

COLECȚIA

# POȚI FACE ȘI SINGUR <sup>17</sup>

FL. M. VÂLCEANU



## SUDAREA ȘI LIPIREA METALELOR

## Cuprins

Sudura metalelor .....	5
<b>Cap. I. Terminologie și simbolistică în tehnica sudurii...</b>	<b>7</b>
<b>Cap. II. Sudarea cu flacără oxiacetilenică.....</b>	<b>14</b>
Aprinderea flăcării oxiacetilenice .....	16
Tipuri de sudură .....	18
Sudura cu sârmă de adaos.....	22
Sudura oțelurilor moi.....	24
Sudura în V simplu.....	27
Sudura de colț.....	31
Sudura „filet“ .....	35
Sudura oțelului inox .....	36
Sudura fontei .....	37
Sudura aluminiului.....	40
Sudura în colț.....	42
Sudarea alamei .....	44
Sudarea cuprului.....	45
Tăierea metalelor.....	46
<b>Cap. III. Sudarea cu arc electric.....</b>	<b>50</b>
Primii pași în sudura cu arc .....	65
Sudura pe o singură parte .....	70
Sudura în V dublu și simplu .....	71
Sudura în colț.....	72
Sudarea pieselor groase .....	76
Sudura în T.....	77
Îmbinarea în trepte .....	79
Sudura fontei și oțelului inox.....	81
Suduri pe conducte.....	83
Sudura verticală și pe plafon.....	89

Sudura „peste cap” .....	91
Sudură orizontală pe suprafețe verticale.....	92
Încărcarea cu sudură .....	93
Sudura în puncte.....	95
Sudura TIG și MIG.....	95
Controlul sudurilor.....	99
Defectele îmbinărilor sudate .....	105
<b>Cap. IV. Lipirea metalelor .....</b>	<b>118</b>
Elemente de fizica solidului .....	118
Legătura ionică .....	119
Legătura covalentă.....	119
Modalități de transmitere a căldurii .....	120
Tehnologia lipirii metalelor .....	128
Aliaje de lipit.....	129
Aliaje pentru lipirea moale.....	130
Aliaje de lipit pe bază de staniu și plumb.....	131
Aliaje pentru aluminiu și magneziu .....	132
Tipuri de fondanți.....	133
Cositorirea .....	136
Lipirea metalelor cu cositor .....	137
Lipirea moale a tablelor .....	138
Lipirea moale a firelor metalice .....	141
Lipirea moale a țevilor .....	142

## Sudarea metalelor

Sudura este procedeul prin care două bucăți de metal sunt unite printr-o cusătură capabilă să confere ansamblului astfel obținut caracteristici mecanice apropiate sau egale cu cele pe care le au cele două piese separate. Sudarea se execută fie prin topirea metalelor în zona de contact fie prin încălzirea zonei de îmbinare până la aducerea în stare plastică și apoi, presarea acestei zone cu o forță suficientă pentru realizarea întrepătrunderii moleculare.

Ultimul procedeu este folosit de sute și sute de ani în fierăriile sătești sau în manufacturile ambulante ale prelucrătorilor de cupru. În ceea ce privește sudura cu flacăra sau cu arc electric primele încercări au fost făcute la începutul secolului XIX pentru arcul electric și abia la sfârșitul aceluiași secol pentru sudura cu flacăra oxiacetilenică.

Primele experimentări ale arcului electric au fost făcute în Anglia dar primul brevet al acestui procedeu l-au obținut doi ruși în anul 1892. De atunci au avut loc multe îmbunătățiri ale tehnologiei printre care metodele de împiedicare a azotului și oxigenului din aer de a pătrunde în masa topită sunt foarte importante. Azotul din aer pătruns în metalul topit formează cu fierul azotatul de fier responsabil cu întărirea excesivă a sudurii și casarea ulterioară a acesteia. Oxigenul acumulat în zona de sudură afectează structura acesteia prin crearea de oxizi metalici.

Fără a intra în amănunte trebuie spus că rezolvarea s-a făcut prin învelirea tijei metalice a electrodului cu un strat de diferite grosimi de pastă având în compoziție elemente care prin comportamentul în timpul arderii formează o

atmosferă specială care îndepărtează cei doi componenți din zona de sudură înlăturând astfel efectele lor negative.

Flacăra oxiacetilenică folosită prima dată de un francez, Le Chatelier, în 1895, ca procedeu a rămas, oarecum, la fel. Pentru contracararea unor neajunsuri precum cele citate anterior, progrese au fost făcute, însă și aici dacă ne gândim numai la sudura în atmosferă de gaz inert. În cuprinsul acestei cărți ne vom ocupa doar de sudura cu flacăra oxiacetilenică și de sudura cu arc electric. Nu vom intra în dezbaterile tuturor normativelor de calitate deoarece dorim să ne adresăm în primul rând amatorilor care, până acum, au stat departe atât de teorie cât și de practică în ceea ce privește sudura. Din această cauză este de presupus că se va începe cu suduri simple atât de frecvente și de necesare într-o gospodărie: sudura unui cadru de bicicletă fisurat, sudura unei bare metalice desprinsă din gard, confecționarea unui grătar din bare rotunde de oțel-beton etc., etc. E de reținut faptul că atât sudura electrică dar și sudura cu flacăra nu pot oferi, la început, rezultate care din punct de vedere al aspectului pot fi foarte mulțumitoare. Nu vă amăgiți! Se poate constata, de multe ori, că un efort minim aplicat asupra pieselor sudate poate conduce la ruperea sudurii. Haideți, așadar, să citim cu mare atenție instrucțiunile din carte și abia apoi să coborâm în atelier.

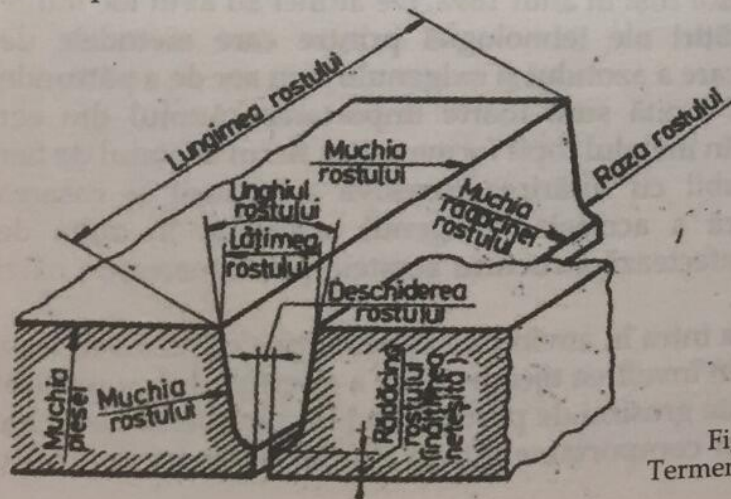


Fig. 1.1  
Termeni specifici

## Capitolul I Terminologie și simbolistică în tehnologia sudurii

Ca în oricare altă meserie și în sudură au fost consacrați anumiți termeni și au fost standardizate anumite simboluri. Toate acestea au menirea de a ușura comunicarea atât în sfera nemijlocită a execuției cât și în activitatea de control, aprovizionare, caracterizare etc.

Tab. 1.1

Terminologia în activitatea de sudură

Termen	Descriere
1	2
Bavură	Îngroșare în zona îmbinării la sudura cap la cap
Cusătură, cordon de sudură	Îmbinarea sudată obținută prin solidificarea materialului de bază topit și a materialului de adaus obținută prin una din metodele de sudare
Deschiderea rostului	Distanța cea mai mică dintre marginile pieselor de sudat.
Flacăra carburantă	Flacăra ce conține carbon liber în zona de lucru
Flacăra normală	Flacăra fără oxigen și carbon liber în zona de lucru
Flacăra oxidantă	Flacăra ce are oxigen liber în zona de lucru
Îngroșarea cusăturii	Grosimea depunerii metalice de sudură peste suprafața pieselor sudate
Întoarcerea flăcării	Propagarea flăcării în sens invers curgerii gazului
Lățimea cusăturii	Lățimea maximă a cordonului de sudură
Metal de adaus	Metal sau aliaj de metale care se topește și se depune în procesul de sudare
Metal de bază	Metalul sau aliajul care se sudează
Metal depus	Material provenit din topirea metalului de adaus contribuind la formarea cusăturii

## Procedee de sudare și activități conexe

Termen	Descriere
Decapare	Curățarea zonei cu reactanți chimici
Electronituire	Îmbinarea tablelor suprapuse prin solificarea între ele a metalului topit
Încărcare prin sudare	Depunerea de metal de adaus pe suprafața unei piese
Lipire	Îmbinarea a două piese metalice cu un aliaj topit la o temperatură mai mică decât temperatura de topire a metalelor
Lipire moale	Lipire cu un aliaj ce se topește la o temperatură mai mică de 450°C
Lipire tare	Lipire cu un aliaj ce se topește la o temperatură de peste 450°C
Sudare M.I.G.	Sudare cu arc electric în mediu de gaz inert cu electrod fuzibil
Sudare T.I.G.	Sudare cu arc electric în mediu de gaz inert cu electrod nefuzibil de Tungsten
Sudare W.I.G.	Idem cu electrod nefuzibil de Wolfram
Sudare cu arc electric în mediu de gaz protector	Procedeu de sudare la care arcul electric și zona de formare a cusăturii se găsesc într-un mediu gazos protector activ sau inert (argon, CO <sub>2</sub> etc.)
Tăiere cu arc-aer	Procedeu de tăiere prin topire, la care sursa termică este arcul electric și îndepărtarea topiturii se face cu curent de aer
Tăiere cu oxigen	Procedeu de tăiere la care metalul este ars în curent de oxigen. Poate fi tăiere oxiacetilenică, oxihidrică, cu arc electric (oxielectrică) etc.

1	2
Nucleu	Zona de metal topit la sudarea prin puncte
Nucleul flăcării	Zona de pornire a flăcării oxiacetilenice
Pătrundere	Adâncimea de topire a metalului de bază
Rădăcina cusăturii	Primul rând depus pentru realizarea unei îmbinări sudate
Rând	Forma de metal depus care rezultă în timpul unei singure parcurgeri a lungimii pentru sudat
Rost	Spațiul dintre marginile pieselor pregătite pentru sudare
Strat	Unul sau mai multe rânduri situate la același nivel
Sudură continuă	Sudură neîntreruptă pe toată lungimea îmbinării
Sudură în găuri	Sudură la piese suprapuse realizată prin depunerea metalului de adaus în găuri executate în una din piese
Sudură intermitentă	Sudură depusă numai în anumite porțiuni ale lungimii îmbinării
Zonă influențată termic	Porțiunea din metalul de bază ale cărei proprietăți au fost modificate prin încălzirea locală de sudare (ZIT)

Tab. 1.2

## Materiale de adaus și protecție

Termen	Descriere
Acetilenă	Hidrocarbură (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) folosită ca gaz combustibil. Este produsă la locul de utilizare în generatoare pe bază de carbid sau este îmbuteliată în recipiente de oțel
Carbid	Carbura de calciu (CaC <sub>2</sub> ) reacționează cu apa cu formare de acetilenă.
Electrod	Tija metalică cu secțiune circulară cu ajutorul căreia se declanșează arcul electric.
Electrod învelit	Electrod de sudare format dintr-o vergea metalică cu stratul de înveliș, aplicat prin presare sau imersare
Electrod nefuzibil	Electrod de sudare care nu constituie material de adaus la cusătura sudată
Electrod cu pătrundere adâncă	Electrod de sudare care permite o pătrundere de 4 mm la o singură trecere
Sârmă de adaus	Metal de adaus sub formă de vergele sau colac

# Poziții principale de sudare

Sudarea cusăturilor drepte, unilaterale, la sudurile cap la cap sau de colț presupune anumite poziții principale de sudare. Poziția de sudare a unei cusături rectilinii este definită în spațiu prin **unghiul de înclinare** și prin **unghiul de rotire**, păstrate în momentul execuției sudurii.

Unghiul de înclinare  $\alpha$  poate fi cuprins între  $0^\circ$  și  $90^\circ$  și reprezintă unghiul format de linia mediană a rădăcinii cu un plan orizontal de referință.

