig. 2.7 — Variația presiunii acetilenei dizolvate cu temperatură.

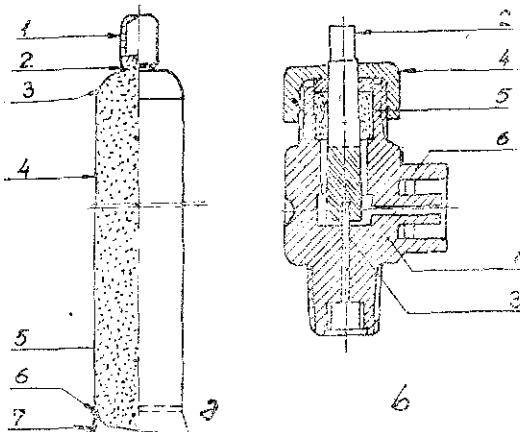


Fig. 2.8 — Butelia de acetilenă (a) și robinetul venitului (b).

a — 1 — capac ; 2 — filet conic ; 3 — cap ; 4 — corp ; 5 — masă poroasă ; 6 — fund ; 7 — soclu ; b — 1 — corp ; 2 — șâră cu cap pătrat ; 3 — supapă ; 4 — piuliță ; 5, 6 — garnituri.

2.1.2.3. ALTE GAZE COMBUSTIBILE

— Metilacetilena-propadiena (MAPP) este un gaz lichefiat, vaporii gazului având caracteristici apropiate de acetilenă (temperatura flăcării 2 925°C). Este îmbuteliat, transportat și manipulat ca orice gaz lichefiat. Avantajul MAPP-ului este limita mai redusă de explozie în amestec cu aerul, comparativ cu acetilene, respectiv siguranță în exploatare.

— Metanul are puterea calorifică $3,5 \cdot 10^4$ kJ/Nm³, arde în amestec cu oxigenul, temperatură flăcării fiind 2 000—2 102°C. În amestec cu aerul este exploziv, se îmbutează la 147 daN/cm², buteliile fiind vopsite în roșu cu inscripția "METAN". Se folosește la sudarea tablelor subțiri și la tăierea cu oxigen.

— Hidrogenul are puterea calorifică $1,03 \cdot 10^4$ kJ/Nm³, temperatura flăcării 2 000°C, arde în oxigen. Se îmbutează la 147 daN/cm², buteliile sunt vopsite conform STAS 3100-79 în roșu închis-brun cu inscripția "HIDROGEN".

2.1.3. UTILAJUL PENTRU SUDAREA CU FLĂCARĂ DE GAZ

În componenta unei instalații pentru sudarea cu flăcără de gaze intră: — generatorul de producție acetilenei sau butelia de acetilenă prevăzută cu reductorul de presiune;

- epuratorul sau filtrul chimic;
- supapa hidraulică de siguranță;
- butelia de oxigen cu reductorul de presiune;
- furfare pentru conducerea celor două gaze (roșu — C₂H₂, albastru — O₂);
- arzătorul pentru sudare (sau trusa de sudare);
- diverse accesorii (peri de sîrmă, ciocane etc.).

Generatoarele de acetilenă se impart după diverse criterii, criteriile de bază fiind presiunea de generare a acetilenei și sistemul de contact între carbid și apă. Astfel pot fi generatoare de joasă presiune ($p < 0,3$ daN/cm²), de presiune medie ($p = 0,3$ — $0,8$ daN/cm²) și de înaltă presiune ($p = 0,8$ — $1,5$ daN/cm²), respectiv generatoare sistern carbid în apă, apă peste carbid și prin contact intermitent (contact și refuzare).

Cel mai utilizat este generatorul GA1250, figura 2.9. Generatorul funcționează după sistemul contact și refuzare, debiteză 1,25 Nm³/h la o presiune de 0,1—0,3 daN/cm². După contactul carbid-apă se produce acetilenă. Crescând presiunea gazului, acesta refuzează apă de sub clopotul 2 în partea superioară a rezervorului 1, contactul între carbid și apă închide. Pe măsură consumării acetilenei, datorită presiunii exercitate de apă și clopot apă pătrunde sub clopot, clopotul cu silozul 3 coboară în apă și reacția se restabilește.

Acetilena produsă trece peste epuratorul sau filtrul chimic 8, separându-se impuritățile chimice (H₂S, H₂P) și eventualele impurități mecanice nerăfinate de apă. În continuare, gazul trece peste supapa de siguranță 9.

Respectând cele mentionate în îmbinarea sudată se creează condiții de grafitizare, respectiv îmbinarea sudată are durată scăzută, putindu-se preluca ușor după sudare. Sudarea cu flacără a fanteelor cenușii se aplică doar la repararea defectelor de turnare sau a defectelor produse în exploatare (fisuri, uzuri etc.).

2.1.7. SUDAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR NEFEROASE

2.1.7.1. SUDAREA CUPRULUI ȘI ALIAJELOR SALE

Sudarea cu flacără de gaze a cuprului este competitivă cu sudarea WIG (în mediu de gaz protector cu electrod nefuzibil). Calitatea bună a îmbinării sudate este condiționată de respectarea următoarelor:

- folosirea unor arzătoare de putere mare, respectiv 180–225 dm³/h/mm grosime componentă care să compenseze conduclibilitatea termică ridicată (6 ori mai mare decât la oțel);
- pregătirea rostului de sudare cu deschidere mare (3–5 mm);
- folosirea unei flăcări strict neutră ($k = 1,05$ –1,1) care să evite absorția gazelor (O_2, H_2);
- folosirea unui flux decapant (borax calcinat) care să impiedice formarea oxizilor de cupru, oxizi care înrăutățesc calitatea îmbinării sudate;
- preincălzirea componentelor până în apropierea temperaturii de topire (700–800°C);
- prinderi provizorii distanțate la 100–250 mm, sau folosirea unui rost variabil;
- material de adăos cu conținut de elemente dezoxidante (Si, Mn);
- sudarea cu viteze ridicate fără intreruperi și reveniri ale flăcării pe îmbinare;
- tratarea termică a îmbinării după sudare prin încălzire la roșu (500–600°C) și răcire rapidă în scopul micșorării grăunjiilor.

În cazul alamelor se respectă indicațiile tehnologice precedente cu deosebirea că flăcăra de sudare este oxidantă ($k = 1,3$ –1,5) iar după sudare îmbinarea nu se tratează termic.

2.1.7.2. SUDAREA ALUMINIULUI ȘI ALIAJELOR SALE

Indicațiile tehnologice pentru sudarea aluminiului și aliajelor sale se rezumă la:

- folosirea arzătoarelor de putere mică (75–125 dm³/h/mm grosime);
- folosirea unei flăcări carburante ($k = 0,9$ –1,0) pentru a preîntâmpina formarea oxidelui de aluminiu, greu fuzibil (2 050°C);
- metal de adăos de compoziția celui de bază al componentelor;
- flux decapant pe bază de săruri de Li, Na, K, care să reducă Al_2O_3 , format încremat;
- preincălzirea componentelor local sau global la 200–250°C, în scopul compensării conductibilității termice (de 3 ori mai mare ca a oțelului);
- prinderea provizorie ca și la cupru;
- sudarea cu viteze mari, preferabil într-o singură trecere;
- după sudare ciocănirea la rece pentru umplerea porilor și finisarea structurii și înlăturarea chimică sau prin fierbere a resturilor de flux care sunt corozive.

2.2. SUDAREA MANUALĂ CU ARC ELECTRIC

2.2.1. ARCUL ELECTRIC, FENOMENE FIZICE IN ARCUL ELECTRIC PENTRU SUDARE

Arcul electric. Este o descărcare electrică stabilă între doi electrozi (în stare solidă sau lichidă) la densități mari de curent în mediu gazos. Electronii trec succesiv sub formă de flux de electroni de la polul negativ (cated) la cel pozitiv (anod). La atingerea scurtă a piesei de sudat de către electrod, figura 2.22, se produce trecerea unui curent mare, care produce o încălzire locală puternică. Ridicind electrodul, suprafața acestuia, sau suprafața piesei (după cum una sau alta sunt legate la polul negativ) emite electroni (electroni primari), ca urmare a încălzirii la temperaturi înalte. Electronii primari în cimpul electric ce se stabilește între piesă și electrod sunt acceleerați spre anod. În calea lor, prin ciocnire cu moleculele gazului dințre anod-cated, provoacă ionizarea acestuia. Rezultă ioni pozitivi și electroni (electroni secundari).

Electronii primari și secundari, sub influența cimpului electric, se deplasează spre anod. Ioni pozitivi, sub influența aceluiași cimp electric, se deplasează lent (fiind mai grei decât electronii) spre cated.

În spațiul arcului se petrec și fenomene de recombinare, cind ionii pozitivi reușesc să creeze tronii pierduți.

Temperatura fuză din spațiul arcului, ciocnirile electronilor primari emisi de cated, la care se adaugă ciocnirile electronilor secundari, creează o stare permanentă de excitare și io-

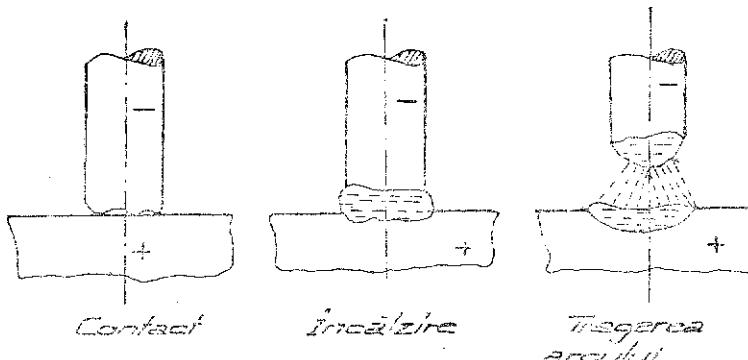


Fig. 2.22 — Fazele realizării arcului electric.

ionizare a gazului, ceea ce face posibilă mișcarea particulelor elementare încărcate în cîmpul electric și deci trecerea curentului electric.

Trecerea curentului electric, excitarea și recombinarea provoacă o încălzire puternică a spațiului de arc, astfel că întreg gazul se află la temperaturi înalte. Încălzirea puternică provoacă și ea ionizarea gazului.

În jurul arcului, datorită curentului electric ce trece prin el se manifestă, fenomene magnetice.

Clocnirile electronilor cu atomii gazului, ionizarea precum și recombinările ce au loc în arc sunt fisiile de descărcări luminoase (din spectrul vizibil), raze ultraviolete și infraroșii.

Arcul electric trebuie să fie scurt; la electrozi îngelosi, lungimea arcului trebuie să fie aproape atât cît diametrul electrodului, altfel există pericolul impurificării cu gaze, a metalului împit depus din electrod pe piesă. La electrozi cu învelis gros arcul poate fi scurt sau lung fără ca aceasta să dăuneze calitatea sudurii.

La arcul de curent continuu piesa sau electrodul pot fi legate la polul pozitiv sau negativ. Cind electrodul se leagă la polul negativ, iar piesa la polul pozitiv arcul se numește de polaritate directă. Cind electrodul se leagă la polul pozitiv, iar piesa la polul negativ, arcul e de polaritate inversă, figura 2.23.

La arcul electric de curent alternativ polaritatea electrozelui (respectiv a piesei) se schimbă de 100 de ori pe secundă (frecvența rețelei de 50 Hz), figura 2.24.

Temperaturile în arcul electric de curent continuu și alternativ sunt arătate în figura 2.25. În curent continuu anodul se găsește la o temperatură mai ridicată decit catodul datorită bombardării intense a acestuia de către electroni. Temperatura coloanei arcului depinde de curent, de menșecul de gaz din coloană și polaritate. Temperatura coloanei crește odată cu valoarea curentului, scade cu micșorarea potențialului de ionizare și e mai ridicată la polaritate inversă. La polaritate inversă încălzirea materialului este mai redusă decit la polaritate directă.

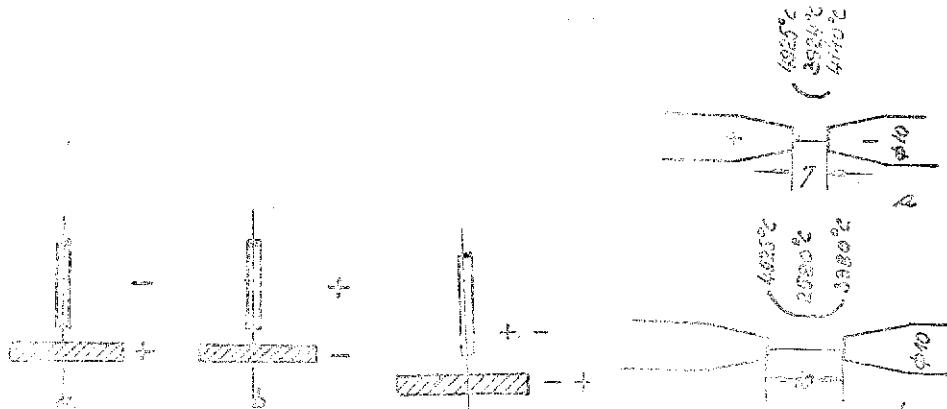


Fig. 2.23 — Arc de curent continuu:
a — polaritate directă; b — polaritate inversă.

Fig. 2.24 — Arcul de curent alternativ.

Fig. 2.25 — Temperaturile în arcul electric:
a — oronoi continuu; b — curmat alternativ.

Tensiunea arcului de sudare. Tensiunea arcului la sudare este acea tensiune stabilă în timpul sudării între electrod și piesă de sudat, care întreține arcul electric. Valoarea ei este cuprinsă de obicei între 16–40 V, la un curenț pînă la 1 000 A. Valoarea tensiunii U_a depinde de lungimea arcului, l_a , și cărui lungimi a arcului corespundînd-i o anumită tensiune.

Tensiunea de aprindere a arcului electric U_{av} . Este tensiunea la care se aprinde sigur arcul electric la un electrod de diametru stabilit. Tensiunea de aprindere necesară este :

- în curenț continuu în jur de 35 V;
- în curenț alternativ 60–70 V.