Unghiul de rotire  $\beta$ , cuprins între  $0^\circ$  și  $180^\circ$  este cel mai mic unghi format de partea superioară a unui plan vertical de referință ce trece prin linia mediană a rădăcinii și planul median al cusăturii.

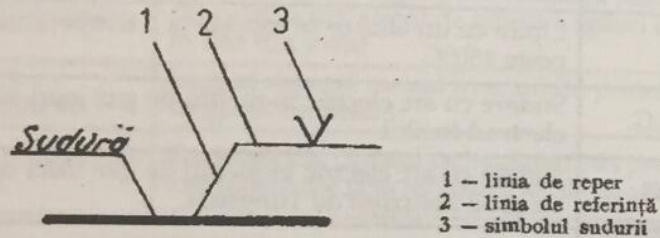


Fig. 1.2







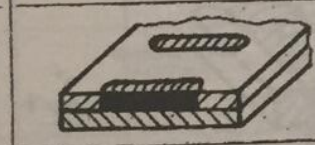
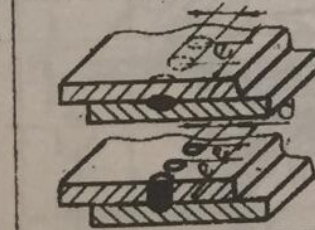
## Simboluri principale

Denumirea sudurii	Reprezentarea detaliată	Simbol	
1	2	3	4
Sudură cu margini răsfrinte, (complet topite)		$s \perp \perp l$	$s =$ pătrunderea sudurii
Sudură cu margini răsfrintă		$s \perp   l$	$l =$ lungimea sudurii
Sudură în I (cu margini drepte).		$b      l$	$b =$ deschiderea rostului

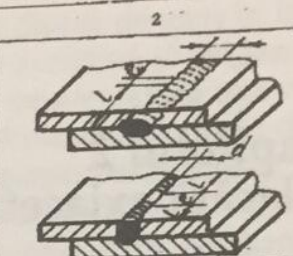
Tab. 1.4 (continuare)

1	2	3	4
Sudură frontală în I (cu margini drepte)		$s \times h      l$	$\alpha^\circ =$ unghiul rostului $h =$ înălțimea porțiunii neprelucrate a rostului
Sudură în I pe suport		$b      l$	$E =$ lățimea sudurii
Sudură în V		$\alpha^\circ$ $b$ $  l$	
Sudură frontală în V		$s \times h \alpha^\circ      l$	
Sudură în V pe suport		$\alpha^\circ$ $b$ $  l$	
Sudură în 1/2 V		$\alpha^\circ$ $  l$	
Sudură în 1/2V pe suport		$\alpha^\circ$ $b$ $  l$	$k =$ cotele triunghiului isoscel maxim înscris în secțiunea sudurii

Tab. 1.4 (continuare)




1	2	3	4
Sudură în Y		$\alpha^\circ$ $\frac{b}{h} \lrcorner 1$	a = înălțimea triunghiului isoscel maxim, înscris în secțiunea sudurii. (grosimea sudurii de colț)
Sudură în 1/2 Y		$\alpha^\circ$ $\frac{b}{h} \lrcorner 1$	
Sudură în U, incomplet pătrunsă		$s \times h \lrcorner E$	c = lățimea sudurii (găurii)
Sudură în 1/2 U		$E$ $h \lrcorner 1$	n = numărul sudurilor (punctelor, găurilor, etc.)
Sudură de completare		$\cup$	d = diametrul sudurii (punctelor)
Sudură în colț		$a \lrcorner 1$ $k \Delta 1$	
Sudură în găuri		$l \sqcap$ $n \times c \times e$	
Sudură prin puncte		$d \circ n \times e$	

Tab. 1.4 (continuare)

1	2	3	4
Sudură în linie		$d \oplus$ $n \times l \times e$	e = distanța între două suduri succesive

Tab. 1.5

## Simboluri secundare

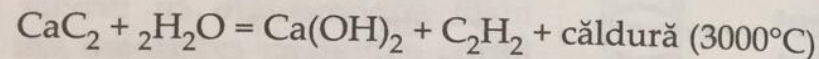
Forma suprafeței	Simbol
Plată	
Convexă	
Concavă	

Simbolurile secundare, prezentate în tabelul 1.4 sunt destinate notării convenționale a unor informații suplimentare cu privire la forma suprafeței exterioare sau la prelucrarea sudurii.

## Capitolul 2

### Sudarea cu flacără oxiacetilenică

Gazul combustibil folosit în acest tip de sudură este acetilena. Pe lângă puterea calorică mare, acetilena are avantajul de a putea fi produsă relativ ușor la locul de folosire. Pentru aceasta este nevoie de un generator de acetilenă, în care carbura de calciu ( $\text{CaC}_2$ ) reacționează cu apa formând acetilenă și hidroxid de calciu:



Acetilena degajată din reacție este captată sub un clopot cu închidere hidraulică (gazometru) aflat în componența generatorului. De aici, prin intermediul unor furtune de presiune, acetilena este condusă la locurile de utilizare. În situația existenței mai multor aparate de sudură care funcționează simultan sunt prevăzute stații fixe de acetilenă care funcționează pe același principiu dar cu o capacitate de reacție mult mai mare. Dintr-o astfel de stație, acetilena pleacă spre consumatori prin conducte metalice prevăzute cu racorduri de furtun în dreptul fiecărui punct de lucru.

Oxigenul necesar arderii acetilenei este depozitat în butelii de oțel care sunt încărcate în stații speciale. De obicei este obținut prin lichefierea aerului care apoi este fracționat în oxigen și azot. În situația existenței punctelor individuale de lucru, butelia de oxigen este transportată cu căruciorul la locul potrivit. Atunci când există mai multe puncte de lucru paralele, buteliile de oxigen vor fi depozitate într-o bază de unde pot alimenta rețeaua fixă de oxigen reprezentată de o conductă metalică.

Dispozitivul (becul de gaz) în interiorul căruia are loc amestecul între acetilenă și oxigen și la vârful căruia este aprinsă flacăra oxiacetilenică este cunoscut și sub numele de *brener*. Există mai multe tipuri de diverse fabricații dar schema de principiu este aceeași: în spatele mânerului există două racorduri filetate în care se înfiletează mufele speciale ale furtunelor (de acetilenă și de oxigen) și prin care pătrund fluxurile de acetilenă și oxigen. Racordul de acetilenă are filet pe stânga iar cel de oxigen filet pe dreapta. Tot pe mâner, într-o poziție convenabilă se găsesc doi robinete de reglare unul pentru debitul de acetilenă iar celălalt pentru oxigen. Rozetele celor doi robinete au culori diferite: acetilena – roșu sau maro iar oxigenul – negru. După cei doi robinete de reglare se află camera de amestec din care pornește canalul de gaz spre exterior. Ieșirea din brener este calibrată la mai multe dimensiuni: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 18, 25, 35 și 45.

Se obține calibrarea dorită prin montarea prin înfiletare a duzei necesare. Trusa aparatului conține setul complet de duze.

**Furtunele** de alimentare cu oxigen și acetilenă sunt furtune de presiune din cauciuc cu mai multe straturi de inserție textilă. Sunt produse în două culori diferite, roșu și negru. Deși nu sunt diferențe de rezistență, cele roșii vor fi folosite numai pentru acetilenă iar cele negre pentru oxigen. La ambele capete, furtunele vor fi prevăzute cu mufe filetate speciale pentru racordarea la aparatul de sudură și la sursa de gaz.

**Buteliile de gaz** (acetilenă și oxigen) sunt recipiente de înaltă presiune. Ca dimensiuni tubul de acetilenă diferă de tubul de oxigen. În tuburile de acetilenă, aceasta este absorbită în acetona pe material poros. Existența unui generator cu carbid elimină necesitatea buteliei de acetilenă.

Racordarea surselor de oxigen și acetilenă la aparatul de sudură se face cu reglarea și controlul strict al presiunii de alimentare. Pentru aceasta, pe recipienti, înainte de

folosire, se montează prin înfiletare câte un **regulator de presiune**. Și aici, pentru a nu fi permise erorile, sensurile de dreapta iar acetilena pe stânga. Dacă etanșarea se face cu garnituri acestea vor fi verificate și înlocuite la fiecare demontare. Atât ca design exterior cât și ca principiu constructiv cele două tipuri de regulatoare se aseamănă. Pe fiecare generator există două racorduri filetate: unul este racordul la butelie iar celălalt este racordul pentru furtun. Pe corpul regulatorului sunt montate două manometre: cel din dreapta indică presiunea gazului în butelie iar cel din stânga indică presiunea în sistemul de alimentare al brenerului. În poziție centrală se află robinetul de reglare a presiunii. Recipientii de gaz nu vor fi lăsați în apropierea surselor de căldură și nici în plin soare de vară. Se va acorda atenție maximă curățeniei pieselor ce pot veni în contact cu oxigenul. Este știut că unsoarea venită în contact cu oxigenul formează anumite combinații ce pot produce explozii devastatoare.



a - brener



b - regular



c - butelie de acetilenă

Fig. 1.03

### Aprinderea flăcării oxiacetilenice

După montarea atentă a ansamblului de sudură cu verificarea tuturor posibilităților neetanșate se poate încerca aprinderea becului de sudură.

Pentru aprindere va trebui să avem la dispoziție o brichetă sau o flacăra deschisă de o proveniență oarecare. Se deschid puțin ambii robineti aflați pe mânerul brenerului. Întâi pe cel de acetilenă (roșu) apoi pe cel de

oxigen. Cu duza îndepărtată către exterior (nu înspre noi) se poate încerca o aprindere. Dacă ea nu se produce, cel mai probabil unul dintre fluxurile de gaz este în exces. Se reduce acționând robinetul corespunzător. Când flacăra s-a aprins, începem corectarea (ajustarea) ei tot prin acționarea celor doi robineti de reglare. Mai ales la început, flacăra abia pornită se poate stinge simultan cu producerea unei plesnituri puternice. Nu trebuie să intrăm în panică: din cauza unei reglări de debit nepotrivită flacăra a început să ardă invers. Se închid cei doi robineti și se reia operația. Pentru începători este recomandabil ca aprinderea să se facă cu robinetul de acetilenă deschis ceva mai mult și nu mai puțin. Excesul de acetilenă va face ca baza flăcării să aibă tendința de a se desprinde de duza dar, prin reducere, ea revine. Excesul de oxigen, însă, produce ardere inversă care, neoprită la timp, poate deteriora brenerul până la topire. Atunci când se remarcă asimetrii în configurația flăcării va trebui verificat și aspectul duzei folosite care, la nevoie, va fi schimbată.

**Reglarea configurației flăcării oxiacetilenice.** Pentru a reuși o reglare corespunzătoare a flăcării este neapărat necesar să știm cum trebuie să arate o flacăra corespunzătoare. Dacă, după aprindere, vom privi flacăra ce iese din arzător vom putea identifica ușor câteva zone cu alură distinctă (vezi fig. 1.04).



1



2



3

Fig. 1.04 Configurații ale flăcării oxiacetilenice

- 1 - flacăra carburantă
- 2 - flacăra neutră
- 3 - flacăra oxidantă

1. Poziția 1 din figură reprezintă o flacăra carburantă. Se formează din cauza excesului de acetilenă în amestec cu oxigenul. Este caracterizată de o flamă albă ce înconjoară conul de la vârful duzei care este, în această situație, ușor rotunjit la vârf.

2. Aceasta este alura unei flame oxiacetilenice neutră. Conul de la vârful duzei apare ca o flamă bine definită, ascuțită la vârf, fără un halou alb în jur.

3. Flama oxidantă se datorează excesului de oxigen în amestecul cu acetilena. Conul este foarte scurt iar flacăra este mai scurtă.

De regulă, după aprinderea flăcării urmează obligatoriu reglajul debitelor de oxigen și acetilenă rotind robinetii de pe mânerul brenerului.

Observați mai întâi, caracteristica flăcării obținute după aprindere (carburantă sau oxidantă). Excesul unuia dintre cele două gaze (acetilenă sau oxigen) poate fi anulat fie prin reducerea debitului gazului respectiv fie prin mărirea debitului celuilalt. Alegerea se face în funcție de puterea flăcării obținute după aprindere. În timpul reglajului, observați tot timpul dispariția haloului alb din jurul conului central. Imediat după începerea sudurii se va face din nou o verificare a neutralității flăcării deoarece, din cauza temperaturii, duza se dilată. Excesul unuia dintre cele două gaze modifică diferit topitura metalelor care se sudează. Excesul de oxigen produce foarte multe scântei ce sar din masa topită care are un aspect de zgură încinsă. Când acetilena este în exces, topitura de metal apare pătată la suprafață. Chiar procesul de topire al metalului decurge greoi în cazul exceselor față de flacăra neutră. La încheierea operației de sudare flacăra va fi stinsă prin închiderea robinetului de acetilenă urmată de închiderea robinetului de oxigen. Când urmează o pauză ceva mai lungă vor fi închiși și robinetii buteliilor de gaz.

## Tipuri de sudură

Pentru a înțelege mai bine mecanismul sudurii, indiferent că este vorba de sudură cu flacăra oxiacetilenică sau cu arc electric, va trebuie să reamintim câteva noțiuni legate de structura materiei, în general.

Atomul este cea mai mică particulă a unui element care mai păstrează în întregime însușirile acelui element. Atomii se pot combina între ei sau cu atomii altor elemente formând molecule. De exemplu atomii de fier pot intra în combinație cu atomii de oxigen rezultând molecule de oxizi ai fierului. Așadar materia care ne înconjoară este formată din atomi și din combinații ale acestora (molecule). Și într-un caz și în celălalt între particulele de bază ale unui material se formează anumite forțe de atracție sau legături. Acestea sunt specifice tuturor combinațiilor posibile. Cu cât legăturile sunt mai puternice, distanțele dintre molecule sau atomii unei anumite substanțe sunt mai scurte. Forța legăturilor intermoleculare și interatomice clasifică materia în gaze, lichide și solide. Cum, în cazul de față, ne ocupăm de sudura metalelor, trebuie știut că acestea sunt alcătuite din atomi poziționați în nodurile unor rețele și având între ei distanțe precise în funcție de metalele respective. La topirea termică a metalului, din cauza energiei înmagazinate structura rețelei se modifică, distanțele dintre atomi cresc, forțele de atracție scad iar metalul devine fluid. La răcire, metalul redevine solid iar atomii își recupă locurile în rețea. Acum este simplu de înțeles că provocând o topire a două bucăți de metal pe linia de contact între ele, la recristalizare, atomii ai uneia dintre bucăți se vor amesteca cu atomii ai celeilalte formând o rețea atomică comună caracterizată prin existența forțelor de atracție interatomice asemănătoare cu cele existente în metalul netopit. Atunci când însușirile atomilor celor două metale propuse pentru sudură sunt total diferite generând forțe de respingere, sudura nu este posibilă.

**Sudura prin fuziune** este exemplificarea cea mai bună a celor spuse mai sus. Vom căuta două bucăți de tablă având grosimea de 1,5 mm. Tabla va fi din oțel carbon (neagră) și va avea lățimea de aproximativ 15 cm iar lungimea de 20-30 cm. Exact pe jumătate, va fi tăiată cu polizorul unghiular, pe o linie cât se poate de dreaptă. Cele două bucăți de tablă astfel obținute vor fi așezate pe o suprafață termorezistentă, de exemplu cărămidă și vor fi ușor ridicate de la un capăt. Linia de tăiere se poziționează dreapta-stânga față de sudor și nu în fața sudorului. La o tablă subțire cum este cea propusă și la un oțel relativ moale (ex. OL 37,1) vom încerca cu o duză nr. 2. Pe reguloarele se va seta presiunea de 2 at (și pe oxigen și pe acetilenă). Cu echipamentul de protecție în ordine se aprinde flacăra și se reglează la flacăra neutră. Se apropie flacăra de marginea din dreapta a liniei de sudare urmărind atent poziția vârfului conului incandescent de la ieșirea din duză. Acesta va trebui adus cât mai aproape de metal dar nu mai puțin de 3 mm. De reținut că temperatura conului incandescent e cea mai ridicată față de restul flăcării. Se începe cu fixarea conului la aproximativ 2 mm față de marginea liniei de sudură. Ținem flacăra pe loc, la distanțele amintite și cu o înclinație a axului arzătorului de cam  $45^\circ$  sau mai mult, până când apare pata de topitură sau „baia” cum mai spun sudorii. Prin extensia naturală, baia ajunge să acopere și marginea sudurii. Acum începem să avansăm cu topirea înspre stânga mișcând încet flacăra de la dreapta spre stânga. Viteza de deplasare înspre stânga a brenerului este dictată de viteza de topire a metalului și de menținerea continuității cordonului de sudură pe cât posibil la aceeași înălțime cu care s-a pornit.

Încă o dată, înclinația brenerului față de suprafața plăcilor influențează viteza de avansare a topiturii prin suflul jetului de gaze. Un unghi mai mic mărește tendința de împingere înainte a topiturii, un unghi mai mare sporește viteza de penetrare a grosimii materialului și o

creștere a lățimii cordonului de sudură. Pe toată durata operației, distanța între con și sudură se va păstra pe cât posibil constantă (3 mm). Din necesitatea de a păstra o lățime cât mai constantă a cordonului de sudură impunând în același timp avansul uniform al băii topite, aproape involuntar se imprimă o mișcare circulară abia perceptibilă flăcării de sudură. Pe măsură ce avansăm, topitura solidificată apare ca un fel de solzi suprapuși. Mai ales la început, nu vom putea ajunge de la un capăt la celălalt al sudurii fără să ne trezim că flama străpunge metalul formând o gaură la suprafața cordonului de sudură și o scurgere de metal sub placă. Dacă fenomenul este observat din timp, simpla rotire a arzătorului, pentru câteva secunde, stopează străpungerea. Dacă totuși, craterul s-a produs, vom merge cu atenție mai departe urmând ca ulterior craterele formate să fie acoperite, cel mai bine, cu sârmă de adaus. Când s-a ajuns în porțiunea terminală a cusăturii sudate trebuie acordată atenție momentului în care flacăra este îndepărtată. Capătul stâng al sudurii trebuie să fi ajuns la limită iar pătrunderea să fie completă. După o răcire suficientă putem întoarce plăcile pe dos. De cât de iscușiți am fost vorbește aspectul zonei corespunzătoare cordonului de sudură aplicat. Pentru un calificativ maxim, ceea ce este deasupra ar trebui să fie și

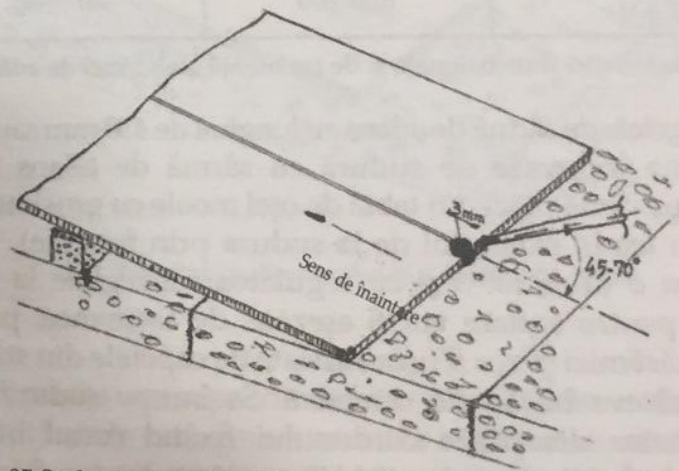


Fig. 1.05 Sudură oxiacetilenică prin fuziune

dedesubt: sudură continuă, lățime cât mai uniformă, lipsă cratere etc.

Sudura prin fuziune nu se poate aplica și plăcilor metalice mai groase tocmai prin faptul că un control riguros al pătrunderii topiturii devine foarte dificil pe lângă faptul că străpungerea însăși poate deveni impracticabilă.

### Sudura cu sârmă de adaos

Sârma de adaos este o sârmă din oțel moale care poate fi cuprată la suprafață. Cuprarea sârmei de sudură asigură consumul prin oxidare a unui eventual exces de oxigen. Este livrată sub formă de vergele sau colaci.

Tabel 2.1

Diametrul sârmei (mm)	Rezistența de rupere la tracțiune, $R_m(N/mm^2)$	
	oțel carbon	oțel aliat
0,5; 0,6	max 1270	880...1570
0,8; 1; 1,2; 1,25; 1,6; 1,8;	max 1180	780...1470
2,0; 2,5	max 1180	690...1370
3,15; 3,25; 4,0; 5,0	max 980	540...980
6,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,0; 12,5	max 830	540...580

Caracteristici dimensionale și de rezistență ale sârmei de adaos

Vergele de sârmă de adaos au lungimi de 450 mm sau 1 m.

Prima încercare de sudură cu sârmă de adaos va fi făcută pe două plăci din tablă de oțel moale cu grosimea de 1,5 mm (ca în exemplul de la sudura prin fuziune). Vom lucra cu o duză nr. 3 și cu regulatoarele reglate la 2 at. Plăcile pentru sudare vor fi așezate, de asemenea, pe un pat de cărămizi și vor fi ușor ridicate de capetele din stânga tot cu câteva bucăți de ceramică. Se începe sudura din extremitatea dreaptă a cordonului fixând conul incandescent la 3 mm deasupra tablei, aproape dar nu chiar pe

extremitatea plăcilor. Firul de sârmă care va fi ținut în mâna stângă participă efectiv la formarea băii de topitură. Pe măsură ce baia topită avansează înspre stânga, firul va fi scufundat sau retras din baie, în funcție de tendința de modificare a dimensiunilor băii de topitură. La primele exerciții de sudură trebuie avut grijă de păstrarea cât mai uniformă a lățimii și înălțimii cordonului de sudură. După fiecare execuție, în urma răcirii pieselor, se va verifica aspectul metalului pe partea opusă sudurii. La început vor fi observate zone intermitente unde sudura nu a penetrat în întregime grosimea plăcilor și alte zone în care topitura a curs. Cu timpul se poate ajunge la perfecțiunea la care partea opusă să arate asemănător cu cea pe care s-a aplicat sudura.

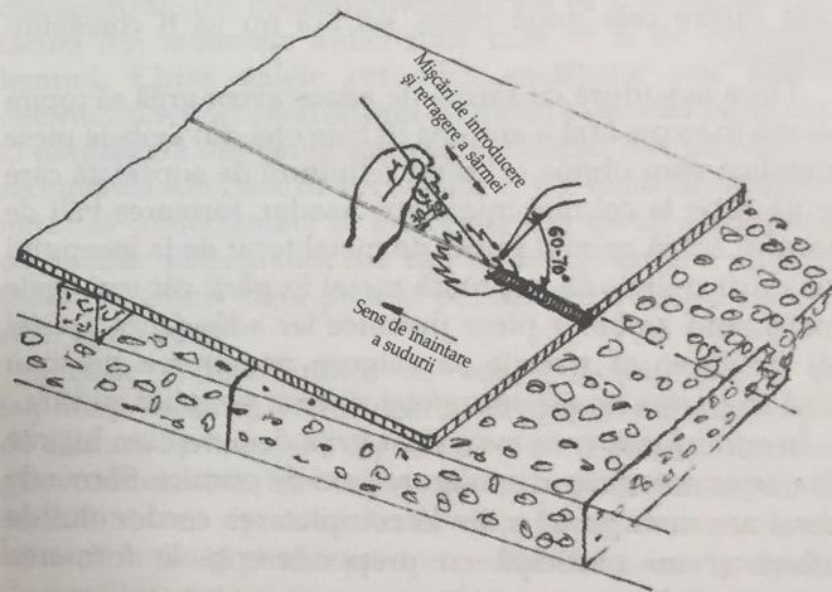


Fig. 1.06 Poziția brenerului și a sârmei de adaos.

Mișcările aproape ritmice de introducere a sârmei în topitură și de retragere a acesteia imprimă cordonului de sudură un aspect solzos. Cu cât solzii solidificați sunt mai

uniformi ca distanță între ei și ca lățime, cu atât sudura poate fi considerată mai corectă.

Încheierea cusăturii sudate se va face cu grijă pentru a nu se forma un crater pe extremitate. Pentru aceasta flama poate fi puțin plimbată stânga-dreapta iar aportul sârmei poate fi puțin sporit.