Scurtecircuitarea arcului. Apare de îndată ce se atinge electrodul de piesă de sudat, cînd tensiunea dintre electrod și piesă scade brusc la zero, iar curențul crește la o anumită valoare maximă pentru sursă de alimentare.

În timpul operației de sudare scurtecircuitarea arcului se produce de cca 28 ori pe secundă, prin picăturile de metal topit, care scurtecircuitează electrodul de piesă.

Curențul de scurtecircuit I_{sc} . Este curențul ce se stabilește prin circuitul de sudură, tensiunea dintre electrod și piesă devinând teoretic egală cu zero $U_e = 0$.

Curențul de lucru la sudare I_s . Este curențul ce se stabilește prin arcul electric care să dețină stabil, între electrod și piesă de sudat la o tensiune de lucru U_{av} , pentru o anumită lungime a arcului electric l_a . Cu cît lungimea arcului electric l_a este mai mare cu atît tensiunea necesară menținerii arcului electric U_a trebuie să fie mai mare. Curba care arată valoarea tensiunii arcului în funcție de curenț I_s , la o lungime anume a arcului se numește caracteristica arcului, figura 2.26. În figura 2.27 se arată caracteristica de aprindere a arcului electric. Arcul se aprinde la virful A , cînd valoarea instantaneecă a tensiunii arcului u , a devenit suficientă pentru aprindere, după care tensiunea descrește.

După atingerea unui maxim valoare instantaneecă a curențului i tinde spre zero, tensiunea crește pînă la virful S în care arcul se stingă.

În curenț alternativ fenomenele fizice de aprindere și stingeră ale arcului electric rămîn în esență aceleași ca la curenț continuu, înținîndu-se însă cont că rolul de catod și anod alternează de la un electrod la celălalt. În figura 2.28 este arătată caracteristica de aprindere și stingeră a arcului de curenț alternativ. La creșterea tensiunii, arcul se aprinde în A ; după aceasta tensiunea scade, iar curențul crește după curba AM , punctul M corespunzînd momentului cînd intensitatea a atins maximul său. La descreșterea curențului tensiunea variază conform curbei MS , iar în punctul S arcul se stingă. Fenomenul se repetă în alternanță negativă în mod similar. La trecerea de la o alternanță pozitivă la una negativă între punctele S și A respectiv de la alternanță negativă la cea pozitivă între punctele S' și A' arcul se stingă, ceea ce evident creează dificultăți la sudare. Micșorarea pauzei pînă la suprimarea ei se poate realiza intercalind în circuitul de sudură o inductivitate, care are proprietatea de a înmagazina energia electromagnetică sub formă de cîmp magnetic și a o reda în fiecare alternanță a curențului alternativ; inductivitatea întîrzie stingeră arcului, pînă cînd tensiunea din alternanță următoare e suficient de mare pentru menținerea arcului și, în acest fel, se asigură funcționarea continuă a arcului. Inductivitatea funcționează ca un tampon între sursă și arc.

Analiza condițiilor de funcționare stabilă a arcului electric. Se poate face pe baza caracteristicilor arcului a , b , c pentru anumite lungimi, considerînd electrozi î aceeași și caracteristica unei surse de curenț continuu A , figura 2.29. Caracteristica A arată valoarea tensiunii asigurată de sursă pentru anumiți curenți. La curenț zero tensiunea sursei de mers în gol este U_0 .

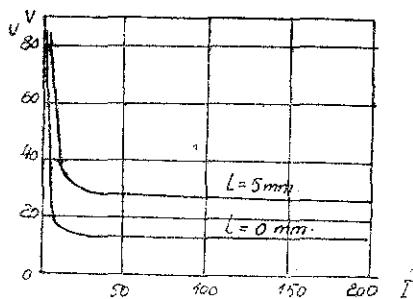


Fig. 2.26 — Caracteristica arcului electric.

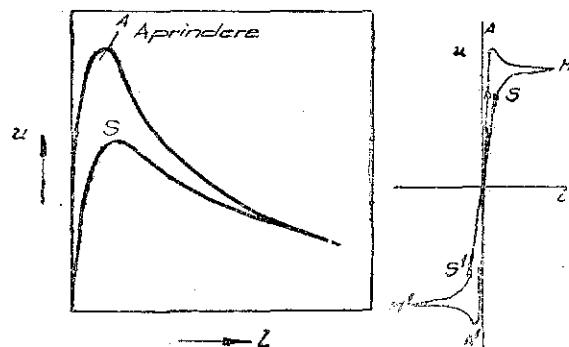


Fig. 2.27 — Caracteristica de aprindere a unui arc.

Fig. 2.28 — Caracteristica arcului de curenț alternativ.

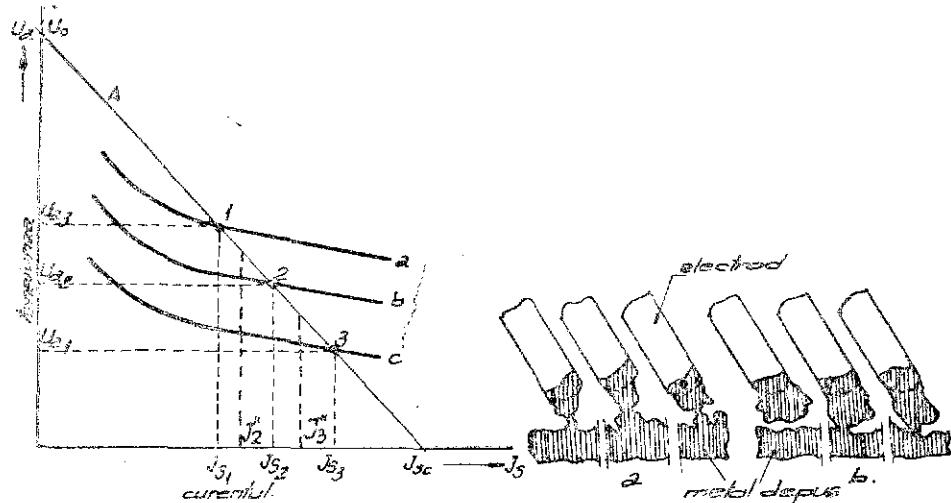


Fig. 2.29 — Condiții de funcționare stabilă a unui arc :

a, b, c — caracteristica de arc pentru diferite lungimi ; A — caracteristica surselor ; 1, 2, 3 — punctele de funcționare stabilă.

La curentul de scurt circuit I_{sc} , tensiunea la bornele sursei este zero. La intersecția caracteristicilor a , b , c cu caracteristica A corespund tensiunile U_{a1} , U_{a2} , U_{a3} punctele 1, 2, 3 fiind puncte de funcționare deoarece sursa poate asigura tensiunea cerută de arc, la curentii I_{s1} , I_{s2} , I_{s3} .

Spunem că avem un arc stabil dacă curentul se menține sigur la o valoare constantă, de exemplu I_{s2} . Dacă în cazul ales I_{s2} ar crește în I_s , tensiunea dată de sursă devine mai mică și nu mai poate asigura arderea arcului conform caracteristicii b ; urmază o revenire în punctul de funcționare 2. Dacă curentul I_{s2} ar scădea la valoarea I_s' , sursa dă o tensiune mai mare decât cea cerută de arc, diferența de tensiune între tensiunea sursei și cea cerută de arc reduse funcționarea în punctul 2. Această reglare automată a curentului e cu atât mai stabilă cu cât unghiul sub care se întrelăse celă două caracteristici e mai mare. Caracteristica A aleasă este bună, toate trei punctele de funcționare sunt stabilă. Dacă la aceeași operație de sudură se schimbă lungimea arcului însănmă că am trecut de pe o caracteristică de arc pe cealătă, punctul de funcționare se va muta de exemplu din 2 în 3, rămânind însă tot stabil.

Tensiunea de aprindere a arcului se face la o tensiune mai mare decât cea de funcționare. La curenti mici se cer la aprindere 60–70 V; la curenti mari ajunge și o tensiune de numai circa 45 V. Sursa trebuie să dea la mersul în gol cel puțin 45–70 voltă, dar nu mai mult, existând pericol de electrocutare.

Procesele fizice desfășurate la sudare. În timpul sudării se produc dese scurtcircuite; aşa de exemplu, la amorsarea arcului, electrodul este atins de piesa de sudat și ori de câte ori trece cîte o picătură circuitul se închide. Curentul de scurtcircuit nu trebuie să fie prea mare căci este dăunător sudurii. Mașina trebuie însă să facă față curentului de scurtcircuit, chiar un timp mai îndelungat. Variatiile se succed periodic; în timpul trecerii picăturii de metal topit (figura 2.30), curentul crește de la valoarea normală I_s la valoarea de scurtcircuit I_{sc} , iar după ce picătura a trecut, un timp scurt, curentul este zero, pînă se reaprinde arcul. Tensiunea în timpul trecerii picăturii scade la o valoare aproape egală cu zero, pe urmă revine la valoarea necesară pentru întreținerea arcului U_a . Variatiile mai mici se produc în mod permanent chiar dacă nu trece material sub formă de picături. În figura 2.31 se reprezintă idealizat variațiile tensiunii și curentului la un arc de curent continuu în timpul sudării.

Pentru o funcționare bună a arcului de sudare, trebuie ca la orice modificare de regim, curentul și tensiunea dată de sursă să varieze în mod corespunzător, aproape simultan. De exemplu, după ce a trecut picătura (scurtcircuitul), tensiunea trebuie să revină rapid la valoarea necesară reaprinderii arcului. Aceasta însă nu este posibil, deoarece mașinile au o anumită inerție electromagnetică. Aprecierea comportamentului surselor se face după caracteristicile lor statice și dinamice. Caracteristica statică nu e în măsură să definească singură o sursă de sudare, ci trebuie completată cu caracteristica dinamică.

Caracteristica dinamică a surselor. Reprezintă modal de variație a tensiunii și curentului la trecerea de la un regim de funcționare la alt regim de funcționare în cazuri extreme, de la scurtcircuit la mers în gol și invers.

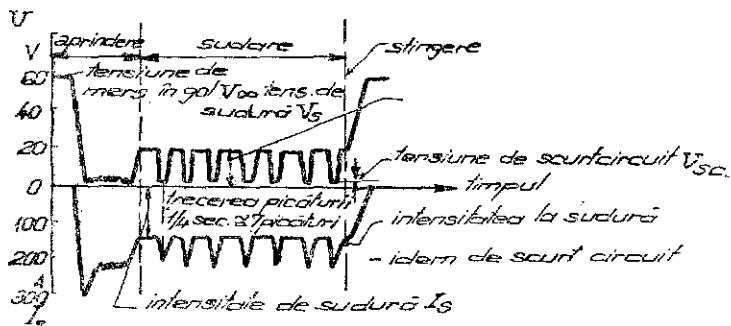


Fig. 2.31 — Variațiile tensiunii și ale curentului în timpul mecanismului topit.

O mașină are caracteristici dinamice bune dacă revenirea la valori normale de lucru a tensiunii și curentului se face într-un timp cît mai scurt după dispariția stării anormale. În figura 2.32 a, b, sunt arătate oscilogramele pentru o mașină cu inerție electromagnetică mică deci cu caracteristici dinamice bune.

La scurtcircuitare bruscă tensiunea scade repede aproape la zero și curentul se mărește la valoarea de scurtcircuit în același timp, figura 2.32, a. La închiderea circuitului 2.32, b — curentul scade în scurt timp la valoarea zero și tensiunea crește aproape brusc la un virf, scăzând apoi imediat la valoarea tensiunii de mers în gol.

În figura 2.33 sunt date oscilogramele pentru o mașină cu inerție electromagnetică mare (caracteristici dinamice slabe).

La închiderea curentului acesta are o valoare mare, apoi scade încet după timpul T la valoarea de scurtcircuit, figura 2.33, a. La deschiderea circuitului 2.33, b, tensiunea atinge repede un virf, apoi scade și după cîteva oscilații, crește iarăși încet la valoarea mersului în gol.

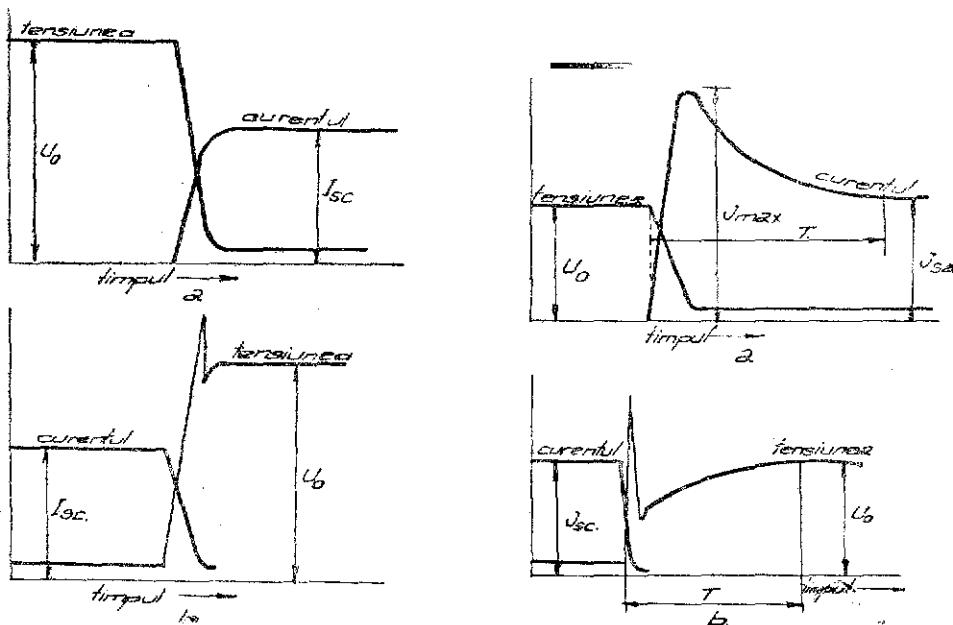


Fig. 2.32 — Caracteristici dinamice pentru o mașină cu inerție electromagnetică mică:
a — scurtcircuitare bruscă; b — întrerupere bruscă.