Cam atât se poate spune în legătură cu acest exercițiu de inițiere. O concluzie finală, valabilă și pentru sudura prin fuziune și pentru cea cu sârmă de adaos, este că în timpul sudării trebuie avut mereu în vedere obținerea unei băi de topitură (o picătură rotundă din metal topit) care să cuprindă metal din toate piesele ce concurează la exercițiu. Dacă la sudura prin fuziune prin orientarea greșită a flamei se topește preponderent metal din doar una dintre cele două piese, sudura nu va fi corespunzătoare.

Dacă la sudura cu sârmă de adaos avem grijă să topim sârmă în exces fără a antrena în baie oțel din ambele piese metalice vom obține cel mult o lipitură de suprafață care se va rupe la cel mai mic efort. Așadar, formarea băii de pornire adică primul punct de metal topit de la începutul cusăturii trebuie să cuprindă metal în părți cât mai egale aparținând ambelor piese metalice iar adâncimea acestei băi de topitură trebuie să asigure penetrarea grosimii până în partea opusă suprafeței pe care se aplică sudura.

În continuare vom avea doar grija de a deplasa înainte baia, ușor, menținând configurația ei de pornire. Sârma de adaos are menirea să ajute la completarea cordonului de sudură și nu participă cu preponderență la formarea cusăturii sudate.

## Sudura oțelurilor moi

Exercițiile descrise anterior și care pot fi reluate ori de câte ori ni se pare că ceva nu iese totuși, cum ar trebui, au reprezentat un fel de joacă cu rol educativ. Vom trece

acum la aplicații practice cât mai apropiate de ceea ce se numește o sudură profesionistă.

Vom lucra cu bucăți de tablă neagră din oțel din categoria oțelurilor moi (OL 37, OL 44, OL 52 etc.). În exercițiile expuse anterior nu s-a pus deloc problema deformării suprafețelor metalice în urma încălzirii până la topire și apoi a răcirii. De acum înainte acest aspect va trebuie urmărit cu maximă atenție: două țevi sudate la cap va trebui să respecte colinearitatea, două bucăți de tablă sudate se vor situa în același plan etc. În vederea executării unor lucrări de sudură pe o perioadă mai îndelungată e necesară amenajarea unui banc de lucru cu câteva dotări specifice. În primul rând, în cazul în care se sudează în interior și nu în aer liber va fi asigurată o ventilație corespunzătoare. Podeaua încăperii nu va fi în niciun caz făcută din materiale inflamabile cum ar fi de exemplu lemnul. Chiar dalele ceramice smălțuite pot suferi deteriorări atunci când stropii de metal topit cad peste ele. O pardoseală din beton sau pur și simplu din pământ se recomandă. Un banc de lucru cum ar fi o masă de înălțime normală confecționată în întregime din metal se impune de la sine. Evitați sudurile din poziții ghemuite cum se întâmplă atunci când piesele pentru sudare sunt așezate direct pe podea.

Piesele pentru sudare nu vor fi așezate direct pe suprafața metalică a bancului: se va face un transfer intens de căldură către banc materializat prin pierderi inutile de gaz combustibil. De aceea pe suprafața bancului de sudură se vor așeza cărămizi de șamotă termoizolante. Între cărămizi și plăcile pentru sudare se va crea un spațiu de ventilare prin ridicarea cu câțiva cm a plăcilor la unul dintre capete. În lipsa cărămizilor de șamotă se pot utiliza și cărămizi obișnuite dar acestora le va veni mult mai repede timpul să fie schimbate.

Pe cadrul metalic al bancului de lucru se vor fixa prin sudare câteva cârlige din fier beton necesare pentru agățarea brenerului pe timpul pauzelor.

Un sertar metalic aplicat sub platforma bancului de lucru poate servi la depunerea echipamentului de protecție după încheierea activității.

Pentru început vom porni cu două plăci din tablă neagră de 1,5 mm identice cu cele descrise la început. Cele două plăci vor fi așezate cu marginile rezultate din tăiere paralele și lăsând între ele un gol de până într-un mm.

Urmează un pas pregătitor și anume **haftuirea** zonei pregătită pentru a fi sudată. Un haft de sudură reprezintă doar începutul formării unei băi de sudură cu un aport minim de sârmă de adaos. Becul de sudură se îndepărtează imediat ce se obține o pată de topitură cam de mărimea unui nasture de cămașă sau chiar mai puțin. Îndepărtarea becului de suprafața metalică împiedică încălzirea acesteia și apariția deformărilor. Primul haft va fi aplicat exact la jumătatea porțiunii ce urmează a fi sudată. Vom lucra cu o duză de 2 iar presiunea ambelor gaze va fi programată la 2,5 at. Sârma de adaos va avea o grosime de 1,2 mm. Imediat ce primul haft a fost aplicat se execută următorul în stânga sau în dreapta primului. Distanța dintre haftul central și următorul va fi aceeași între toate hafturile ce urmează. Dacă al doilea haft a fost executat în stânga celui central, al treilea se va executa în dreapta acestuia și așa mai departe. Deci execuția hafturilor de sudură va decurge alternativ la stânga și la dreapta haftului central. Distanța între două hafturi consecutive poate fi de la 1 cm la câțiva cm dar odată aleasă, ea va fi păstrată între toate hafturile de pe îmbinarea respectivă. Vom explica în continuare care este motivația acestor hafturi aplicate înaintea sudurii propriu-zise. Toată lumea știe că un metal încălzit se dilată urmând ca la răcire, să se contracte revenind la dimensiunile inițiale. Și în cazul sudurii lucrurile stau la fel, dar la răcirea sudurii contracția poate fi mai mare producând o apropiere a marginilor plăcilor în porțiunea unde nu au fost încă sudate. De aceea, dacă am porni sudura definitivă de la capătul din dreapta către cel din stânga am avea surpriza

că marginile nesudate încă se apropie la maxim iar apoi încep să se încalce. Prin haftuirea alternantă, forțele de contracție (foarte mari) se contrabalansează unele pe celelalte.

Respectând alternanța hafturilor de sudură în stânga și în dreapta haftului central și păstrând o distanță constantă între hafturi vom constata că plăcile se găsesc în acelaș plan ca la început neexistând niciun fel de curbare sau suprapunere. Întorcând plăcile pe dos (cu hafturile înspre banc) putem începe sudura propriu-zisă de la dreapta către stânga.

### Sudura în simplu V

Până aici s-a folosit o singură grosime de tablă (1,5 mm). Sudura tablelor mai groase impune anumite prelucrări mecanice ale muchiilor menite să favorizeze penetrarea 100% chiar pe grosimi de metal considerabile. Sudura în V simplu se aplică doar după ce cele două muchii vor fi polizate la unghiuri de 30°. Operația de polizare cunoscută sub numele de șanfrenare se va efectua manual cu un polizor unghiular. Latura polizată va porni de pe suprafața superioară a tablei în unghi de 30° dar nu va atinge suprafața inferioară a acesteia, oprindu-se la o distanță de 1,3-3 mm în funcție de grosimea tablei. Șanfrenarea se aplică doar tablelor cu grosimi de 3 mm sau mai mari. Pentru derularea acestui exercițiu după operația de șanfrenare, cele două bucăți de tablă cu grosimi de 3 mm fiecare se așază într-o poziție similară cu cele descrise anterior dar pe dos, pentru haftuire. Vârful V-ului nu vor veni în contact, lăsându-se un spațiu între ele aproximativ egal cu înălțimea neșanfrenată.

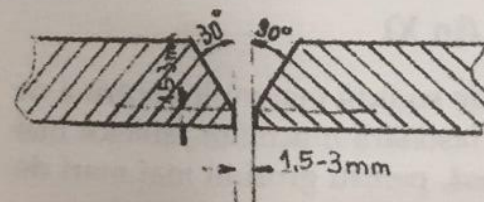


Fig. 1.07  
Polizarea suprafețelor în vederea sudurii în V simplu

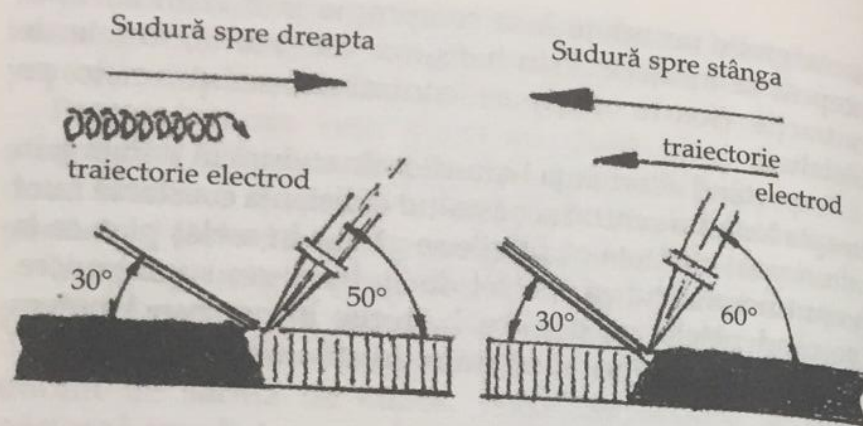


Fig. 1.08  
Tehnica sudurii spre dreapta și spre stânga

Primul haft se aplică exact la jumătatea cordonului iar apoi, alternativ, se aplică celelalte la distanțe egale și nu prea mari. Se întorc plăcile cu V-ul în sus și se începe sudura de la dreapta spre stânga așa cum s-a arătat anterior.

Întrucât distanța dintre ramurile V-ului este mai mare decât spațiul recomandat în exercițiile anterioare, lățimea cordonului de sudură va fi acoperită corespunzător prin metoda țesăturii. Aceasta înseamnă că pe măsură ce înaintăm flacăra se va deplasa continuu de la stânga la dreapta și invers și, totodată, înainte. În tot acest timp sârma de adaos va fi ținută fix, urmărind avansul flăcării sau va putea fi și ea mișcată stânga-dreapta urmărind astfel întocmai mișcările flăcării. O țesătură bine condusă conferă un aspect solzos, uniform dar și o rezistență corespunzătoare.

### Sudura în V dublu (în X)

Prezentăm acest timp de sudură mai mult pentru a ne familiariza cu necesitatea fasonării muchiilor tablelor mai groase de 3 mm. Astfel însă, pentru grosimi mai mari de

3 mm, de multă vreme este folosită sudura cu arc electric. Arcul electric nu poate fi folosit cu rezultate pentru table mai subțiri de 3 mm existând pericolul arderii acestora. Temperatura arcului electric atinge  $6000^{\circ}\text{C}$ , a flăcării oxiacetilenice  $3000^{\circ}\text{C}$  în conul incandescent în timp ce metalele au punctul de topire în jurul valorii de  $1450^{\circ}\text{C}$ . Este de înțeles de ce atelierele de tinichigerie auto folosesc aproape exclusiv sudura autogenă.

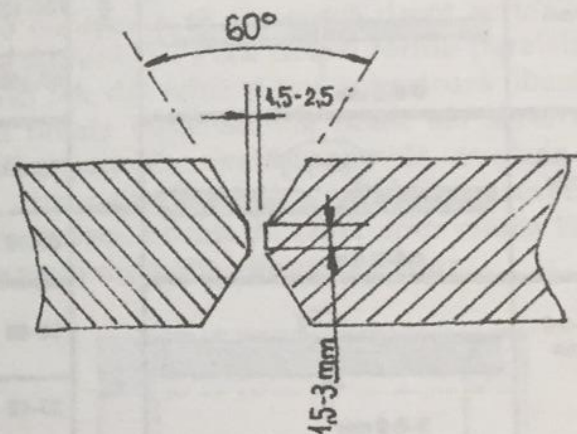


Fig. 1.09  
Polizarea suprafețelor în vederea sudurii în V dublu (V)

Atunci când din necesități obiective (ex. lipsa de curent) este nevoie să se sudeze table cu grosimi de peste 6 mm va fi folosită metoda de sudură spre dreapta. Ocupând aceleași poziții ca și până acum, din cauza sensului schimbat sârma de adaos va înainta acum în urma flăcării și nu invers.

Grosime metal	Diametrul sârmei de adaos	Pregătirea muchiei	Sudură spre stânga	Viteza mm/min	Grosime metal
Less than 0.9 mm	1.2-1.6 mm			Sudură spre dreapta	127-152
0.9-3 mm	1.6-3 mm		100-127		1.6 mm
3-5 mm	3-3.8 mm		100-127		2.4 mm
5-8.2 mm	3-3.8 mm		90-100		3 mm
8.2-15 mm	3.8-6.5 mm		75-90		4 mm
15 mm	6.5 mm		60-75		4.8 mm
			Sudură spre dreapta	50-60	6.4 mm
				35-40	8 mm
				30-35	9.5 mm
				22-25	12.5 mm
				19-22	15 mm
				15-16	19 mm
				10-12	25 mm

Pregătirea muchiilor la table și plăci de oțel moale.

## Sudură de colț

În practică nu putem întâlni doar suduri cap la cap între table de grosimi identice. O construcție metalică impune diferite situații referitoare atât la dimensiuni diferite, la diferite poziții ale pieselor ce urmează a fi sudate și, de multe ori, la diferențe de marcă între oțeluri. Sudura de colț se impune foarte frecvent în activitate. Să presupunem că avem de făcut, din tablă cu grosimea de 1,5 mm o cutie care să servească drept sertar la bancul nostru de sudură. Va avea deci o formă paralelipipedică având cinci fețe din tablă și fața superioară liberă.

Având notate dimensiunile finale ale sertarului vom calcula dimensiunile desfășurate ale acestuia. Acestea sunt și dimensiunile foii de tablă necesare. După decuparea acestei bucați de tablă vom marca liniile care vor reprezenta muchiile viitorului sertar.

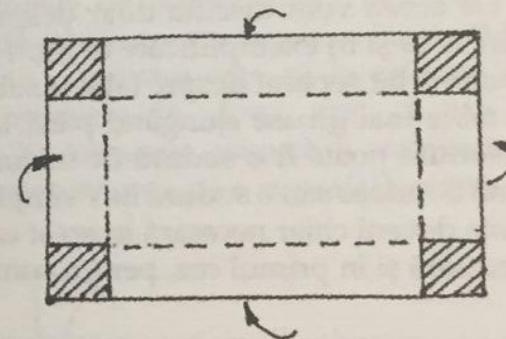


Fig. 1.10 Marcaje pe tablă

Părțile de prisos (patru pătrate la colțuri) vor fi îndepărtate cu polizorul. Apoi, părțile aflate în exteriorul liniilor de marcaj vor fi pliate la 90° în sus față de planul plăcii. Pentru aceasta este necesară o menghină, un clește de tablă și un ciocan. Cum pentru confecționarea sertarului am ales tablă de 1,5 mm, sudura pe cele patru muchii verticale poate fi foarte bine o sudură prin fuziune fără a folosi sârmă de adaos. Cu toate acestea, chiar dacă ne-au propus și pornim cu o sudură prin fuziune nu

supărăm pe nimeni dacă în situații de închidere mai grea folosim și puțină sârmă de adaos.

Capetele a două table care nu se situează în același plan, formând diferite unghiuri, pot fi așezate în una dintre aceste poziții.

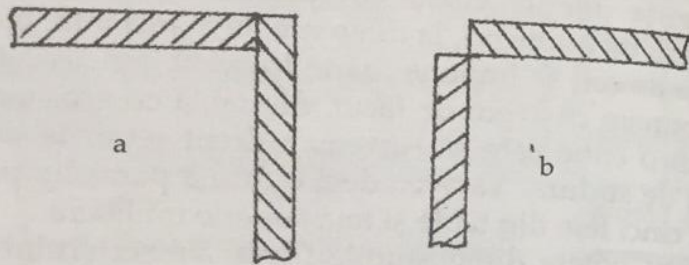


Fig. 1.11 Două poziții ale capetelor în vederea sudurii de colț.

Desigur, există și posibilități intermediare de așezare dar ele pot crea difiultăți la sudare în loc să ușureze activitatea. De aceea vom discuta doar despre cele două situații distincte (a și b) exemplificate în fig. 1.11

Aici trebuie vorbit separat despre tablele subțiri, până în 3 mm și de table mai groase ajungând până la 15 mm. În primul caz, sudura poate fi o sudură de fuziune (a) fără a necesita sârmă de adaos sau o sudură în V simplu (b). Sârma de adaos poate deveni chiar necesară în acest caz dar poate fi la fel de necesară și în primul caz, pentru completare.

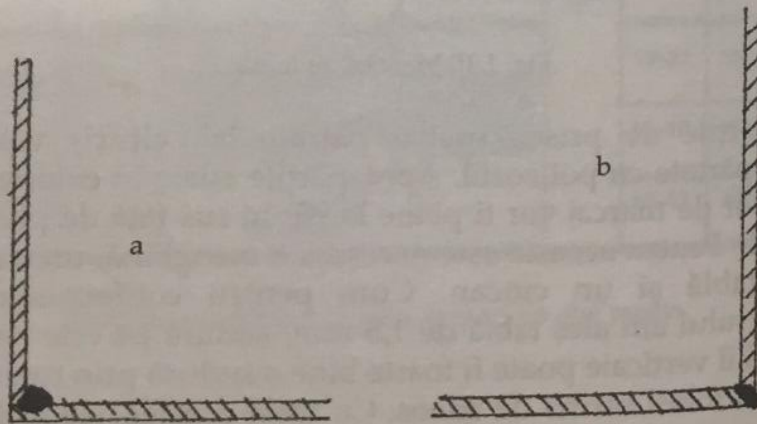


Fig. 1.12 Suduri în colț la table subțiri

Pentru tablă cu grosimi mai mari de 3 mm este necesară polizarea în vederea obținerii unui V atunci când capătul unei table se află în contact total cu suprafața celeilalte iar când cele două table sunt în contact doar pe câte o muchie, acest V este deja creat numai fiind necesară polizarea (fig. 1.13). Cum tabla folosită pentru confecția unui sertar nu prea are motive să depășească grosimea de 3 mm vom insista asupra operației de sudură de colț pe tablă de 1,5 mm. Sertarul va fi așezat pe bancul de lucru așezat pe una dintre cele patru laturi ale sale. Pentru stabilitate se vor folosi 1-2 bucăți de cărămidă așezate în așa fel încât să fixeze suficient cutia.

Cu presiunea gazelor programată la 2 at se montează o duză nr. 2. În situația dată, sudura prin fuziune pornind de la dreapta spre stânga nu poate pune probleme. Când s-a ajuns cu cusătura la limita din stânga vom avea grijă să protejăm colțurile de ardere. Dacă va trebui să sudăm două bucăți de tablă care nu au nici o legătură între ele va trebui stabilită o așezare care să le asigure stabilitatea. Poziția de acoperiș în două ape cu un unghi de aproximativ  $90^\circ$  între ele asigură o stabilitate suficientă atunci când sunt așezate pe o suprafață plană.

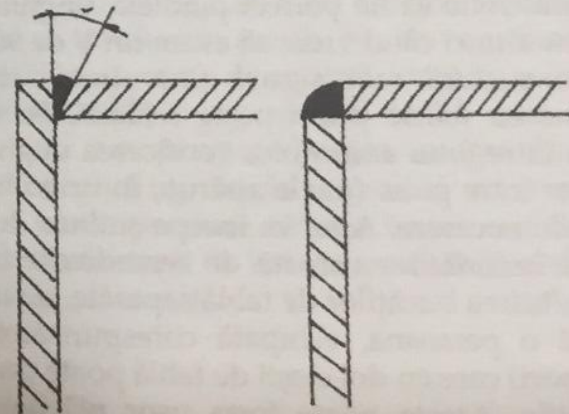


Fig. 1.13 Suduri în colț la table groase.

Pentru o stabilitate suplimentară, pe lungime se pot executa câteva hafturi de sudură. În special în lucrările de sudură autogene necesitatea unui clește de fierărie se impune de la sine. Acesta poate servi atât pentru susținerea pieselor fierbinți precum și pentru corectarea de unghiuri. După ce cordonul de sudură a fost țesut pe întreaga lungime, se întoarce sertarul pentru a vizualiza muchia interioară a îmbinării. Mai ales la început, aici vor fi observate multe zone nepenetrare suficient. Se va face o trecere completă manevrând brenerul în vederea obținerii unei cusături în solzi. Acolo unde este neapărat necesară, se poate folosi și sârma de adaos. La final, denivelările importante ale sudurii exterioare se vor poliza corespunzător. La fel se va proceda în continuare cu celelalte trei colțuri care au mai rămas. Atunci când din diferite motive, sertarul va trebui alcătuit din cinci piese de tablă dintre care una reprezintă fundul iar celelalte reprezintă pereții laterali lucrurile se complică dar nu foarte mult. Complicația constă în menținerea într-o poziție cât se poate de fixă a pieselor până ce sunt aplicate hafturile de fixare după procedeul amintit. Acum ar fi foarte necesară o menghină dar, în lipsa acesteia, se poate recurge la o serie de improvizații folosind materiale la îndemână. Atunci când două piese se aduc în poziție pentru sudare vom avea grijă ca muchiile să fie perfect paralele, unghiul să fie cel propus iar atunci când vrem să avem un V de  $90^\circ$  la colțuri pentru o sudură mai sigură una dintre table se va suprapune cu foarte puțin peste cealaltă. Se recomandă haftuirea întregului ansamblu, verificarea unghiurilor și a distanțelor între piese (unele apărute în urma încălzirii) și remedierile necesare. Apoi va începe sudura definitivă pe exteriorul îmbinărilor urmată de remedierile de interior. Pentru haftuirea bucăților de tablă separate, de mare ajutor ar fi încă o persoană, echipată corespunzător (mănuși, ochelari, șorț) care cu doi clești de tablă poate ține în poziții fixe bucățile. Acesta poate forța ușor plăcile în direcții corespunzătoare evitării deformărilor termice ce pot apărea în timpul haftuirii.

## Sudura „filet”

Dacă în exemplul anterior a fost vorba de sudura a două plăci metalice subțiri, cu contact fie pe o singură muchie a tăieturilor fie cu suprafața tăieturii uneia peste suprafața laterală de la capăt a celeilalte, există un al treilea tip de sudură, foarte asemănător cu cel descris anterior dar care totuși diferă prin faptul că cele două bucăți de tablă se află în poziție de T invers și nu de L.

Poziția celor două plăci poate fi perpendiculară dar poate ocupa și diferite grade de înclinare. În cazul tablelor subțiri nu se simte nevoia unei prelucrări suplimentare a zonelor de contact. Aici se poate aplica sudura prin fuziune și doar în cazuri izolate se va interveni cu sârma de adaos. Având de sudat două table, dintre care una ocupă o poziție orizontală iar cealaltă este ori perpendiculară pe aceasta ori înclinată la diferite unghiuri, vom aplica mai întâi o cusătură prin haftuire ( $2 - 2,5 - 3$  cm) pe una dintre laturile comune. După ce haftuirea pe o parte a fost încheiată se va întoarce montajul cu cealaltă linie de îmbinare către postul de sudură și vom începe sudura de la dreapta către stânga. Sudura filet implică folosirea unei sârme de adaos (nu foarte groasă) pentru încărcarea corespunzătoare a V-ului dintre cele două table cu evidențierea solzilor dispuși de-a lungul cordonului de sudură la fel ca un filet de șurub. Nu se va utiliza o duză prea mare pentru acest tip de sudură. Dacă în exemplul de față vom folosi tablă cu grosimea de 1,5 mm se poate proba o duză nr. 3 cu presiune pe gaze de 2 at. Dacă flama este prea puternică și unghiul jetului nu este corespunzător se poate produce tăierea bazei care înseamnă scurgerea de metal topit de la baza peretelui vertical peste suprafața celui orizontal.