Fig. 2.33 — Caracteristici dinamice slabe pentru o mașină cu inerție electromagnetică mare:
a — scurtcircuitarea bruscă; b — întreupere bruscă.

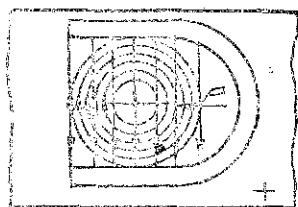
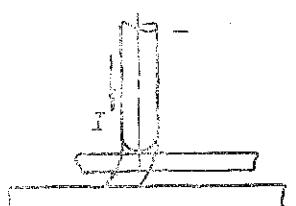


Fig. 2.34 — Suflajul magnetic al arcului.

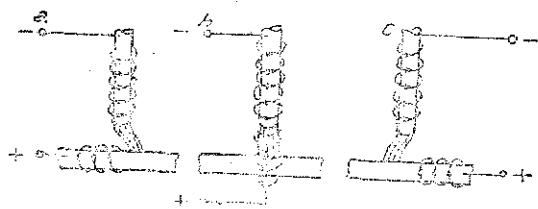


Fig. 2.35 — Suflajul magnetic al arcului :
a — curent racordat la stanga electrodului ; b — racord la axa electrodului ; c — curent racordat la dreapta electrodului.

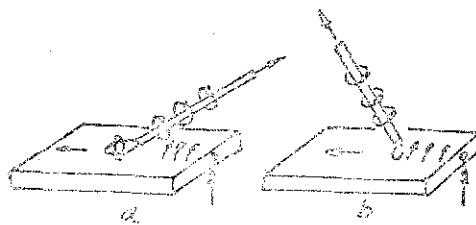


Fig. 2.36 — Înfluenta înclinării electrodului asupra descrierii arcului :
a — inclinarea greșită a electrodului ; b — inclinare corectă.

Deoarece cu aceeași sursă de curent, trebuie să executăm suduri diverse, la care curenții necesari sunt variabili, e necesar ca sursele să poată fi ușor reglate. Reglajul trebuie să fie simplu și ușor de executat. Limitele sunt de obicei : 20–160 A ; 20–250 A ; 50–500 A, reglajul printr-un continuu sau discontinuu. Sursele trebuie să poată fi astfel concepute pentru a putea lăra în paralel (cind avem nevoie de curenti mai mari). O altă condiție impusă surSELOR este ca rezăudamentul să fie cât mai bun și sursele să aibă robustețea corespunzătoare.

Clemete de curent ale surSELOR. Trebuie să fie solide, dimensionate pentru mărimea curentului maxim debătut de sursă. Legarea cablurilor de suțură la clemete trebuie să se poată face ușor. De asemenea, schimbarea scalelor prin modificarea clemetelor de legătură (bornelor) trebuie să fie ușoară.

Suflajul magnetic al arcului. În curent continuu intervine fenomenul de suflaj magnetic al arcului electric. Coloana arcului poate fi considerată ca un conductor parcurs de curentul de sudură. La rîndul lui curentul provoacă cîmpuri magnetice. Din interacțiunea cîmpului magnetic cu curentul electric din arc rezultă o forță care împinge arcul.

Fenomenul este ilustrat în figura 2.34, unde avem un cîmp magnetic creat de un magnet și un arc produs de curentul I care la rîndul lui provoacă un alt cîmp concentric electrodului. Interacțiunea dintre cîmpurile magnetice duce la apariția unei forțe P care împinge arcul spre suțura.

În figura 2.35 se prezintă trei situații ale suflajului arcului.

În cazurile a și c arcul e supus acțiunii unui cîmp magnetic asimetric și deoarece linile de forță magnetică se situează întotdeauna perpendicular pe linia de trecere a curentului, cîmpul magnetic dinspre racordare e mai puternic, coloana arcului fiind împinsă spre locul cu linile de forță mai puțin dense.

Puteam modifica sensul de deviere al arcului prin mutarea corespunzătoare a racordului electric la piese (cazul b).

Inclinarea prea mare a electrodului sau apropierea acestuia de piese poate cauza suflajul arcului ca urmare a modificărilor cîmpului magnetic. În figura 2.36 este arătată influența înclinării electrodului, iar în figura 2.37, deformarea arcului electric din cauza suflajului magnetic,

Suflajul magnetic al arcului se poate diminua prin :

- înclinarea electrodului în direcția de suflare a arcului ;
- modificarea locului de racordare al racordului ;
- păsarea unor piese metalice provizorii pentru modificarea cîmpului magnetic făcîndu-l simetric ;
- înlocuirea curentului electric continuu prin curent alternativ.

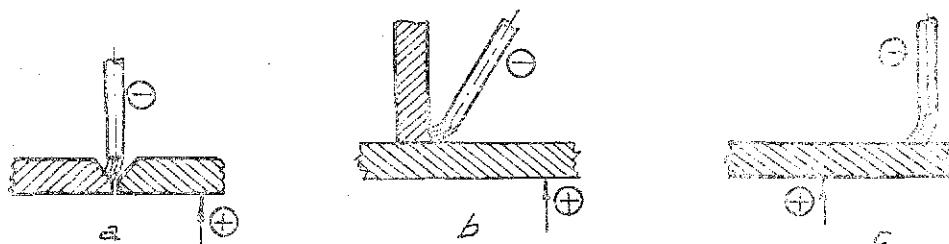


Fig. 2.37 — Deformarea arcului electric, din cauza suflajului magnetic :
a — sudură cap la cap ; b — sudură în unghi ; c — sudură la marginea unei table.

2.2.2. SUDAREA MANUALA CU ARCUL ELECTRIC CONSIDERATA DUPĂ FELUL CURENTULUI

2.2.2.1. SUDAREA DE LA REȚEA DE CURENT CONTINUU

Curentul de sudare este luat de la o priză sau o rețea de curent continuu de tensiune constantă, figura 2.38.

Reglarea curentului se face folosind o rezistență variabilă din sîrmă de oțel, nichelină sau rezistențe cu apă compuse din doi electrozi sub formă de plăci ce se pot introduce mai mult sau mai puțin în apă după cum vrem să avem curent mai mare sau mai mic. Tensiunea rețelei poate fi 110, 220 sau 440 V, iar tensiunea arcului 15—25 V.

Rezistența se calculează cu legăa lui Ohm. La un curent de sudare de 100 A, tensiunea 20 V, rezistența trebuie să aibă valoarea :

$$R = \frac{220 - 20}{100} = 2 \Omega$$

(la rețea de curent continuu 220 V).

În general, electrodul se leagă la polul negativ, la sudarea tablelor subjîri și la polul pozitiv în cazul sudării unui oțel înalt aliat.

Curentul continuu asigură o foarte bună pătrundere a materialului depus la rădăcina sudurii și asigură rezistență necesară îmbinării.

(Se poate suda și de la o rețea de curent alternativ în care caz în loc de rezistență se montează o bobină de soc).

Avantaje. Reglarea tensiunii se face liniar în funcție de mărimea curentului. Curentul trebuie reglat în mod corespunzător pentru asigurarea unui bun răndament.

Aparatura este simplă și nepretențioasă. Rețeaua poate servi la alimentarea mai multor posturi de sudură în care caz trebuie dimensionată în mod corespunzător.

Caracteristicile dinamice sunt bune.

Dezavantaje. Răndamentul este foarte mic (nu depășește 20—30 %). Tensiunea de mers în gol fiind tensiunea rețelei există pericol de electrocutare.

Mari pierderi de energie pe rezistențele de reglaj care conduc la răndamentul slab.

Se produc șocuri în rețea în timpul sudării ceea ce deranjează consumatorii racordați pe aceeași rețea.

Arcul nu arde stabil dacă electrozii nu sunt înveliți. Cînd se utilizează automate de pornire se consumă energie chiar și în perioada de pauză.

2.2.2.2. SUDAREA IN CURENT CONTINUU CU CONVERTIZOARE ȘI REDRESCOARE

a. *Convertizoare.* Curenți mari la tensiuni joase potrivite pentru arderea arcului se asigură de generatoare de curent continuu actionate de motoare termice (agregate mobile utilizate în

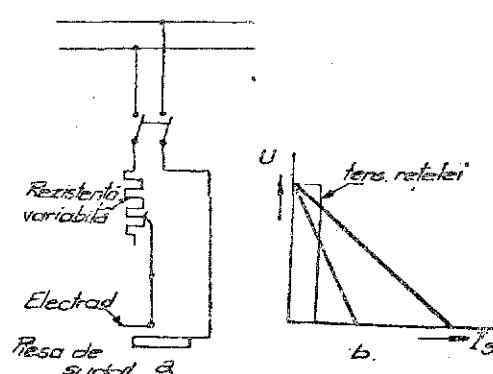


Fig. 2.38 — Sudarea de la rețea de tensiune constantă :
a — schema de legături ; b — caracteristica statistică.

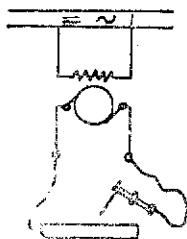


Fig. 2.39.

șanțiere unde nu există surse de curent) motoare de curent continuu (mai rar) și motoare asincrone de curent alternativ. Motorul are întârziator de pornire stă triunghi în cele mai multe cazuri. Generatorul dispune de reglaj de curent. Legarea electrozului la polul + sau – după caz, figura 2.39.

Se pot utiliza în multe domenii de activitate (suduri în construcții de nave, cauzane, schele etc). Se pot folosi orice fel de electrozi arcul fiind stabil.

Avantaje :

- încarcă uniform rețeaua;
- randament ridicat 45–65 %, mai bun decât la sudarea de la rețea;
- factor de putere bun;
- stabilitatea arcului mai bună decât în curent alternativ ;
(trafo de sudură)

Dezavantaje :

- suflajul arcului electric;
- costul agregatului ridicat;
- întreținerea costisitoare și pretențioasă;
- viajă scurtă a generatorului;
- putere de mers în gol mare 1–2 kW (merge mult în gol).

b. *Redresoare cu reglare*. Redresoarele pot fi cu seleniu, cu vapozi de mercur sau cu diode și tiristoare. Reglarea curentului e posibilă în limite largi 40–500 A.

Avantaje :

- randament de 35–50 %, mai mare decât la sudarea de la rețea;
- lucrează fără zgromot, dând suduri uniforme, de calitate;
- $\cos \phi$ ridicat 0,6–0,7;
- mai simplu și mai ieftin decât un agregat;
- este constituit dintr-un singur grup compact fără anexe;
- se pretează la sudarea tablelor subțiri.

Dezavantaje :

- utilaj scump;
- se defectează relativ ușor;
- durata relativă a sarcinii mai scăzută decât la transformatoare.

2.2.2.3. SUDAREA ÎN CURENT ALTERNATIV

Folosește un transformator, figura 2.40 care transformă o tensiune mare la un curent mic într-o tensiune mică (până la 70 V) și curenți mari (până la cca 1 000 A).

Transformatorul poate fi răcit natural sau cu ulei. Cind se sudează cu transformator trifazat, două faze se leagă la cîte un electrod, iar a treia la piesă. În general, factorul de putere este scăzut, dar se poate îmbunătăți prin montare de condensatoare atingînd valori de 0,7–1.

Se pretează îndeosebi pentru sudare în condiții grele (table grele și groase).

Avantaje :

- simplu și construcție ieftină;
- simplu de folosit și întreținere ușoară cu cheltuieli minime;
- nu are părți în mișcare care să se uzeze;
- mare durată de viață;
- randament ridicat 75–90 %;
- pierderi de mers în gol foarte reduse;
- suflaj magnetic foarte slab.

Dezavantaje :

- factor de putere slab $\cos \phi = 0,3 - 0,45$ dacă nu se iau măsuri de compensare;
- încarcă neuniform rețeaua;
- pericol mai mare comparativ cu curentul continuu;
- sudarea trifazică manuală e obosită și complicată.

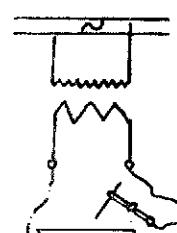


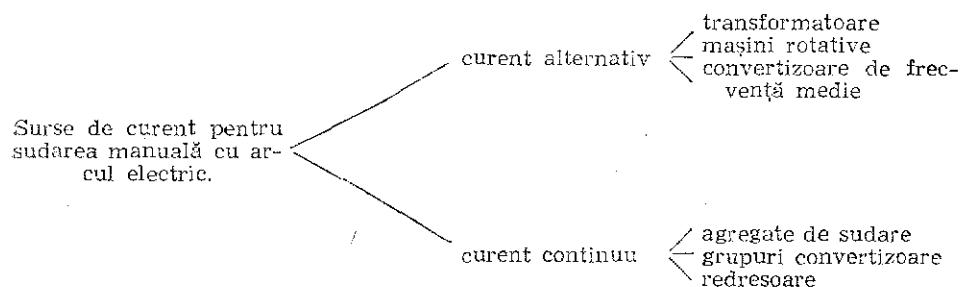
Fig. 2.40.

2.2.3. COMPARAȚIE ÎNTRE FELUL CURENȚILOR DE SUDARE

Caracteristici	Sudare în curenț continuu cu convertizoare	Sudare în curenț alternativ cu transformatoare
1. Tehnice a) Alimentare de la rețea b) Polaritate c) Sfârșit magnetic al arcului d) Factor de putere e) Tensiuni de mers în gol	Fără dificultăți; încarcă simetric rețeaua Alegere liberă a polarității după necesități Tare Bun ($\cos \varphi = 0,65 - 0,8$) Până la 100 V, practic neprezentând pericol	În majoritatea cazurilor numai monofazic; încarcă neuniform rețeaua Fără polaritate (pentru electrod nu se prescrie polaritate) Slab; instiv de preferință Mic ($\cos \varphi \cong 0,4$). Se poate îmbunătăți prin utilizarea condensatoarelor Tensiunea de = 70 V; în încăperi înguste și umede e periculoasă
2. Materiale a) Material de adaos	Electrozi din oțel sau nemetalici prescrisi (inclusiv cei din carbune)	Pentru sudarea oțelului numai electrozi înveliți; pentru sudarea materialelor neferoase învelirea e condiționată Electrozi cu înveliș bazic nu se utilizează Aceeași
b) Calitatea	Aceeași	Aceeași
3. Factori economici a) Cheltuieli de achiziționare b) Costul electrozilor c) Costul energiei d) Întreținerea instalațiilor	Ridicate Mic, dacă se sudează cu sîrmă de sudură nefinivelată (utilizare foarte rară) Ridicat, datorită consumului la mers în gol. Randament scăzut Neapărat necesară	Înferioare, cca 50–60 % din costurile convertizoarelor Ridicat, totdeauna se sudează cu electrozi înveliți Mers în gol inferior, randament mai bun Întreținere ușoară și la intervale mari de timp

2.2.4. MAȘINI ȘI APARATE DE SUDARE MANUALĂ ; EXECUȚIE ȘI UTILIZARE

Tabelul 2.5



Sudare cu convertizor; sudare cu curenț continuu; agregat de sudare. Schimbă tensiunea și felul curențului de cele mai multe ori din curenț alternativ în curenț continuu; rareori invers.

Conștă dintr-un generator electric cu o caracteristică statică și dinamică polarivită și un motor de antrenare cuplat la o rețea de forță, figura 2.41.

Pentru agregatele transportabile, utilizate pe șantieră unde nu există sursă de alimentare a motorului electric, acesta este înlocuit de un motor cu ardere internă, combustibilii cel mai utilizat fiind benzina sau motorina.

Se utilizează pentru sudare în curenț continuu cu electrozi fierbători sau nefierbători. Convertorul trebuie legat la pămînt. La începutul lucrului, înainte de a închide întrerupătorul motorului, trebuie verificată poziția de repaus a întrerupătorului, a reostatului de pornire al motorului și reostatul de reglaj al excitației. Pornirea se face cu reostatul de pornire, iar reglarea turatiei cu reostatul de excitație.

Electromotor. Conștă din carcasa, stator cu poli, înfășurările și rotorul.

1. Motorul cu curenț continuu, figura 2.41 poate fi:

- motor cu excitație în derivatie;
- motor cu excitație mixtă sau serie.

2. Motor trifazic, figura 2.42, poate fi:

- motor cu rotor bobinat alimentat de la rețea prin 3 inele colectare;

Pornirea se face prin scurtcircuitarea treptată a unor rezistențe de demarare din circuitul rotorului. După ajungerea la regim se scurtcircuită rezistențele și perile se ridică.

- motor cu rotor în scurtcircuit;

Pornirea se face legând motorul în stăte la rețea apoi se trece la conexiunea triunghi.

Generatorul de curenț continuu, figura 2.43, poate fi după construcție:

- cu excitație separată și serie antagonistă;
- cu excitație în derivatie și serie antagonistă;
- generator cu poli divizati;
- cu cîmp transversal;
- multipost;
- alte tipuri constructive.

Reglarea curențului se poate face prin schimbarea curenților de excitație cu ajutorul reostatelor de excitație, modificarea numărului de spire din înfășurările de excitație, rotirea perilor

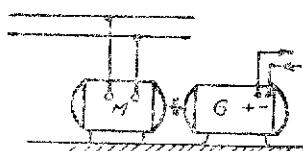


Fig. 2.41.

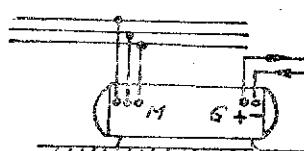


Fig. 2.42.

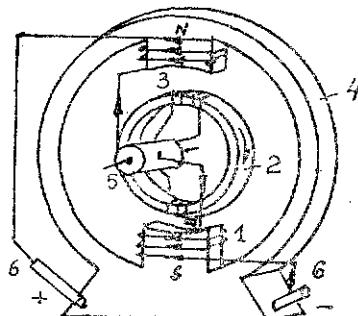


Fig. 2.43 — Generator de curenț continuu :

1 — bobina de excitație; 2 — rotor; 3 — înfășurarea (bobinajul rotorului); 4 — carcasa generatorului; 5 — colector; 6 — borne.

Fig. 2.44 — Mașină de sudură acționată prin curea.

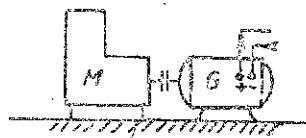
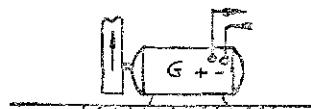


Fig. 2.45 — Mașină de sudură acționată cu motor cu ardere internă.

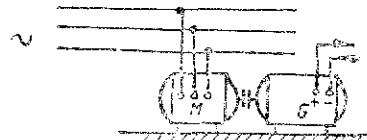


Fig. 2.46 — Generator cu curent acționat electric.

pe colectorul mașinii, introducerea de rezistențe chimice în circuitul de sudare sau modificarea caracteristicilor circuitului magnetic prin mărirea sau micșorarea secțiunii polilor (generatorul cu cîmp transversal).

Generatorile sunt sub control în tot timpul funcționării prin indicarea curentului de sudare și a tensiunii de către voltmetre și ampermetre. Voltmetrul indică în timpul sudării tensiunea de sudare, iar în pauze tensiunea de mers în gol. Ampermetrul indică valoarea curentului de sudare, care trebuie să fie cel prescris.

Aggregate de sudură. Forme constructive (staționare sau mobile)

A) Mașină de sudură pentru agregat de sudură stabil sub formă:

1. Mașină de sudat cu transmisie cu curea (foarte puțin întinute și folosite) figura 2.44.

2. Mașină de sudat acționată prin motor cu ardere internă figura 2.45.

3. Mașină de sudat acționată electric, cu variantele:

a. Generator de curent acționat electric, figura 2.46.

b. Mai multe generatoare de curent cu acționare de la grupuri de motoare.

c. Generator și motor împreună într-o singură carcăsă.

Felosirea a două rotoare împreună pe un singur ax dă o lungime a agregatului mică și o greutate mică, figura 2.42.

B) Mai multe posturi de sudare alimentate de la un generator de sudură antrenat de un motor. Tensiunea dată de generator are valoare constantă, la fiecare post de sudare reglarea făcindu-se prin rezistență, figura 2.47.

Generalități:

Tensiunea și curentul trebuie să varieze după o caracteristică externă coboritoare și să aibă o caracteristică dinamică bună.

Tensiunea și mărimea curentului variază după lungimea arcului și trebuie să poată fi modificată într-o gamă largă după cum impune procesul tehnologic.

Aprinderea și menținerea arcului electric trebuie să se facă corect. Reaprenderea arcului după scurtcircuit trebuie să se facă foarte repede, astfel ca în procesul sudării să nu existe întreruperi.

Curentul de scurtcircuit trebuie să fie limitat (să nu depășească cu mult curentul de funcționare stabilă a arcului) la atingerea electrodului de piesă.

Bun răndament și factor de putere $\cos \varphi$.

Pierderi de putere la mers în gol cît mai mici.

Aparate de sudare în curent alternativ (Transformatorul de sudare cu arc). Modifică numai tensiunea și cu aceasta intensitatea curentului, dar nu și felul curentului (fig. 2.48).

Creează tensiunea și curentul necesar obținerii arcului electric de sudare. Nu are părți în mișcare. Se intercalează între rețea de curent alternativ și elementele de redresare a curentului alternativ, în curent continuu în cazul redresoarelor pentru sudare.

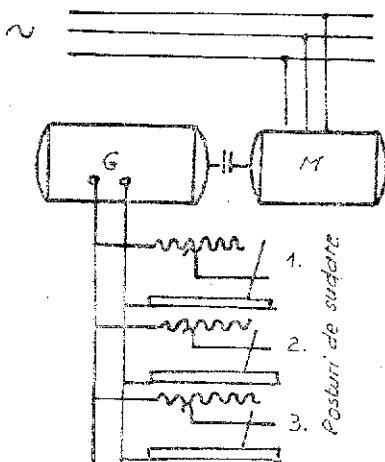


Fig. 2.47 — Generator de sudură pentru mai multe posturi.

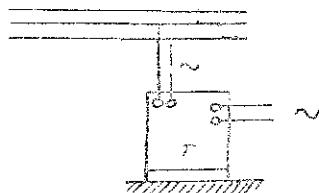


Fig. 2.48 — Transformatorul de sudură.

Conță dintr-un miez de fier format dintr-un număr mare de table de transformator din oțe I cu siliciu și două bobine cu număr de spire diferit: la primar un număr mai mare de spire n_1 , iar la secundar un număr mai mic de spire n_2 . Înfașurarea primară se leagă la rețea, e parcursă de curentul primar I_1 , care creează un flux Φ ce se închide prin miez producind prin inducție în înfașurarea secundară o tensiune electromotoare E_2 .

$$\frac{n_1}{n_2} = k \text{ se numește raport de transformare.}$$

$$\text{Dacă } U_1 = E_1 \text{ atunci } E_2 = \frac{E_1}{K} = \frac{n_2}{n_1} E_1.$$

Curenții sunt legați între ei cu relația

$$I_2 = I_1 = kI_1$$

$$\text{Dacă } U_1 = E_1 = 220$$

$$\frac{n_1}{n_2} = 5$$

atunci la $I_1 = 10 \text{ A}$

$$I_2 = I_1 = 5 \cdot 10 = 50 \text{ A}$$

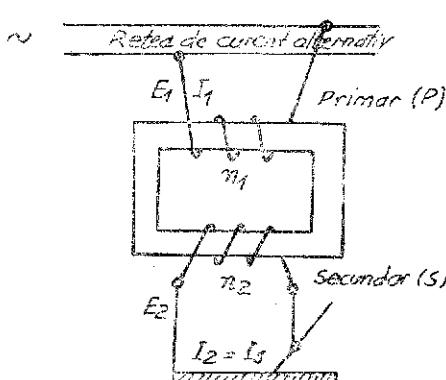


Fig. 2.49 — Legarea transformatorului la rețea.

Tensiunea $E_2 \approx U_2$ este la mers în gol aproximativ 70 V și devine în timpul sudării 25–40 V. Carcasa transformatorului trebuie legată la pămînt.

Transformatorul are regim de lucru greu, trecind de la mers în gol la scurtcircuit și invers de mai multe ori pe secundă.

Numeai pentru sudarea cu arcul electric cu curenți alternativi. Nu se poate suda decât cu electrozi încuiți sau cu miez. Reglarea curentului de sudare se poate face:

- prin schimbarea raportului de transformare modificând numărul de spire;
- prin reglarea unei bobine de reactanță variabilă;
- prin schimbarea sensului de parcurgere de către curent a unei porțiuni dintr-un bobinaj;

- prin schimbarea acțiunii miezului magnetic cu șunt;
- prin conectarea sau deconectarea unei părți din înfășurare cu ajutorul unor intrerupătoare.

Construcția aparatului este variată. Aparatele mici pentru lucrări curente au limite de reglaj 40–220 A și se sudează cu electrozi de 1,5–4 mm diametru. Aparatele pentru sudare în lucrările de construcții fac reglarea curentului între 40–350 A și pot lucra cu electrozi de 1,5–6 mm diametru.

Aparatele mari care se folosesc la lucrări grele, rezervoare, grinzi etc., au reglajul de curent între 100–600 A pentru electrozi de 3,25–10 mm diametru. Pentru lucrări mici de casă se folosesc aparate cu reglarea curentului între 40–150 A și lucrează cu electrozi având diametrul maxim de 3,25 mm.

Instalații de sudare statice în curenț continuu. (Redresorul). Sunt instalații care se leagă la rețeaua de forță trifazată prin trei conductoare, iar pe partea circuitului de sudare generează curenț continuu.

Nu au părți în mișcare. Sunt ventile electrice ce transformă curențul electric alternativ în curenț continuu. Reducerea tensiunii la cea necesară se face cu un transformator care poate fi simplu sau cu bobine alimentate în curenț continuu având reactanță variabilă.

Sunt preferate pentru că încarcă uniform rețeaua electrică de alimentare.

Construcție:

Cu redresori din lămpi cu vapor de mercur;

Cu redresori cu tuburi electronice;

Cu ventile din semiconductoare (plăci sau diode semiconductoare).

2.2.5. FACTORII CARE DETERMINĂ ALEGAREA CORECTĂ A MAȘINILOR DE SUDARE

Felul curentului. a) Nu există rețea de curenț la locul de sudare; Curențul de sudare nu poate fi furnizat decât de un grup motor termic-generator de curenț continuu. Cuplarea motorului se poate face direct (ax comun) sau prin curea. b) Există rețea de curenț continuu; Sudarea se poate face prin legarea directă a unor rezistențe de reducere a curențului. Grup de sudură, motor de curenț continuu-generator de curenț continuu. Motorul de curenț continuu se leagă la rețea. c) Există rețea de curenț alternativ. Se poate suda în curenț continuu sau alternativ. Sudarea în curenț continuu: a) Cu un motor de curenț alternativ cuplat cu un generator de curenț continuu; b) Cu un redresor de sudare. Sudarea cu curenț alternativ: a) Cu transformator legat la rețea; b) cu convertizor de frecvență în curenț alternativ sau cu transformator simplu.

Mărimea curențului. Criterii de alegere: a) Diametrul electrozului ce se va folosi; b) calitatea electrozilor ce vor fi utilizati; c) dimensiunile pieselor ce se sudează.

E bine ca mașina ce se alege să nu fie supradimensionată. Se va ține cont de electrozii cu diametrul mare care necesită curenți mari pentru o topire corespunzătoare.

Durata relativă de sarcină (durata relativă de serviciu) D.R.S. Reprezintă raportul dintre durata perioadei de lucru (de sudare) notată cu t_l și durata unui ciclu de sudare (perioada de lucru și perioada de pauză) notată cu t_e , sau $DRS \% = \frac{t_l}{t_e} \cdot 100$.

Se construiesc apărate pentru $DRS \% = 25, 50, 75$ sau 100% .