## Sudarea oțelului inox cu flacără oxiacetilenică

Oțelurile inoxidabile nu au, toate, aceeași compoziție. Există mai multe elemente (niobiu, molibden, crom, nichel, titan etc.) care încorporate în aliaj îi conferă acestuia proprietățile specifice. Pentru realizarea unei îmbinări fixe între două piese separate din oțel inoxidabil poate fi folosită sudura lor sau lipirea cu un aliaj dur. Anterior am discutat despre diferența între sudură și lipire și despre diferența între aliajele de lipire moi și cele dure. În cazul sudurii diferitelor mărci de oțeluri inox, trebuie folosit un fondant special cu o sârmă de adaos corespunzătoare fiecărei mărci de oțel. Comercializarea acestor materiale auxiliare se face cu indicarea mărcilor de oțel inoxidabil pentru care sunt recomandate. Pentru exercițiu vom pune cap la cap două bucăți de tablă din oțel inoxidabil de aceeași grosime (1,5 mm). Se presupune că deja cunoaștem marca oțelului de care dispunem și că dispunem de sârmă de adaos cu grosimea de 2 mm și de fondant corespunzătoare mărcii de inox cu care lucrăm. În situația dată se recomandă o duză nr. 2 și presiunea de 2 at pe gaze. Se încălzește fără a se topi vârful sârmei apoi se scufundă în fondant. O parte din acesta se va lipi de vârful sârmei atârând ca o picătură de lichid. Pornind din centrul cordonului vom haftui alternativ, la distanțe egale, menținând fix atât vârful sârmei cât și flama până ce metalul se topește. Se întorc piesele pe partea opusă, se unge cu fondant întreaga lungime a cordonului și se începe sudura de la dreapta înspre stânga. Vom avea grijă ca flama să fie perfect neutră. În timpul operației de sudare a inoxului o grijă majoră o constituie evitarea crăpăturilor în metal cauzate de diferențele de temperatură în zone foarte apropiate. Pentru aceasta imediat ce pata de topitură de la începutul cordonului a fost obținută, sârma de sudură va sta scufundată în topitură retrăgându-se linear pe măsură ce sudura avansează. În tot acest timp brenerul va executa în sus și în jos deplasări

ritmice pentru a ține calde și zonele adiacente sudurii. La sudarea oțelului inoxidabil nu se admite nici un fel de întrerupere sau scădere de viteză până ce cordonul de sudură nu se încheie. Cu cât mai repede vom executa sudura cu atât riscul apariției crăpăturilor va fi mai mic. Odată ajunși la capătul sudurii flama nu va fi îndepărtată brusc. Se va mări amplitudinea mișcărilor în lateral iar flacăra poate fi dirijată în mișcări aproximative pe întreaga arie din jurul sudurii. Se urmărește prin aceasta o scădere lină a temperaturii metalului din zona de sudură. După răcire, cordonul de sudură și zona adiacentă se vor curăța corespunzător. Topitura de fondant se dizolvă, de obicei, în apă caldă.

## Sudarea fontei cu flacără oxiacetilenică

Punctul de topire al fontei este de aproximativ 1250°C, cu 200°C sub cel al oțelului. Fonta este un aliaj cu conținut ridicat de carbon. Există mai multe mărci de fontă diferențiate de rețetele lor de obținere. Astfel o anumită marcă de fontă cunoscută și sub denumirea de fontă albă este foarte dură și în același timp foarte casantă. Există însă și mărci de fontă maleabilă, ușor de prelucrat (ex. fonta gri). Aceasta este și mult mai ușor de sudat deoarece, datorită maleabilității ei, nu pleznește așa de ușor din cauza variațiilor bruște de temperatură. Ca și în cazul sudurii autogene a oțelurilor inox, și pentru sudura fontei este nevoie de un fondant special pentru fontă. Dacă în cazul inoxului se recomandă o flacără cât se poate de neutră, la sudarea fontei este recomandată flacăra carburantă, adică o flacără obținută cu exces de acetilenă față de debitul de oxigen. Pentru obținerea unei flame carburante este mai simplu să stabilim mai întâi o flacără neutră urmărind indicațiile de la început. Când s-a obținut această flacără neutră se mărește ușor debitul de acetilenă din robinetul pentru acetilenă (roșu sau maro) până când în jurul conului incandescent apare un fel de halou de culoare alburie-

cețoasă de dimensiuni mici, aproape de limita de apariție. Sârma de adaos pentru sudurile pe fontă este trasă dintr-un aliaj cu conținut ridicat de siliciu. Fondantul folosit va trebui să aibă indicație expresă pentru fontă. Pentru exercițiul ce va fi prezentat în continuare va trebui să facem rost de două bucăți de tablă din fontă cum ar fi de exemplu străvechea plită utilizată intens, până de curând, în gospodăriile de la țară. De obicei grosimea unei astfel de table poate fi de 7-8 mm. Cu un polizor unghiular obișnuit (flex) dintr-o astfel de plită scoasă din uz, fie din cauza spărturilor fie din cauza deformărilor, vom tăia două bucăți care să aibă o tăietură comună. Aceasta ne va scuti de lucrări suplimentare de aducere a celor două muchii la un nivel de prelucrare foarte uniform. În mai toate cazurile, fonta pentru plite este o fontă gri, maleabilă. Și, din cauza punctului de topire mai scăzut al fontei dar și din cauza tendinței ridicate de a crăpa la variații bruște de temperatură, la grosimi de 5-8 mm vom încerca să sudăm cu o duză nr. 3 având presiunea reglată la 2 at atât la oxigen cât și la acetilenă. La grosimi de dimensiunile celor propuse se face necesară pregătirea muchiilor ce urmează a fi sudate. Muchia superioară a fiecăreia dintre cele două secțiuni va fi polizată sub un unghi de 30°. Polizarea nu va avansa până la atingerea muchiei inferioare și se va opri cu aproximativ 1-1,5 mm deasupra acesteia. După așezarea în poziție corespunzătoare a celor două bucăți de fontă urmează preîncălzirea zonei adiacente frontului de sudură, pe o arie cât mai extinsă. Preîncălzirea se face cu flacăra oxiacetilenică deja reglată la caracteristicile flăcării carburatoare.

Dacă nu e neapărat necesar să aducem metalul la roșu el va fi totuși puternic încălzit pentru a nu avea surprize în timpul sudurii. Există și posibilitatea preîncălzirii în cupatoare electrice sau pe combustie dar această posibilitate nu se află la îndemâna oricui. Procesul efectiv de sudare se desfășoară cam la fel cu ce s-a descris până acum. În prealabil însă va trebui să haftuim capătul din stânga al îmbinării. Încălzim (dar nu până la topire)

capătul sârmei și îl introducem în fondantul special pentru fontă. Flacăra este poziționată corespunzător la capătul din stânga al îmbinării dar nu exact pe muchia laterală. Apariția băii de topitură se produce brusc fără semne premergătoare specifice, ca în cazul oțelului. Va trebui să sesizăm exact momentul pentru că sârma trebuie introdusă simultan în baia de topitură. De altfel, se recomandă ca pe parcursul încălzirii să împungem din când în când zona aflată sub jet pentru a determina momentul când aceasta începe să se înmoaie. Odată baia formată și firul de sârmă introdus în topitură, flacăra va rămâne fixă pe linia de sudură în timp ce sârma de adaos aflată continuu în masa topită va avea o mișcare circulară de amestecare a topiturii. Amestecarea topiturii cu ajutorul sârmei de adaos omogenizează masa topită evitând înglobarea bulelor de gaz rezultate din metalul topit și astfel este redusă porozitatea sudurii. Cusătura de la marginea stângă a îmbinării trebuie să fie suficient de rezistentă nu doar ceva provizoriu. Va trebui să fie complet penetrată și nu trebuie să reprezinte doar un simplu punct de sudură: se poate extinde pe câțiva cm.

Haftuirea la capătul din stânga este suficientă pentru a asigura stabilitatea distanței dintre cele două plăci. Nu sunt necesare haftuiri pe toată lungimea îmbinării deoarece, datorită coeficientului de dilatare al fontei, mult mai mic decât cel al oțelului, deformările termice sunt reduse. Sudura propriu-zisă se începe din partea dreaptă urmărind să surprindem exact începutul topirii metalului pentru a introduce sârma de adaos în masa topită. În timp ce sârma va avea în permanență o mișcare circulară de amestecare, flama va urmări strict linia îmbinării avansând doar în măsura în care penetrarea este completă și lățimea cordonului se menține uniformă. Când cordonul de sudură fuzionează cu haftul de la capătul stâng sudura se consideră încheiată. Nu vă grăbiți să închideți flacăra pentru că urmează manevra de dirijare a răcirii. O răcire prea bruscă a zonei adiacente sudurii

poate cauza fisuri sau chiar ruperi. De aceea se va continua menținerea la cald a zonei prin mișcări ample ale flăcării dar, aceasta va fi gradual redusă prin îndepărtare pentru a se asigura o răcire lentă. Nu este exagerat să afirmăm că atunci când lucrăm cu fontă e bine să ne imaginăm că lucrăm cu sticlă. Ambele materiale sunt foarte casante și nu suportă variații mari de temperatură. De aceea, în cazul fontei au mare importanță și condițiile de mediu în care se execută sudura. Nu ne putem, de exemplu, imagina o sudură pe fontă efectuată în aer liber, iarna la o temperatură de  $-5^{\circ}\text{C}$ .

În practica curentă, răcirea graduală a fontei se face prin introducerea într-o cuvă cu nisip, zgură, cenușă etc.

### Sudarea aluminiului cu flacără oxiacetilenică

Ceea ce uzual denumim aluminiu fie că este vorba de tablă, de țevă sau de diferite profile poate fi considerat într-adevăr aluminiu. Aceasta deoarece în mărcile standardizate aluminiul participă cu procente de la 99,5% la 99,8%. Diferența până la 100 este reprezentată de câteva elemente de aliere (Fe, Si, Cu, Zn, Ti). Temperatura de topire a aluminiului este de  $660^{\circ}\text{C}$  cu mult sub cea a oțelului și chiar a fontei. Coeficientul de dilatare termică este aproape dublu față de oțel:

Tabel 2.2

Material	Coeficient de dilatare liniară $\text{m}\times 10^{-6} / \text{m}^{\circ}\text{C}$
Fontă	$10,4 \div 14,7^*$
Alamă	$18,4 \div 21,0$
Aluminiu	$23,8 \div 28,3$
Cupru	$16,5 \div 18,1$
Duraluminiu	$23,5 \div 27,3$
Plumb	$29,0 \div 31,1$
OLT 35	$11,5 \div 13,3$
OLT 45	$11,2 \div 13,4$
*OL 37	$11,2 \div 13,4$
*OI 42	$11,1 \div 13,5$

\* Intervalul cuprinde valorile de la  $20^{\circ}\text{C}$  la  $400^{\circ}\text{C}$

Una din însușirile importante ale aluminiului cu influență directă asupra sudabilității acestuia este afinitatea pronunțată pentru combinația cu oxigenul. Chiar dacă nu este vizibil întotdeauna, la suprafața oricărui obiect din aluminiu există un strat subțire de oxizi. Prin îndepărtarea mecanică a acestui strat nu se rezolvă problema pentru că instantaneu au loc alte reacții de oxidare. Necesitatea unui fondant special pentru aluminiu care să îndepărteze stratul de oxid dar să-l și protejeze de acțiunea oxigenului devine astfel iminentă. Păstrând sub control procesul de oxidare, sudura aluminiului nu pune alte probleme deosebite.

Presupunem că dispunem de două bucăți de tablă având grosimea de 1,5 mm. Nu este nevoie de șanfrenarea muchiilor la astfel de grosimi dar o aranjare prin polizare a celor două margini ce urmează a fi sudate e necesară. Prin aceasta se va urmări obținerea unei linii de contact fără goluri și vârfuri. Așezând cele două table pe cărămizile termorezistente evocate anterior vom încerca o sudare prin fuziune a celor două bucăți de tablă. Se montează o duză nr. 1 iar presiunea la ambele regulate se fixează la 2 at. În lipsa sârmei de adaos specială pentru aluminiu se poate folosi sârmă de aluminiu din comerț sau din cablurile electrice. Fondantul însă trebuie să fie unul special pentru aluminiu. Flama nu trebuie să fie prea puternică și va avea un oarecare aspect de flacără carburatoare, în niciun caz oxidantă. Sa va încălzi capătul sârmei și se va cufunda în fondant care începe să se topească. Se va urmări o acoperire pe o lungime cât mai mare a sârmei cu fondant pentru a nu fi nevoiți să repetăm prea des această operație. Înainte de a începe sudura propriu-zisă o zonă întinsă din stânga și dreapta liniei de îmbinare va fi preîncălzită cu ajutorul flăcării oxiacetilenice. Temperatura de preîncălzire va trebui să fie peste temperatura de fierbere a apei și se poate controla prin diverse metode. Când se constată că s-a aplicat o preîncălzire suficientă se aduce flacăra la capătul din

dreapta al îmbinării și se menține la o distanță și sub un unghi având valorile deja discutate anterior. Deși s-a mai spus de câteva ori reamintim că centrul flamei se va fixa într-o poziție distanțată cu câțiva mm de capătul îmbinării pentru a evita arderea marginilor. Mai bine vom completa capătul după ce tot cordonul a fost executat.

Ca și fonta, momentele premergătoare apariției petei de topitură nu au semne specifice. Atenția va trebui mărită atunci când fondantul cristalizat pe capătul sârmei începe să curgă ca lichid. La scurt timp după aceasta se poate observa o ușoară virare către gri închis a culorii naturale a aluminiului. Și aici ca și în cazul fontei este indicată atingerea intermitentă a zonei de încălzire cu vârful sârmei. Așa se poate sesiza suficient de exact momentul când suprafața aluminiului începe să se înmoaie. Odată ce pata de topitură a apărut lucrurile vor decurge cam la fel ca la celelalte metale despre care s-a vorbit. Flacăra va fi ținută într-o poziție deasupra îmbinării și va avansa uniform înspre stânga. Sârma de adaos va sta cu vârful în topitură imprimându-i-se o mișcare circulară. La pauzele inerente pentru realimentarea cu fondant vom avea grijă să nu apară un crater. De altfel, la început acestea vor apărea oricum dar nu reprezintă un ghinion fără rezolvări: craterele pot fi astupate după încheierea sudurii.

### Sudura de colț

Dacă așezăm două bucăți de tablă una perpendicular pe cealaltă, la baza primeia vom obține două V-uri având aproximativ  $90^\circ$  fiecare. Dacă din necesități practice nu e nevoie de perpendicularitate atunci la bază vor exista două deschideri în formă de V: una mai mare de  $90^\circ$  iar cealaltă mai mică. În această situație este foarte important ca tabla verticală să fie menținută în poziție până la cusătura prin haftuire. Ar fi deci foarte bine dacă sudorul va avea un ajutor care, cu ajutorul unui clește pentru tablă,

va ține tabla verticală într-o poziție cât mai stabilă. În acest timp sudorul începe haftuirea pornind de la centrul distanței și alternând aplicarea hafturilor la stânga și la dreapta, la distanțe egale de 2-2,5 cm.

Lucrând cu tablă de aluminiu cu grosimea de 1,5 mm nu va fi necesară polizarea bazei. Atunci când cusătura prin haftuire a fost încheiată se poate întoarce ansamblul cu partea opusă înspre postul de lucru. Prin mișcări calculate ale flăcării se va preîncălzi suficient și cât se poate de uniform frontul de la lucru. Apoi flacăra se va fixa la partea dreaptă a îmbinării, cu puțin înspre interior pentru a evita arderea muchiei. Anterior, sârma fusese încălzită și scufundată în cutia cu fondant special pentru aluminiu. Și în cazul acesta vârful sârmei de adaos va fi foarte aproape de punctul în care este concentrată flacăra și va împunge ritmic zona în care este așteptată topirea metalului. Când fondantul solid cristalizat pe sârmă începe să curgă suntem foarte aproape de punctul de topire al aluminiului. Apare o colorație gri, sub care metalul este deja lichid. Cu sârma de adaos cufundată în topitură și percutând ușor zona fluidă ne deplasăm către stânga. Tatonarea aceasta continuă cu vârful sârmei sparge și împinge pelicula de oxizi făcând vizibil metalul topit și permițând conducerea corectă a cordonului de sudură. Evoluția sudurii la aluminiu decurge destul de liniștit, cu păstrarea dimensiunilor sudurii. Nu este nevoie de plimbarea flamei în lateral ca în cazul oțelului moale. Ea va sta cât mai pe axul cordonului, avansând linear pe măsură ce pata de topitură avansează. Sârma de adaos va „înțepa” însă ritmic topitura pe măsură ce se deplasează în fața flamei. Mișcările de împingere și de retragere ale sârmei fac ca sudura să se așeze în valuri mărunte foarte asemănătoare între ele. În măsura în care avansăm cu sudura către capătul din stânga, din cauza temperaturii în continuă creștere a metalului deplasarea topiturii se accelerează ușor. Necorelarea vitezei de deplasare cu viteza de topire poate cauza cratere în topitură. Nu vă opriți din activitate, încercați o creștere ușoară a vitezei de deplasare și reveniți abia la urmă pentru repararea craterelor prin haftuire cu sârmă de adaos.

Principalul opozant al sudurii aluminiului – oxidarea – poate fi împiedicată prin sudura în atmosferă de gaze care să împiedice accesul oxigenului la metal. Procedeu este utilizat de mai multă vreme iar gazele cel mai frecvent folosite sunt CO<sub>2</sub> și argonul. De fapt sudura în atmosferă de gaz inert va fi întâlnită și în alte cazuri în cuprinsul acestei cărți. Sudura în atmosferă de gaze antioxidante nu mai necesită utilizarea de fondant pentru aluminiu. Trebuie spus că fondantul este foarte coroziv și este necesară curățarea suprafețelor adiacente sudurii. Fondantul este solubil în apă caldă.

### Sudarea alamei cu flacără oxiacetilenică

Alama este un aliaj de cupru și zinc dar poate conține și alte elemente de aliere (Pb, Sn, Si, Al, Mn, Fe, Ni). Principalele forme de livrare ale alamei sunt: plăci-table, benzi, bare, profile extrudate, țevi, sârme, piese forjate.

Punctul de topire al alamei se află în jurul valorii de 900°C (funcție de aliaj). Sudura alamei nu pune probleme deosebite. Totuși tendința crescută de a îngloba în masa topită gaze de ardere care determină afânarea materialului depus impune câteva manevre specifice.

Prima dintre acestea este amestecarea continuă cu vârful sârmei de adaos a masei de topitură. „Frământarea” acesteia are rolul de a o tasa cu eliminarea bulelor de gaz.

Reglarea flăcării oxiacetilenice către un caracter ușor oxidativ adică cu un ușor exces de oxigen este o altă cale de stopare a acumulării de bule de gaz. Excesul de oxigen asigură o peliculă de oxizi deasupra metalului topit iar această peliculă reprezintă o barieră în calea pătrunderii gazelor de ardere din exterior. Așezarea plăcilor de tablă la banc și pregătirile necesare sunt asemănătoare cu cele descrise în cazul celorlalte metale. Ținând cont de temperatura de topire mai redusă a alamei duza folosită va avea un calibru mai redus decât în cazul oțelurilor.

### Sudarea cuprului cu flacără oxiacetilenică

Materialele din cupru (bare, table, plăci, țevi) pot fi considerate drept materiale în a căror alcătuire cuprul se apropie de 100%. Alte elemente care participă alături de cupru dar în proporții infime sunt Bi, Sb, As, Fe, Ni, Pb, Sn, S, O<sub>2</sub>, Zn, P, Ag. De altfel, acestea sunt considerate impurități și nu elemente de aliere.

Mărcile de cupru cuprind pe lângă simbolul elementului de bază (Cu) procentul pe care îl reprezintă în masa respectivă (Cu 99, 97 b, Cu 99, 95, Cu 99,9 etc.)

Sudura cuprului se face folosind sârmă de adaos din cupru sau dintr-un aliaj mai dur al acesteia. Fondantul specific este obligatoriu.

Din punct de vedere al conductivității termice, cuprul este depășit doar de argint. Urmărind tema noastră adică sudura, acest fapt nu este deloc lipsit de importanță. O conductivitatea termică așa de mare va face ca temperatura punctului în care este concentrată flacăra să crească mai lent din cauza transferului rapid de căldură către zonele înconjurătoare. De aceea la cupru va fi folosită o duză de calibru mai mare iar zonele adiacente sudurii vor fi bine preîncălzite.

Pregătirea muchiilor în vederea sudării respectă cam aceleași principii ca și celelalte metale: când grosimea tablelor care se sudează este sub 2 mm nu se impune prelucrarea prin polizare a muchiilor. Pentru grosimi de peste 2 mm și până la 9 mm va fi asigurat un V simplu din două polizări de 30° fiecare și o deschidere a rostului egală cu cel mult 1/2 din grosimea foilor iar pentru grosimi mai mari va fi asigurat un V dublu cu o deschidere a rostului de aproximativ 5 mm.

Prima încercare va fi făcută cu două bucăți de tablă având grosimea de 1,5 mm. La această grosime nu este necesară fațetarea prin polizare. Se va asigura un rost între cele două muchii paralele. Dacă apariția sudurii ce urmează a fi executată este doar câțiva cm vom porni din partea dreaptă înspre stânga. Mai întâi se vor pudra cu fondant ambele zone adiacente sudurii precum și capătul sârmei de

adaos. După apariția primei pete de topitură cu flacără fixă, sârma se va cufunda în topitură și se va retrage ușor în fața flăcării. Flăcării i se va imprima o ușoară mișcare sus-jos.

Dacă lungimea cordonului de sudură este mult mai mare în cazul cuprului este indicată metoda pasului invers sau înapoi: de la capătul la care se va încheia sudura (stâng) se porționează, la ochi, lungimea cordonului în trei sau mai multe tronsoane aproximativ egale. Presupunem că ne-am fixat la trei asemenea segmente. Vom începe sudura de la capătul interior al ultimei treimi către punctul final al cordonului. Imediat după aceasta vom porni de la capătul din dreapta a treimii de la mijloc până vom întâlni capătul primei suduri. În sfârșit pornim de la capătul din dreapta al cordonului și ne oprim în sudura anterioară. Procedeu are ca scop împrăștierea căldurii și nu concentrarea ei din ce în ce mai mare așa cum s-ar întâmpla dacă am porni de la un capăt și nu ne-am opri până la final. Cuprul are proprietatea că atunci când este bătut cu ciocanul se produce o aglomerare a materialului cu scăderea volumului concomitent cu creșterea durității. Dacă vom așeza părțile sudate pe o menghină și vom bate ușor cu ciocanul cordonul de sudură încă fierbinte se va obține o rezistență sporită. Ca și în cazul lipirii cu cositor, suprafețele ce urmează să fie sudate vor fi foarte bine degresate și decapate

### **Tăierea metalelor cu flacără oxiacetilenică**

Pentru tăierile în linie dreaptă, de cele mai multe ori se folosește un polizor echipat cu disc abraziv de tăiere. La tăierile aplicate pe trasaje sinusoidale complicate este mult mai dificil să pătrundem cu discul abraziv. În aceste situații tăierile de metal cu flacără oxiacetilenică sunt mult mai recomandabile. Flacără pentru tăiere este modificată, prin construcția brenerului, față de flacără oxiacetilenică pentru suduri. Practic tăierea metalului nu se face exclusiv prin acțiunea flăcării care îl aduce în stare topită ci prin acțiunea unui jet de oxigen care aplicat pe o suprafață metalică incandescentă, determină formarea de oxizi metalici ce se

dislocă și curg. Duza pentru tăiere are o deschidere inelară prin care iese amestecul de oxigen și acetilenă care, fiind aprins, întreține flacăra, și un orificiu central prin care vine jetul de oxigen. Reglajul jetului de oxigen se face printr-un robinet separat de cel al oxigenului pentru combustie. Calibrul duzei necesare pentru o anumită tăiere depinde de grosimea metalului și de natura acestuia. De exemplu pentru a tăia o tablă de 9 mm grosime din oțel moale se recomandă o duză de tăiere de 1,2 mm. Presiunea pe reductoare va fi cu mult mai mare decât în cazul sudurii autogene (12-15 at.). Mai întâi sudorul se va asigura împotriva accidentelor echipându-se corespunzător. Atenție la încălțăminte pentru că tăierea cu flacăra presupune aruncarea unui roi de picături metalice incandescente în lateral dar mai cu seamă în jos, înspre picioare. Trasarea conturului de tăiere se poate face și cu creta dar urmează neapărat poansonarea din loc în loc sau zgărierea continuă cu un vârf ascuțit dur. Se aprinde flacăra cu robinetul de acetilenă deschis suficient de mult și cu cel de oxigen doar foarte puțin. Apoi se reglează flacăra pentru a avea o flamă neutră. Se începe de la unul din capetele marcajului aducând flacăra cu conul incandescent foarte aproape de metal sau chiar în contact cu metalul. Când acesta a devenit incandescent se declanșează jetul de oxigen manevrând maneta. Nu se avansează cu flacăra până ce de la partea inferioară a plăcii nu se răspândește un roi de scânteii. De fapt deplasarea flăcării urmărește tot timpul acest lucru. Dacă din cauza unei deplasări cu o viteză mai mare decât viteza de topire în profunzime a metalului tăierea este întreruptă se va închide oxigenul de tăiere (jetul) se va merge doar pe flacăra de încălzire până se va putea relua tăierea prin repornirea jetului. Pe parcursul tăierii duza va fi condusă cât se poate de vertical față de tăietură. O înfundare a duzei de oxigen strică imediat acuratețea tăierii. Pentru desfundare se va folosi o freză calibrată și nu orice sârmă sau cui.