Mașinile au înfășurările dimensionate ținând cont că încălzirea lor la o funcționare normală (sudare efectivă urmată de pauză în care mașinile merg în gol) e mai mică decât dacă ar funcționa continuu. Astfel, putem utiliza mașinile și la alți curenți fără să se deterioreze.

De exemplu, o mașină poate funcționa: Cu $DRS = 100\%$, $I = 180 A$; Cu $DRS = 70\%$, $I = 200 A$; Cu $DRS = 50\%$, $I = 230 A$; Cu $DRS = 25\%$, $I = 250 A$;

La sudarea manuală $DRS = 50 \div 85\%$.

3. Sudarea prin presiune

Sudarea prin presiune este procedeul de obținere a unei îmbinări sudate prin deformare plastică a pieselor în locul de sudare sub acțiunea unei compresiuni, care să conducă la apropierea atomilor mărginași de pe suprafețele pieselor ce se îmbină și între ei să apară forțe de atracție atomice reciproce.

Deformarea plastică a pieselor e ușorată de încălzirea locală a locului îmbinării, care poate fi făcută după diverse metode, ceea mai comodă fiind încălzirea electrică prin efect Joule, care are și avantajul unei zone încălzite limitată.

După temperatură maximă în zona de sudură procedeele de sudare sub presiune se împart în trei grupe :

- sudarea la rece la care temperatura în locul de formare a sudurii e mai mică decât temperatura de recristalizare a materialelor ce se sudează ;
- sudarea la cald în stare solidă, la care temperatura în locul de formare a sudurii se găsește între temperatura de topire și cea de recristalizare a materialelor ce se sudează ;
- sudarea la cald cu topire la care temperatura pieselor în zone de formare a sudurii este egală sau mai mare decât temperatura de topire a materialelor.

De regulă, măritarea temperaturii permite micșorarea forței de compresiune și invers fără ca îmbinarea să suferă calitativ.

Realizarea sudurii se poate face în aer, vid sau gaze protectoare, vidul și gazele protejând locul sucurii de pătuindcrea oxigenului din atmosferă.

După forma îmbinării și caracteristicile tehnologice, procedeele electrice de sudare prin presiune se pot clasifica : în sudare cap la cap în stare solidă sau cu topire intermediară (cu sau fără preîncălzire) sudare prin puncte, sudare în linie, sudare în relief, în T, sudare cap la cap cu role etc.

O clasificare a procedelor de sudare prin presiune după caracteristicile tehnologice se arată în figura 3.1.

3.1. SUDAREA PRIN PRESIUNE. DESCRIEREA PROCEDEELOR ȘI UTILIZAREA LOR

Sudare electrică prin presiune. Piese de sudat se apropie una iață de alta pînă la atingere unde se creează o rezistență electrică de contact. Prin trecerea curentului peste rezistență și prin pieze se degajă căldură pînă la încălzirea acestora. Prin aplicarea forței de compresiune se realizează sudura.

3.1.1. SUDARE CAP LA CAP ÎN STARE SOLIDĂ

Piese de sudat sunt fixate în bacuri din cupru astfel ca între bacuri să rămînă o distanță $l_1 + l_2$. (La sudarea materialelor de același fel și același secțiune $l_1 = l_2$ (respectiv $l_1 + l_2 = 2l$).

Bacurile sunt legate la secundarul transformatorului de sudură. De obicei unul din bacuri e fix, celălalt putînd eluneca pe un sistem de sanie. La închiderea circuitului de sudură curent

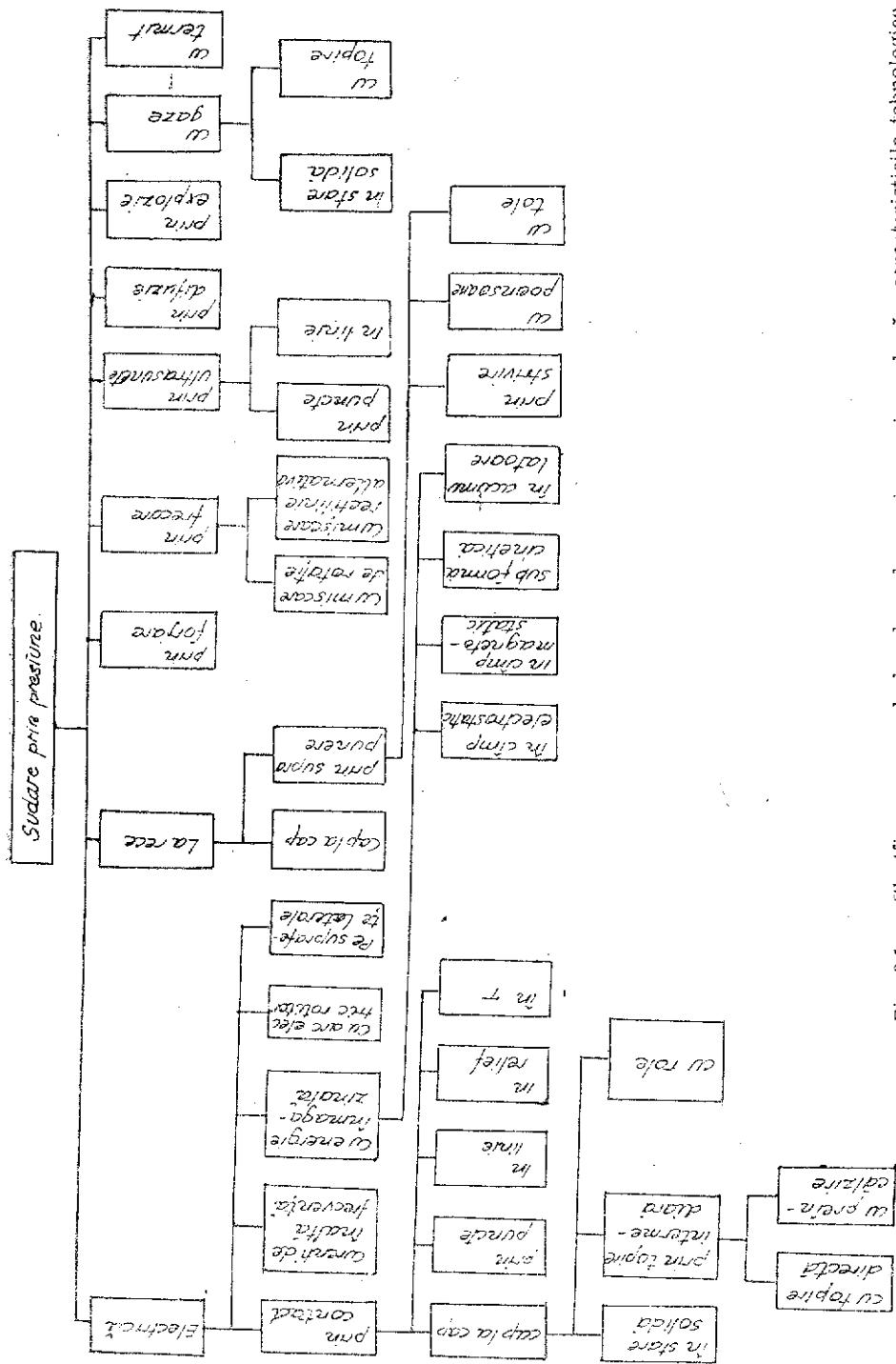


Fig. 3.4 — Clasificarea procedelor de sudare prin presiune după caracteristicile tehnologice

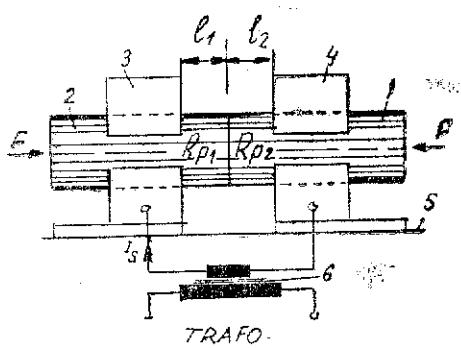


Fig. 3.2 — Schema de principiu a sudării electrice prin presiune cap la cap :
1, 2 — piese de sudat ; 3, 4 — bacuri de prindere a pieselor ; 5 — batu ; 6 — transformatorul de sudare.

țui electric I_s , provoacă încălzirea la locul de contact și în piese. Cu creșterea temperaturii plasticitatea materialului scade și sub acțiunea forței de compresiune se produce sudura înainte ca zona de contact să atingă temperatura de topire.

Ca urmare a deformărilor plastice în zona de sudare, distanța $l_1 + l_2$ se micșorează și materialul dintre bacurile de prindere se îngroașe.

În figura 3.2 se dă schema de principiu a sudării electrice prin presiune cap la cap. Capetele suprafeteelor pieselor ce se sudează trebuie să fie curate și, de asemenea, suprafetele bacurilor în contact cu piesele prinse în ele.

Energia consumată: Se utilizează curent de sudură alternativ 50 Hz, transformatorul având primarul conectat la rețea 220–380 V și asigurând în secundar tensiuni de 0,5–6 V. Curenti de sudură I_s cu valori de 50–70 kA, dar și mai mari.

Cantitatea de căldură dezvoltată la sudură e dată de relația

$$Q = 0,24 \int_0^{t_s} [(R_{p1} + R_{p2})(t) + R_c(t)] I_s^2(t) dt.$$

Rezistența de contact între piese R_c scade cu ridicarea temperaturii și depinde de forță de presare, în timp ce rezistențele pieselor R_{p1} , R_{p2} cresc cu temperatura.

Variata în timp a rezistenței totale a pieselor dintre bacurile de prindere variază conform figurii 3.3, în care :

R_p — rezistența pieselor ($R_{p1} + R_{p2}$) ;

R_c — rezistența de contact.

Parametrii de sudare ce se iau în considerare sunt :

— temperatura maximă la sfîrșitul sudării în zona de contact ;

— densitatea de curent ;

— timpul de menținere sub curent ;

— scurtarea la refugare (micșorarea distanței $(l_1 + l_2)$) ;

— lungimea liberă l_1 , l_2 .

Schema unei mașini de sudat cap la cap în stare solidă e reprezentată în figura 3.4.

Se aplică la sudarea barelor din oțel de formă circulară sau prismatică cu secțiunea pînă la 500 mm².

Pentru sudarea cap la cap a țevilor, sîrmel, barelor din oțel beton, zale de lanț, catarame etc. Se utilizează în industria producătoare de sîrme, profile laminat, industria de vagoane, căile ferate, industria producătoare de țevi la sudare cap la cap a acestora sau pe generatoare. Se

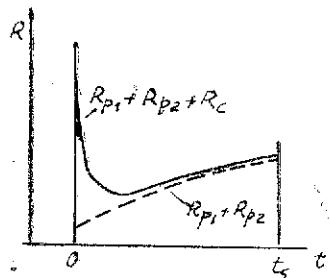


Fig. 3.3 — Variata în timp a rezistenței totale a pieselor dintre bacurile de prindere.

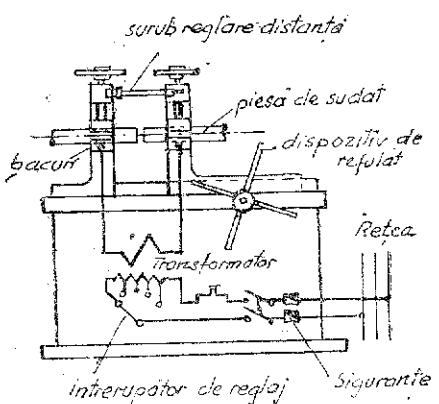


Fig. 3.4 — Schema unei mașini de sudat cap la cap în stare solidă.

poate suda mai cu seamă oțel cu conținut redus de C, (oțel moale), fontă maleabilă, cupru laminat, alamă, bronz, aluminiu și alte aliaje ale cuprului.

Procedeul utilizat fără măsuri speciale nu asigură obținerea de suduri cu calitate superioare și de aceea se utilizează acolo unde valoarea și uniformitatea calităților mecanice sunt de importanță secundară față de aspectul exterior și lipsa unei bavuri, care să necesite prelucrări ulterioare.

Acolo unde se cer calități superioare ale sudurilor (țevi, zale de lant) pregătirea pieselor se face cu grijă, se utilizează mașini cu control automat al parametrilor de sudare și gaze de protecție a locului sudurii.

Să sudează secțiuni din oțel pînă la 50 000 mm² (OI 37) și secțiuni din cupru și aliaje pînă la 2 000 mm². Țevi, bandaje de roată, genți pentru autovehicule, zale de lant, șine de căile ferate, profile din oțel, laminate, chesoane. Sudarea transversală a țevilor, scule, plăcuțe dure pe suporturi la fabricarea sculelor.

Se pot suda oțeluri cu secțiuni multiforme și calități diferite. Oțelul forjat nealiat e sudabil cu oțelul aliat.

3.1.2. SUDARE CAP LA CAP PRIN TOPIRE INTERMEDIARĂ

Piese de sudat se fixează în bacurile de prindere din cupru. Procedeul e constituit în general din patru etape: preîncălzirea ulterioară, ultima putînd să lipsească în unele variante.

Procesul de sudare începe ca la sudarea în stare solidă, cu deosebirea că în acest caz încălzirea capetelor pieselor se face prin repetate apropieri și îndepărțări ale capetelor pieselor. Datorită acestui fapt, metalul în aceste suprafete se încălzește pînă la temperatura de topire, creîndu-se între pieze punți de metal topit. După obținerea unor pelicule continue de metal topit pe fețele capetelor pieselor de sudat, acestea se apropie una de alta cu viteză mare, metalul topit, oxizii și impuritățile fiind evacuate din interstîiul dintre ele și se realizează sudarea pieselor pe întregă suprafață de contact. Procesul de dezagregare a punților de metal topit creează în zona îmbinării suprapresiuni care asociate cu arderea carbonului face ca sudura să fie protejată de pătrunderea oxigenului în îmbinare.

Condiția unei suduri bune este ca procesul sudării să fie continuu, cazul ideal fiind acela în care, viteza de deplasare a pieselor una către alta să fie egală cu viteză de topire.

După refulare, transformatorul de alimentare cu curent se întrerupe; prin reconectarea transformatorului pe o durată determinată și la momentul potrivit se poate realiza și un tratament termic. Schema procesului de sudare fără preîncălzire este redată în figura 3.5, iar cea cu preîncălzire în figura 3.6.

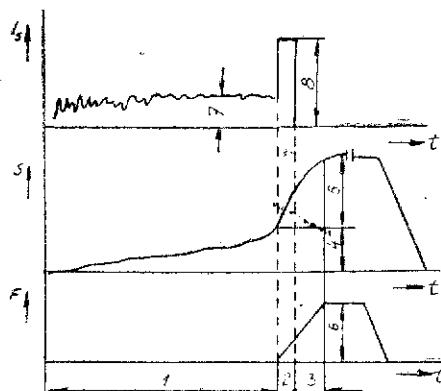


Fig. 3.5 — Schema procesului de sudare cap la cap fără preîncălzire :

*I*_s — curent de sudare efectiv ; *S* — spațiu parcurs de sania mobilă ; *F* — forță de compresie asupra pieselor ; 1 — durata topirii ; 2 — durata refulării sub curent ; 3 — durata refulării fără curent ; 4 — scurtarea la topire ; 5 — scurtarea la refulare ; 6 — forță de refulare ; 7 — curent de topire ; 8 — curent de refulare.

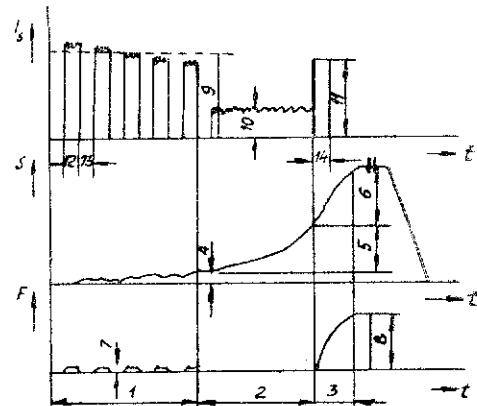


Fig. 3.6 — Schema procesului de sudare cap la cap cu preîncălzire :

*I*_s — curent de sudare efectiv ; *S* — spațiu parcurs de sania mobilă ; *P* — forță de compresie asupra pieselor ; 1 — durata preîncălzirii ; 2 — durata topirii ; 3 — durata refulării ; 4 — scurtare la preîncălzire ; 5 — scurtare la topire ; 6 — scurtare la refulare ; 7 — forță de preîncălzire ; 8 — forță de refulare ; 9 — curent de preîncălzire ; 10 — curent la topire ; 11 — curent la refulare ; 12 — interval de sarcină ; 13 — interval de repaus ; 14 — durată refulării sub curent.

Față de sudarea cu topire directă, sudarea cu preîncălzire are avantajele:

- necesită putere mai mică la aceeași mărime a secțiunii pieselor de sudat;
- zona încălzită e mai largă, micșorând viteza de răcire după sudare;
- deformarea plastică la refulare e mai ușoară;
- scurtare mică la topire avind consecință economii de material.

Dezavantaje:

- productivitate mai slabă decât sudarea prin topire directă;
- complică procesul de automatizare al sudării;
- pericol de supraîncălzire a sudurii cu consecințe negative asupra rezistenței acesteia.

Energia consumată:

Ca la sudarea cap la cap în stare solidă (punctul 3.1.1).

Observații:

1. Mașinile de sudat cap la cap prin topire intermediară sint asemănătoare celor de sudat prin presiune în stare solidă.

2. Prinderea pieselor în bacuri se face manual sau mecanic (motor, sisteme pneumatic sau hidraulic).

3. Deplasarea pieselor una către alta la topire sau la refurate se poate face manual sau mecanic.

4. La oțel slab aliat cu conținut ridicat în C e bine ca după sudare răcirea să se facă cît mai incet folosindu-se căldura reziduală din piese.

Răcirea rapidă poate duce la călire.

Răcirea lentă are influență pozitivă asupra rezistenței sudurii.

5. Prin această metodă se pot suda buloane (șuruburi) pe suprafetele pieselor având diametrul de 8–35 mm. De asemenea se pot suda nituri (electronituirea).

3.1.3. SUDAREA ELECTRICĂ PRIN PUNCTE

Procedeu de sudare electrică, prin presiune, la care piesele de sudat sunt suprapuse și sudate în puncte distincte. Punctele de sudură se pot realiza succesiv sau simultan; poziția lor, relativă fiind funcție de poziția electrozilor mașinii de sudură. Sursa de căldură se dătoarează efectului Joule, produs de curentul electric din circuitul de sudare asigurat de un transformator de sudură.

Schematic sudarea electrică prin puncte este dată în figura 3.7. Piese de sudat 1 sunt strinse cu forța F între electrozii de contact 3 răciți cu apă, aceștia fiind legați la un transformator 2, alimentat de la rețeaua electrică 4.

Presiunea F pe electrozi poate fi realizată manual, cu piciorul, cu motor, pneumatic și hidraulic. Timpul de trecere a curentului de sudare t_s e reglat de un releu de timp. Pentru sudarea mai multor puncte sunt necesari mai mulți electrozi și un transformator cu putere mai mare. Sudarea se produce ca urmare a trecerii curentului I_s peste rezistența dintre electrozi și mașinii. Piesele trebuie curățate prin sablare, răzuire, smârghel, sau atac chimic (mai ales la metalele ușoare).

Sub acțiunea efectului termic rezistențele de contact R_c scad repede spre zero, crescând însă rezistența pieselor de sudat R_p . Între pieze se formează punctul de sudură cu material

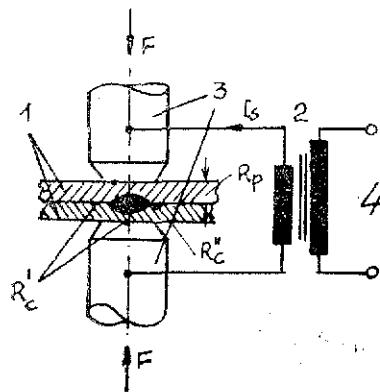


Fig. 3.7 — Schema sudării electrice prin puncte :

1 — piese de sudat; 2 — transformator; 3 — electrozi; 4 — transformator.

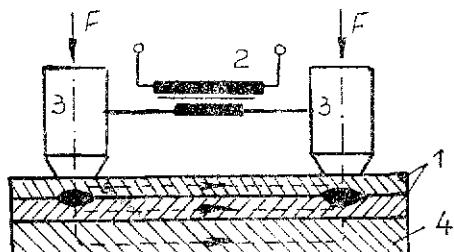


Fig. 3.8 — Schema sudării electrice prin puncte dintr-o parte :

1 — piese de sudat; 2 — transformator; 3 — electrozi; 4 — placă din cupru.

comun din piesele de sudat, materialul fiind adus sub efectul termic în stare topită. După întreuperea curentului, nucleul topit se solidifică din punct de legătură. Când prinderea pieselor nu e posibilă din ambele părți se face sudarea dintr-o singură parte (figura 3.8.)

Energie consumată. Se utilizează curent de sudură alternativ 50 Hz, cu utilizarea unor transformatoare racordate la rețea de 220–380 V, tensiunea secundară de mers în gol fiind de 1–15 V. Curenii de sudură variază între 1 000–100 000 A.

Parametrii de sudare ce trebuie luați în considerare sunt:

- curentul de sudare;
- timpul de trecere a curentului;
- forța de apăsare.

Alegerea parametrilor se face în funcție de caracteristicile materialelor de sudat și pot să variajă în timpul operației de sudare.

Sudarea electrică prin puncte se utilizează la îmbinarea de table, benzi, sîrme și profile subțiri din diferite materiale. Se pot suda table din oțel suprapuse, grosimea ambelor table să fie de maximum cca 25 mm.

Rezultate bune se obțin la sudarea tablelor decapate, dar poate fi sudată și tabla neagră, zincată, plumbuită sau acoperită cu alte metale. Se pot suda materiale ca: oțel, Cr Ni, aluminiu, cupru, bronz, zinc, aluminiul și aliajele sale, argint pînă la 8 mm grosimea ambelor piese ce se sudează. Exemple de utilizări:

Construcții ușoare din table și profile subțiri din oțel sau altaje neferoase.

Construcția de autovehicule de tot felul, construcția de vagane de cale ferată, tramvaie și troleibuze.

Construcții aviatice. Construcția de timplărie metalică în construcții civile și industriale. Producția de unicat și de serie pentru mobilier din tablă.

Diverse obiecte din tablă și sîrme, balamale, lopeți, jucării, mașini de scris, aparate pentru uz gospodăresc.

Utilizare la construcția de mașini textile. Construcții de plase și carcase de armături pentru betoane armate. Înlocuiește cu succes asamblările prin nituire.

Pentru piese voluminoase și configurații complicate sunt utilizări în special clești de sudură în locul mașinilor de sudat prin puncte stabilă. La piesele voluminoase și producție de masă se folosesc mașinile de sudat multipunct și roboți de sudură.

3.1.4. SUDAREA ÎN LINIE (PRIN CUSĂTURĂ)

Sudarea în linie se deosebește de sudarea prin puncte prin aceea că electrozii sănă înlocuiți prin role de contact (figura 3.9).

Asupra rolelor 1 se aplică o forță de presare F , care asigură frecarea necesară întreierei materialelor de sudat 2 de către role și formarea cusăturii. Materialele de sudat se curăță de murdărie, grăsimi, oxizi, utilizându-se în acest scop perii de ștrîmă, perii circulare sau decaparea chimică. Materialele se aşază una peste alta și se introduc sub rolele de contact.

Antrarea rolelor se face în general cu motoare electrice prin intermediul reducătoarelor de turărie. Transformatorul (3) reduce tensiunea de rețea 220–380 V la 1–10 V asigurînd curent de 1 000–100 000 A.

Sudarea se produce datorită efectului termic al curentului electric, prin trecerea lui peste rezistența dintre role. Diversele variante ale sudării prin cusătură sunt reprezentate în figura 3.10.

În cazul a forță de presare și curentul sunt constante, rolele se mișcă cu turărie constantă. În cazul b forță de presare e constantă, rolele se rotesc cu viteză constantă în timp ce ritmic se conectează și se deconectează curentul. În cazul c cînd e conectat curentul rolele sunt nemîcate, iar cînd că se mișcă, curentul e deconectat.

La sudarea unor metale greu sudabile parametrii pot fi programati cu o variație specială a curentului de sudare și a forței de apăsare.

Procedeu se utilizează la sudarea tablelor din oțel, a căror grosime totală rezultată (prin suprapunere trebuie să nu depășească 10 mm). Se poate suda tabla neagră, decapată, tabla zincată, cupru, aluminiu, oțel austenitic NiCr, aluminiu și aliaje din aluminiu de grosime 2×1,5 mm. Utilizat în construcții ușoare din table, în industria de autovehicule, alimentară, ambalaje, radiatoare, recipienți, genți, țevi, ambalaje, căni etc.

Inlocuiește cu succes îmbinarea prin vîrluire și lipire.

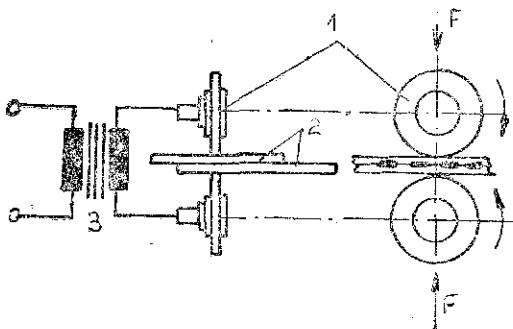


Fig. 3.9 — Schema sudării în linie prin cusătură :
1 — role ; 2 — piese de sudat ; 3 — transformator.

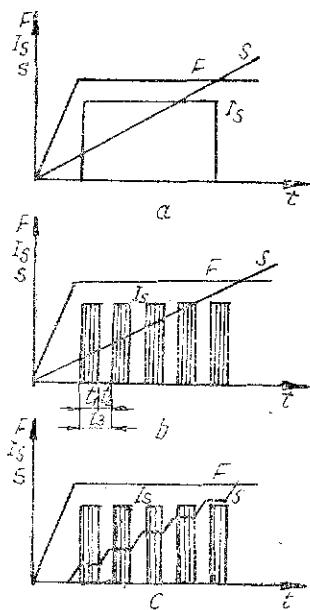


Fig. 3.10 — Variante ale sudării în linie (prin cusătură) :

F — forță de apăsare pe role ; S — spațiu parcurs de piesele de sudat ; I_s — curent de sudare ; t_1 — durată impulsului de curent ; t_2 — pauze de timp ; t_3 — durată ciclului de sudare.

3.1.5. SUDAREA ÎN RELIEF

Îmbinarea se formează în puncte distincte în locurile în care una din piesele ce se sudă prezintă niște proeminențe realizate prin presare. Schema principală este arătată în figura 3.11.

Piese de sudat 2 sunt presate prin intermediu al electrozilor 1 cu forță F . Electrozii sunt răcoriți la transformatorul 3. Numărul proeminențelor ce se sudează simultan este de 2-12 în funcție de grosimea materialului și puterea mașinii de sudură.

Metoda prezintă avantajele :

- productivitate ridicată ;
- concentrare importantă a căldurii în punctele de contact ;
- uzură mică a electrozilor.

Procedeul este folosit mai ales pentru producția de masă a pieselor de dimensiuni mici și mijlocii la care trebuie să realizeze mai multe puncte de sudură și se pretează de obicei la sudarea pieselor executate prin presare la care odată cu obținerea formei pieselor se realizează și proeminențele necesare pentru sudarea lor. Grosimea tablelor din oțel 37.

$$s = 0,8 \div 10 \text{ mm.}$$

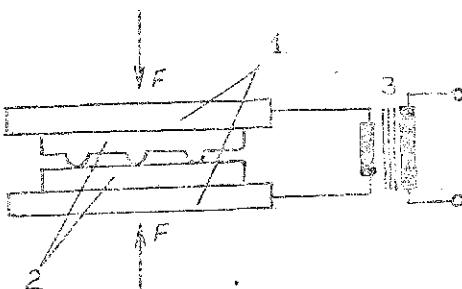


Fig. 3.11 — Schema sudării în relief :
1 — electroz ; 2 — piese de sudat ; 3 — transformator.

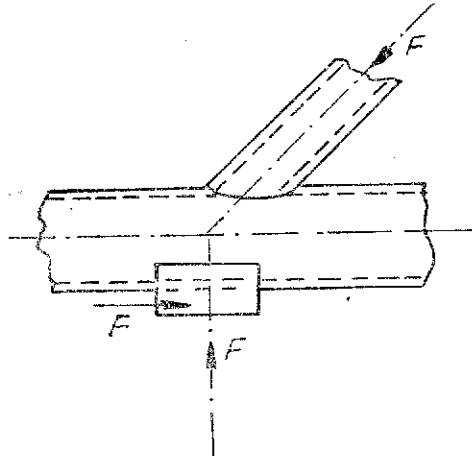


Fig. 3.12 — Aplicație a sudării în relief.

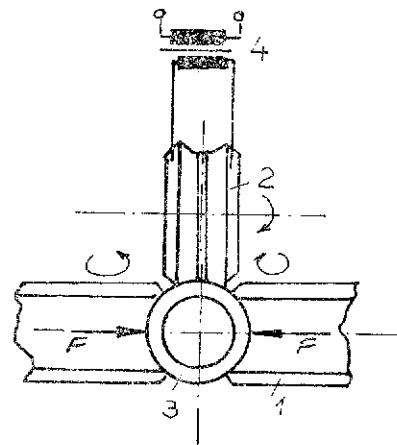


Fig. 3.13 — Sudarea cap la cap cu role.

3.1.6. SUDAREA ÎN T

Este o aplicație a sudării în relief, asigurînd îmbinarea în *T* a două țevi, figura 3.1.2. și se utilizează în construcții din țeavă, ferme.

3.1.7. SUDAREA CAP LA CAP CU ROLE

Se aplică, mai ales, la sudarea țevilor după generatoare, cusătura formîndu-se treptat pe întreaga secțiune a marginilor aduse în contact.

Schela principală a procedeuîi e arătată în figura 3.13.

Semifabricatul (țeava îndoită) se obține dintr-o bandă din oțel tăiat exact în lățime trecută printr-un dispozitiv cu role. Între rolele dispozitivului treptat se formează țeava avînd rostul necesar între margini.

Teava trece apoi prin dispozitivul de sudat unde valurile 1 și rolele de sudare 2 formează un calibră încis. Curentul de sudare ce se închide prin rezistența dintre rolele de sudare 2 încâlzește și topește marginile teviîi, loc unde se formează sudura sub forța de presare care asigură deformarea plastică necesară.

Bavura exterioară se tăie la cald.

Bavura interioară nu se îndepărtează.

Se aplică la obținerea teviîor sudate din oțel moale, avînd diametrul între 10–400 mm și grosime de perete de 0,5–14 mm. și la sudarea unei benzi din două straturi din oțel de scule și oțel obișnuit.

3.1.8. SUDAREA CU CURENTI DE ÎNALTA FRECVENȚĂ

Se aplică pentru sudarea cap la cap a teviîor din oțel cu conținutul maxim în carbon de 0,25% sau la sudarea pe generatoare a teviîor în procesul de fabricație a acestora.

Cantitatea de căldură necesară aducerii materialului în stare plastică, este asigurată de inducătoare de diferite forme constructive adecvate scopului, care sunt parcuse de curenti de înaltă frecvență de zeci sau de mii de perioade care induc în material curenti de aceeași frecvență. Aceștia provoacă prin curenti Foucault și efect Joule (pe rezistența materialului) dezvoltarea de căldură necesară sudării.

Refularea materialului se realizează prin aplicarea unei forțe de refulare.

Schela principală a metodei e reprezentată în figura 3.14, a, b. La sudarea teviîor cap la cap inducătorul 2 induce curenti de inducție care încâlzeșc capetele teviîor 1 aducîndu-le în stare plastică. Aplicînd forță de refulare *F* se realizează sudarea cu bavura 3.

La sudarea teviîor pe generatoare forța de presare se execută de rolele 4.

Pentru preîmpinarea oxidării metalului în interiorul teviîor se pot introduce gaze (argon, metan, propan, CO₂ + acetilenă etc.).

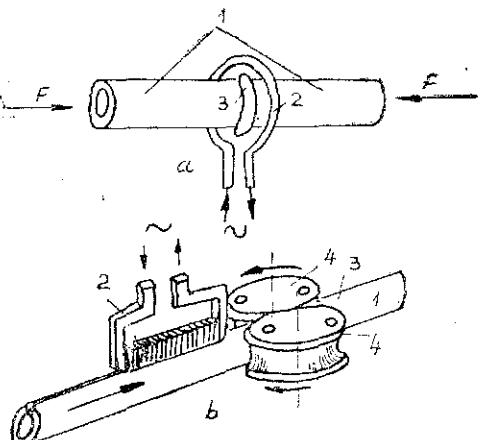


Fig. 3.14 — Sudarea prin curenti de inalta frecventa:

a) sudarea teviilor cap la cap; b) sudarea teviilor pe generatoare; 1 — tevi de sudat (cap la cap sau pe generatoare); 2 — inductor de i.f. racit cu apa; 3 — sudura (in bavură); 4 — role de presare.

Se aplică la sudarea teviilor din oțel cu conținut în C sub 0,25 %, fabricația conductorilor bimetalici constituși din combinații de materiale, fabricarea plăcilor bimetalice, sudarea arpicarelor pe conducte la răcitoare și sudarea de inele din oțel sau metale neferoase la piese cilindrice din oțel.

3.1.9. SUDAREA CU ENERGIE ÎNMAGAZINATĂ

Folosește pentru sudare energia electrostatică acumulată în condensatoare electrice sau energia electromagnetică înmagazinată în cîmpul magnetic al unei bobine la tensiuni de 3—10 kV.

În figura 3.15 e reprezentată schema principală a unor mașini de sudat cu energie electrostatică.

De la o sursă de curent continuu se încarcă capacitatea C cînd comutatorul K se găsește pe poziția 1. La trecerea comutatorului K în poziția 2, cantitatea de electricitate acumulată în condensatorul C se descarcă pe transformatorul T_s , sub forma unui curent de descărcare. Curentul induș în secundarul transformatorului, provoacă sudarea pieselor P. La sudarea cu energie înmagazinată în cîmp magnetic reprezentată schematic în figura 3.16 e folosit virful de tensiune care apare la întreruperea curentului primar al transformatorului de sudură. Se mai poate utiliza energia înmagazinată sub formă cinetică în volanți sau energia acumulată în acumulatoare electrice, aceste ultime forme fiind puțin răspîndite.

Energie consumată. Energie electrică la tensiuni de 3—10 kV și curenti de pînă la 200 kA. Timpii de sudură extrem de scurți în care se dezvoltă energii mari.

Se aplică în practică la sudarea pieselor foarte fine în industria electrică, optică, mecanică fină. Se sudează aproape toate materialele sub formă de table suprapuse ce nu depășesc

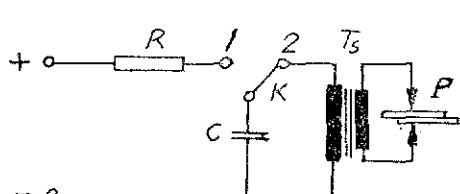


Fig. 3.15 — Prinzipiul sudării cu energie înmagazinată:

K — comutator; C — condensator; T_s — transformator; P — piesele de sudat; R — rezistență de protecție a transformatorului la virfuri de tensiune.

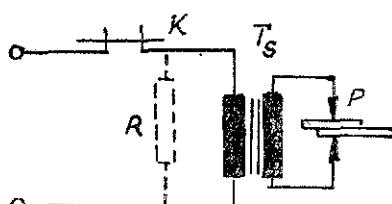


Fig. 3.16 — Sudarea cu energie înmagazinată în cîmp magnetic.

grosimi de 10 mm și strme de 1 mm diametru. Față de sudarea prin rezistență prezintă avantajele:

- a) Sudura are dimensiuni uniforme;
- b) Nu se produc pierderi de căldură prin disipare;
- c) Timpul de sudare este foarte scurt (1/50 - 1/500 s).
- d) Randament foarte ridicat (pînă la 50%).
- e) Nu necesită răcirea electrozilor;
- f) Se poate suda fără atmosferă de gaz protector.

3.1.10. SUDAREA PRIN PRESIUNE CU ARC ELECTRIC ROTITOR

Arcul electric se amorsează între capetele pieselor de sudat aflate la o distanță mică una față de alta și racordate la un generator de sudură de cîrînt continuu. Mișcarea de rotație a arcului și determinată de un sistem de două bobine ce încorajoară locul de joncțiune a capeteelor pieselor legate în serie cu circuitul de sudură. În prima fază, arcul se aprinde și se stinge în mod repetat, după care este rotit între capetele pieselor pînă cînd capetele pieselor se topesc. Aplicînd o forță de refulare, se realizează deformarea plastică neccesară sudării.

Se aplică la sudarea barelor rotunde și țevilor de diametru mare.

Rezistența și plasticitatea îmbinării după acest procedeu sunt bune.

3.1.11. SUDAREA ELECTRICA PE SUPRAFĂȚE LATERALE

Îmbinarea se produce ca la sudarea cap la cap în stare solidă dar pe suprafețele laterale ale pieselor.

Este folosită la îmbinarea tablelor între ele, cînd sunt necesare suprafețe mai mari de tablă.

3.1.12. SUDAREA PRIN PRESIUNE LA RECE

Procedeul se aplică pentru sudarea materialelor cu un înalt grad de plasticitate ca de exemplu aluminiul, cuprul, cositorul, aurul, argintul și altele. Realizarea unei îmbinări rezistente e condiționată de realizarea unei apropiere a pieselor de sudat la o distanță la care, se manifestă forțe de atracție interatomice, temperatura pieselor fiind mai mică decit cea de recristalizare a lor.

Criteriul de sudabilitate prin presiune la rece a metalelor e determinat de gradul de deformare necesar pentru realizarea unei îmbinări rezistente. Deformația plastică necesară e cu atît mai mică cu cît suprafețele ce se aduc în contact sunt mai fin prelucrate și cu cît ele sunt mai curate.

Sudura se poate executa prin suprapunerea pieselor, cu variantele, prin strivire, cu poane sau cu role, figura 3.17 sau cap la cap, figura 3.18 în toate cazurile deformarea se obține prin influența forței de compresiune.

Se aplică la sudarea tablelor din același material sau din materiale diferite: aluminiu + plumb, aluminiu + staniu, aluminiu + fier, aluminiu + alamă, cupru + nichel, cupru + alamă, cupru + staniu, cupru + zinc, cupru + oțel austenitic 10NC180, sau TNC 180.

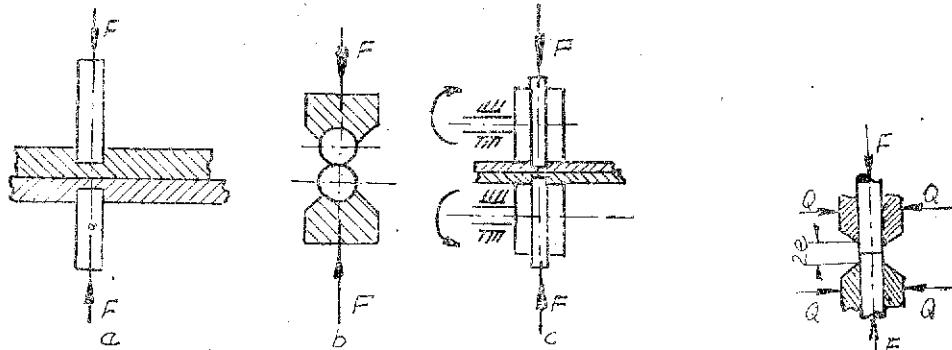


Fig. 3.17 — Sudarea prin presiune la rece prin suprapunere:

a) cu poanoane; b) cu strivire (pentru strme); c) cu role.

Fig. 3.18 — Sudarea prin presiune la rece cap la cap

Aplicații :

Sudarea cap la cap a sîrmelor, barelor, țevilor, profilelor laminate etc. din materiale cu plasticitate mare fărăosebi cuprul și aluminiul.

Utilizat în industria ușoară, industria bunurilor de larg consum, industria electrotehnică, industria sîrmei etc.

3.1.13. SUDAREA PRIN PRESIUNE PRIN FORJARE

Procedeu vechi de realizare a sudurii folosind pentru încălzirea pieselor de sudat focul de mangal, cocs, cărbune sau gaze. După ce piesele au fost încălzite urmărează să se aplică presiunea necesară asupra suprafețelor de sudat, curățite și aduse în contact. În acest scop se utilizează ciocane și nicovală. Piese se aşază pe nicovală și cu ușoare și dese lovitură de ciocan se realizează sudarea. După aceasta, deformarea necesară poate fi făcută și cu lovitură grele.

La utilizarea ca agent de încălzire a gazului, rezistența îmbinării poate atinge rezistența metalului de bază, în rest rezistența e de cca 80% din cea a materialului de bază.

Prepararea pieselor în vederea sudării e dată în figura 3.19.

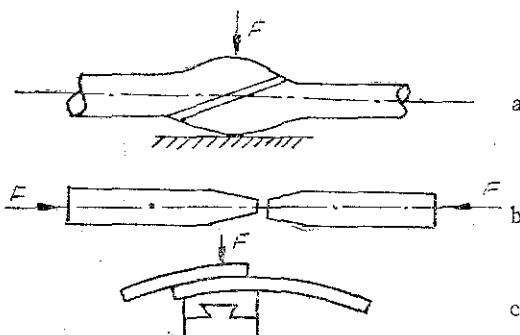


Fig. 3.19 — Sudarea prin forjare :
a) sudarea prin acoperire; b) sudarea
cu lovitură axială; c) sudarea tablelor,
țevilor sau recipienților.

Înlocuiește făltuirea sau nituirea la realizarea țevilor și tuburilor de diametre mari și
utilizează la realizarea de unelte din care partea activă din oțel de calitate, rezistență, sudat pe un
oțel de rezistență mai slabă.

Observație :

În locul ciocanului poate fi folosit laminorul sau presa corespunzătoare în vederea dezvoltării presiunii necesare.

3.1.14. SUDAREA PRIN FRECARE

Procedeu la care sursa termică este căldura dezvoltată prin frecare dintre suprafețele frontale ale pieselor de sudat sub acțiunea unei forțe de compresiune F . Frecarea poate fi realizată prin rotirea unei față de alta a uneia sau a ambelor piese sau prin mișcarea alternativă a unei piese față de alta, cunosindu-se și alte variante.

În figura 3.20 sunt reprezentate schemele de principiu ale sudării prin frecare. După terminarea încălzirii, piesele se opresc și mai repede și cu o forță mai mare se realizează refuzarea.

Procedeul prezintă avantajul unei zone topite concentrată pe suprafețele pieselor de îmbinat, a unui consum de energie de cca 2 ori mai mic decât la sudarea electrică prin presiune, încărcarea simetrică a rețelei electrice, randament bun și factor de putere $\cos \phi$ mai bun decât la sudarea electrică prin presiune; se prefează la mecanizare și automatizare, fiind în același timp un procedeu desfășurabil în condiții optime de tehnica securității.

Sudarea pieselor din același material cu diametrele egale sau diferite ca de exemplu : supape, de talerul supapei, sudarea cozilor de burghie, freze, alezoare din două părți, partea activă

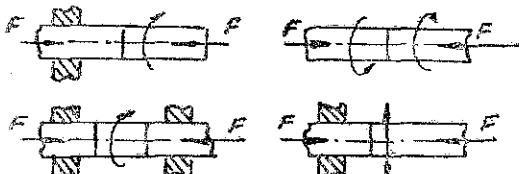


Fig. 3.20 — Schemele de principiu ale sudării prin frecare.

din oțel de scule și coada din oțel de calitate, realizarea de îmbinări de țevi, sudarea conductoarelor electrice pînă la 75 mm² și secțiune, fabricarea de arbori, bare de direcție și transmisie etc. în industria automobilelor sudarea de metale ale căror puncte de topire sunt mult diferite de exemplu tantal (3 000°C) cu oțel (1 500°C).

3.1.15. SUDAREA PRIN ULTRASUNETE

Procedeu bazat pe curgerea plastică a materialelor provocată de forțele de frecare dintre piesele ce trebuie să se sudate. Mișcarea relativă a pieselor ce se freacă este provocată de vibrații mecanice, obținute prin magnetostrițion sau efect piezoelectric.

Alimentarea dispozitivelor de producere a vibrațiilor mecanice se face de la generatoare de înaltă frecvență (22 kHz) la putere de cîțiva kW. Vibrațiile se transmit pieselor de sudat cu ajutorul unui dispozitiv numit sonotron.

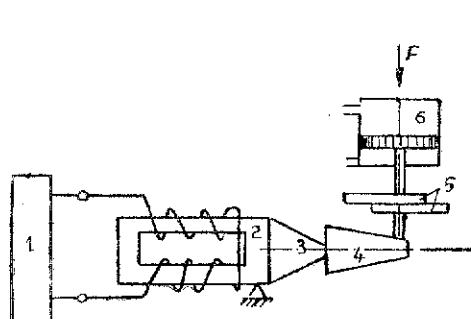


Fig. 3.21 — Sudarea în puncte cu ultrasunete :

1 — generator de frecvență ; 2 — magnetostrictor ; 3 — ghidaj de vibrație ; 4 — sonotron ; 5 — material de sudat ; 6 — cilindru de presare.

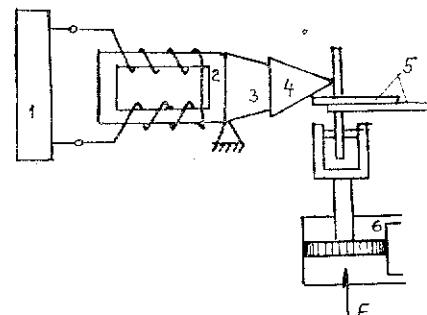


Fig. 3.22 — Sudarea în linie cu ultrasunete.

Cînd vibrațiile se aplică pe cuilele de contact, figura 3.21 avem de-a face cu sudarea în puncte, iar cînd sunt transmise roțelor de sudare e cazul sudării prin presiune în linie, figura 3.22.

Se utilizează utilaje racordate la rețea de 220–380 V și puteri instalate de pînă la 10 kW.

Se folosesc pentru sudarea foliilor din materiale neferoase mai ales aluminiul și la sudarea maselor plastice (numai termoplaste).

3.1.16. SUDAREA PRIN DIFUZIE

Reprezintă sudarea în fază solidă la care piesele fiind menținute în contact sub o presiune dată și sub o anumită temperatură, sunt aduse în stare plastică în locul unde urmează să se realizeze sudura. Prin aceasta se ajunge la un contact intim între piese, ceea ce permite o migrație a atomilor de la o piesă la alta și prin aceasta realizarea integrității materiei, figura 3.23.

Sudarea este favorizată de starea de curățenie a suprafeței; temperatura la care se găsesc piesele la locul de îmbinare (0,6–0,8) din temperatură de topire, timpul și presiunea exercitată asupra pieselor.

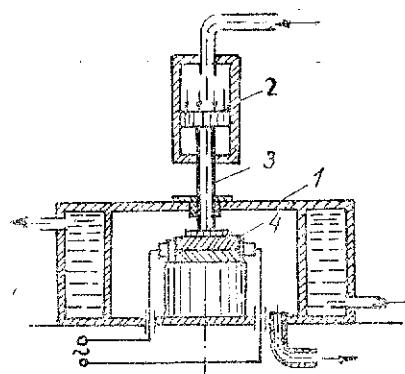


Fig. 3.23 — Schema instalației pentru sudarea prin difuzie în vid :

1 — camera de vid ; 2 — dispozitiv de compresiune ; 3 — piston ; 4 — piese de sudat.

Sudarea în atmosferă protecțoare de gaze nobile sau vid permite obținerea de legături lip-site de oxizi, nitruri etc.

În cazuri dificile de sudare a două metale (identice sau diferite) poate fi necesar să se interpună un metal de adaos pentru a schimba fie natura, fie concentrația elementelor difuzate la suprafață. Metalul interpus se poate aplica prin electroliză, metalizarea sub vid, puiverizarea catodică etc.

Avantaje:

- posibilități de sudare a numeroase metale;
- suprimarea discontinuității metalurgice (metal de bază, zona influențată, zona totipită) ce se produce la alte procedee;
- absența fisurilor;
- deformări reduse;
- lipsa tensiunilor interne;
- posibilități de asamblare a pieselor pe suprafețe mari.

Dezavantaje: Obținerea de caracteristici superioare se poate face numai prin punerea la punct a parametrilor de lucru;

- posibilități de obținere a unei legături defectuoase la periferia sudurii;
- defectoscopia a sudurii foarte dificilă.

Se sudează oțeluri slab aliate, oțeluri inoxidabile cu 0,5% Ti și Al sau oțeluri inoxidabile cu mai mult de 0,5% Ti + Al. Se pretează, de asemenea la asamblările de Al cu diverse inotale și aliaje ca de exemplu Al + Cu, Al + oțel inoxidabil. Se realizează prin acest procedeu schimbătoare de căldură, elemente de radioare, pentru tractoare agricole, condensatoare pentru aparate frigorifice, pale de elicoptere, componente electronice, panouri, răcorduri de tubularatură etc.

3.1.17. SUDAREA PRIN EXPLOZIE

Metodă specială de obținere a unei suduri utilizând energia dezvoltată ca urmare a unei încărcături explosive.

Principiul metodei e reprezentat în figura 3.24.

Placa de sudat 2 se aşază față de placă suport sub un unghi ascuțit. Pe placă de sudat se aşază un material absorbant și peste acesta explozivul.

Amorsarea exploziei se face cu ajutorul unei capse. Unda de soc provocată de explozie proiectează placă de sudat peste placă suport, între ele realizându-se sudarea.

Utilizare în scopuri speciale, pentru sudarea de materiale și aliaje ușoare care nu pot fi sudeate prin metode curente. Se utilizează la construcții din domeniile speciale ale industriei chimice, aeronautice și spațiale și industrie atomică.

3.1.18. SUDAREA PRIN PRESIUNE CU GAZE

Procedeul seamănă cu sudarea electrică prin presiune cu deosebirea că sursa de căldură este flacără unui gaz combustibil de obicei amestec de oxigen și acetilenă.

Se poate executa în două variante: în stare solidă și prin topire. La sudarea în stare solidă capetele pieselor 1, 2 sunt apropiate una de alta și apăsată cu o forță F .

Arzătorul circular 2 se plimbă în ambele sensuri de-a lungul pieselor. La atingerea unei temperaturi de 1 200–1 250°C (pentru oțel) sub acțiunea forței F piesele se îngroasă în dreptul suprafeței de contact realizându-se sudura, figura 3.25. La sudarea în stare lichidă se pro-

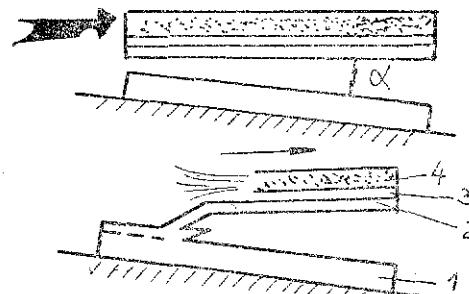


Fig. 3.24 — Principiul sudării prin explozie:

1 — placă suport; 2 — placă de sudat; 3 — material absorbant; 4 — exploziv.

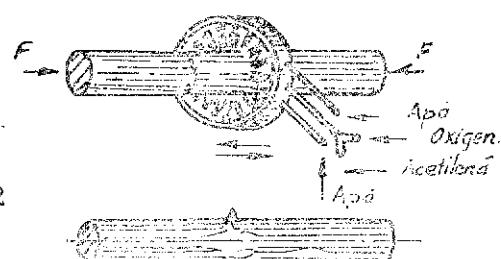


Fig. 3.25 — Principiul sudării prin presiune cu gaze

cedează similar cu remarcă că, spre sfîrșitul încălzirii arzătorul este menținut în dreptul îmbinării pînă la topirea capetelor. Urmează aplicarea forței F sub acțiunea căreia metalul topit este expulzat dintre piese și se realizează deformarea plastică necesară sudării.

La sudarea prin topire pregătirea capetelor pieselor în vederea sudării poate fi mai sumară, impuritățile și neregularitățile de prelucrare se elimină prin topire și refuzare.

Utilizarea ca și sudarea electrică în stare solidă și topire intermedieră.

3.1.19. SUDAREA ALUMINOTERMICĂ

Sursa termică e căldura produsă de reacția de combinare a aluminiului cu oxigenul Iua din oxidul de fier cu obținerea de fier curat, topit sub acțiunea căldurii degajate. Un kilogram de termit (amestec de 230 g aluminiu cu 770 g oxid de fier) degăjă o cantitate de căldură de 750 kcal rezultînd cca 550 g fier topit și 450 g zgură. Aprivirea termitului se face cu o capsă cu flacără oxiacetilenică sau cu arc electric.

Schematic procesul descurge astfel: piesele se aduc în contact și se presează una față de cealaltă cu forța F . Pe ele se aplică o cochină din material ceramic, fontă sau grafit astfel ca în jurul pieselor să rămînă un gol în care se toarnă lichidul rezultat din reacția aluminotermică, care are loc într-un creuzet.

Pieselete de sudat vin mai întîi în contact cu zgura, aflată la partea superioară a creuzetului, zgură care se solidifică formînd un înveliș prin care fierul nu poate trece. Sub acțiunea încălzirii și a forței de presare F , piesele se deformează plastic, realizîndu-se sudarea lor. După răcire zgura și inelul din oțel se îndepărtează de pe piese.

La sudarea în capete a barelor din oțel, oțel beton, a profilelor din oțel, șinelor de tramvai și cale ferată.

3.2. CONSTRUCȚIA UTILAJELOR PENTRU SUDAREA PRIN PRESIUNE

Utilajele pentru sudarea prin presiune trebuie să asigure următoarele cerințe:

- să asigure energia necesară pentru realizarea îmbinării pieselor;
- să permită fixarea pieselor în poziție convenabilă în vederea sudării, să le mențină în această poziție și să dezvolte forță mecanică necesară în vederea refuzării;
- să execute unele operațuni mecanizat, automatizat, să comande, să regleză și să măsoare parametrii de sudare;

Mașinile electrice de sudat prin contact au elemente ale circuitului electric asemănătoare, configurația constructivă fiind însă deosebită după procedeu, funcționalitatea avînd unele particularități.

Părțile principale ale unei mașini de sudat prin puncte sunt reprezentate în figura 3.26.

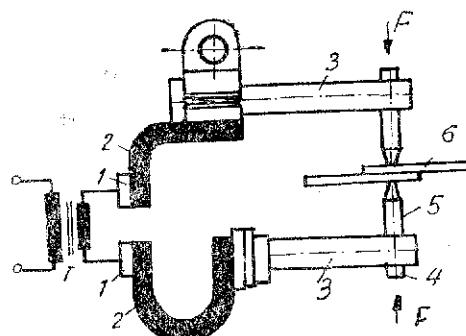


Fig. 3.26 — Circuitul de sudare al mașinii de sudat prin puncte:

- 1 — piese de contact transformator; 2 — legături flexibile; 3 — console; 4 — portelelectrozi; 5 — electrozi (cuie de contact); 6 — piese de sudat; 7 — reazem articulat.

3.2.1. ELECTROZII (CUIELE DE CONTACT) PENTRU MAȘINI DE SUDAT PRIN PUNCTE

Transmit curentul electric și forțele mecanice, pieselor de sudat, evacuînd în același timp o parte din căldura dezvoltată. Lucrează deci în condiții grele trebuie să satisfacă calitățile:

- să aibă conductibilitate electrică și termică ridicată;
- să aibă stabilitate mecanică la temperaturi ridicate.