Există sisteme de prindere și fixare a becului de gaz astfel încât să se poată produce doar deplasarea lui prin glisare de-a lungul marcajului de tăiere. Mai ales la început,

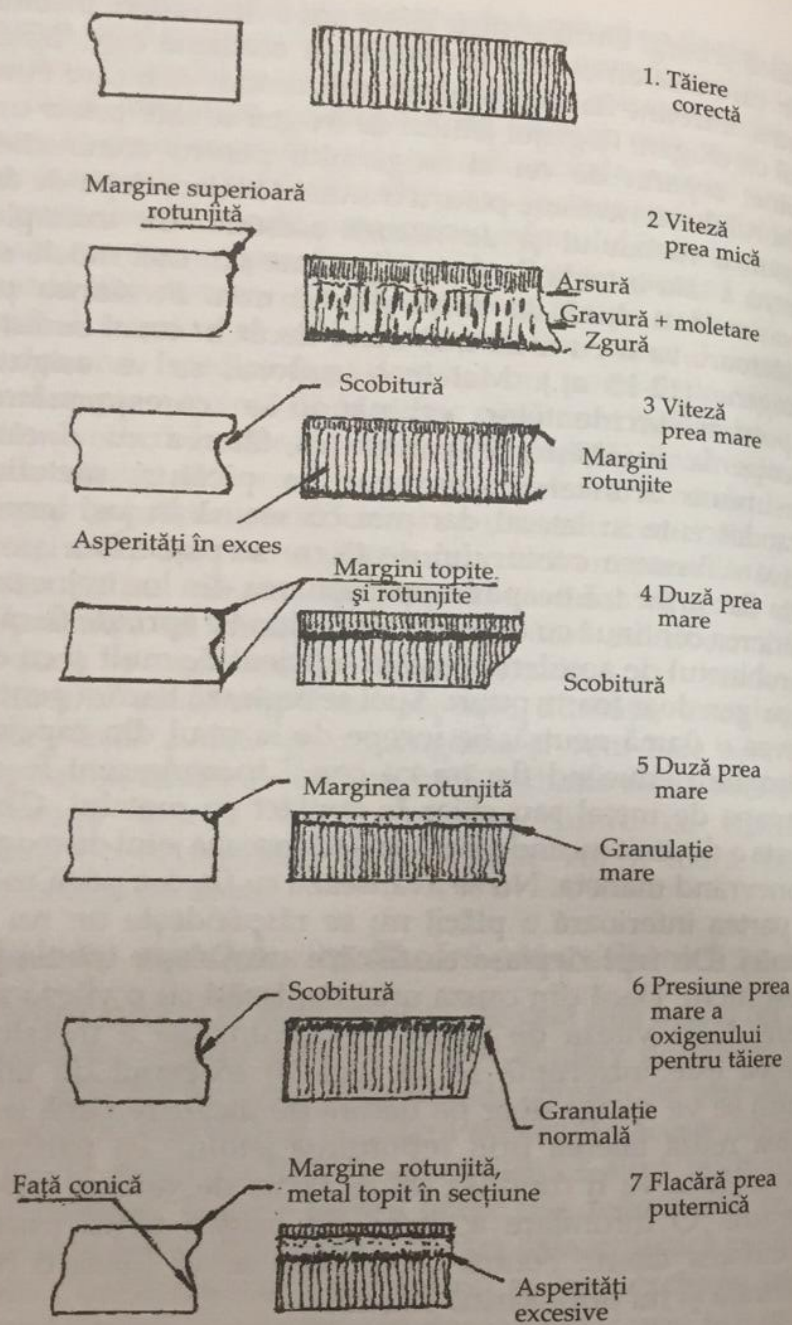


Figura 1. 14  
 Recunoașterea cauzelor ce provoacă defecte la tăiere

În timpul tăierii cu flacără pot apare arderi inverse urmate de mici explozii și stingere. De vină e zgura provenită din arderea metalului. Spre deosebire de sudura cu flacără oxiacetilenică unde prezența acetilenei este obligatorie, la tăierea cu jet de oxigen poate fi folosit și alt combustibil (metan, propan, butan).

În graficul de la pag. 48 sunt evidențiate principalele defecte ce pot apărea la tăierea metalelor cu flacără oxiacetilenică, precum și cauzele care le provoacă. În poziția 1 din grafic este prezentată frontal și în vedere laterală o tăietură reușită. Fața tăiată e dreaptă și cele două muchii bine conturate, fără rotunjiri sau teșituri. Striațiile destul de uniforme sunt specifice tăierii cu flacără. În poziția 2, din cauza încălzirii excesive provocată de o avansare prea lentă a tăierii au apărut arsurile de metal și, inerent, zgura provocată de acestea. Aderența zgurii la metal este foarte pronunțată. Cu o presiune a oxigenului de tăiere mai mare se poate încerca o „bărbierire” a suprafeței la o viteză adecvată.

Atunci când viteza de tăiere este, dimpotrivă, mai mare decât normal apar defectele prezentate la punctul 3. Se vor rectifica printr-o nouă trecere la viteză normală și presiune a oxigenului mai mică.

Dacă folosirea unei duze prea mari coincide și cu o presiune ceva mai mare a oxigenului, la partea superioară metalul topit va fi suflat excesiv producând rotunjirea marginii. Tăietura este provocată de traiectoria curentului de oxigen. La punctul 5 din grafic defectul de tăiere se poate rectifica corectând distanța prin ridicarea duzei la înălțimea normală.

Presiunea prea mare a oxigenului de tăiere provoacă defecte de genul celor descrise la punctul 6. Remediul constă în reducerea corespunzătoare a presiunii. La ultima exemplificare, o extensie prea mare a flamei de încălzire cauzată de o duză mai mare a cauzat o deteriorare accentuată mai ales la partea superioară a tăieturii. Vom verifica presiunea gazelor și vom schimba duza cu una mai mică.

## Cap. III

### Sudarea cu arc electric

Intensitatea curentului electric,  $I$ , reprezintă cantitatea de electricitate care trece, într-o unitate de timp, printr-o suprafață dată. Pentru metale și semiconductori, cantitatea de electricitate este reprezentată de numărul de electrozi ce străbat o secțiune într-o unitate de timp. Dacă notăm cu  $q$  sarcina unui electron, cu  $n$  numărul electronilor ce trec prin secțiunea  $S$  și cu  $V_x$  viteza electronilor prin secțiune vom obține  $I = nq\Delta SV_x$ . În lipsa unui factor extern de antrenare, electronii au o mișcare haotică similară mișcării moleculare și de aceea se poate considera viteza medie ca fiind zero. În prezența factorului extern (la închiderea circuitului de exemplu) se produce o mișcare de ansamblu cu o viteză de antrenare de ordinul  $10^5$  m/s. Intensitatea curentului electric se află în strânsă corelare cu tensiunea și cu rezistența circuitului:

$$I \text{ (A)} = \frac{U \text{ (V)}}{R \text{ (\Omega)}} \quad (1)$$

$$R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

$R$  sau rezistența electrică a unui material poate fi definită și prin relația

$$R = \frac{\phi l}{S} \quad (3)$$

în care  $\phi$  este o caracteristică a materialelor denumită rezistivitate,  $l$  este lungimea elementului pentru care se măsoară rezistența iar  $S$  este aria secțiunii acestuia.

Din relația (2) deducem că la o intensitate mare și o tensiune scăzută valoarea  $R$  este mică și invers iar din relația (3) se observă că o rezistivitate mică a materialului cu o secțiune mare a acestuia determină o rezistență mică. În cazul sudurii cu arc electric fluxul electronic se stabilește între electrodul de sudură și metalul ce urmează a fi adus în stare lichidă în procesul de sudare. Aerul, ca oricare alt gaz este un izolator electric perfect dacă nu conține particule încărcate electric (ioni și electroni). Aerul atmosferic deși este un bun izolator nu este unul perfect. Aceasta deoarece conține un număr de ioni și de electroni rezultați din radiația cosmică, radioactivitatea pământului și datorită unor elemente radioactive prezente în atmosferă (radu, thoriu). Astfel permanent sunt asigurați cam 500-1000 ioni pozitivi /  $\text{cm}^3$  aer și 400-800 ioni negativi /  $\text{cm}^3$  aer. Aceasta face ca aerul atmosferic să aibă o conductivitate

$$\sigma = \frac{1}{\phi} \text{ de } 10^{-16} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}. \quad (4)$$

Fenomenul de trecere a curentului electric prin gaze este cunoscut ca descărcare electrică. Fulgerul, de pildă este tot o descărcare electrică între mase de particule pozitive și mase de particule negative.

În spațiul de descărcare, conductibilitatea este determinată de ioni și electroni în timp ce în materialele ce compun circuitul este doar electronică. De-a lungul timpului s-au făcut nenumărate experimentări legate de obținerea unor astfel de descărcări electrice și două dintre rezultatele acestor îndelungi încercări stau și astăzi la baza a două tehnici foarte frecvent utilizate. Astfel, s-a experimentat că între două borne metalice puțin distanțate poate apărea o descărcare electrică atunci când tensiunea între borne atinge cel puțin  $10^4$  volți. Ne imaginăm că

nimeni nu ar fi dispus să lucreze ținând în mână un asemenea pericol. În industria motoarelor termice cu aprindere prin scânteie descărcarea electrică într-un circuit sursă – bobină de inducție – condensator – ruptor reprezintă și astăzi ideea de bază a aprinderii coordonate a combustibilului. Să punem însă în discuție posibilitatea realizării sudurii cu tensiuni foarte înalte și amperaje scăzute ar fi pierdere de timp. Iată însă că mergând pe adevărul care spune că valoarea energiei (căldurii) obținute din curent electric este direct proporțională cu produsul tensiune  $\times$  intensitate s-au făcut experimentări pe calea inversă, adică folosind intensități mari și tensiuni moderate. S-a constata astfel că la intensități de la 50 până la peste 200 amperi și tensiuni în jur de 50 volți poate fi obținută o descărcare electrică de mare putere capabilă să topească metalele. Temperatura unui arc electric astfel obținut poate ajunge și chiar depăși  $6000^{\circ}\text{C}$ . Cum oțelul are temperaturi de topire situate în general sub  $2000^{\circ}\text{C}$  rezultă că manevrarea cu atenție a arcului pentru a nu arde metalul este una din grijile importante. La începuturi s-a mers pe folosirea curentului continuu și a unor electrozi neînveliți de dimensiuni reduse. Cursivitatea procesului de sudare era greu de menținut. Descoperirea avantajelor folosirii unui fondant specific care să fie depus sub formă de pastă pe electrozi a revoluționat foarte mult tehnica sudurii cu arc electric. Au fost proiectate și fabricate mașini automate de sudură, s-a dezvoltat tehnica sudurii instantanee pe mari suprafețe. Plasele de sârmă de grosimi variate sunt obținute în flux continuu cu o participare redusă de personal. Diferite subsansamble de tinichigerie auto sunt reunite în adevărate module prin tehnica sudurii în puncte. În ceea ce privește grosimea pieselor ce pot fi sudate cu arcul electric s-a ajuns la dimensiuni care nu mai au practic limitări.

În rețelele naționale ale statelor lumii curentul electric circulă la nivele foarte ridicate de tensiune pentru evitarea pierderilor mari. La limita zonelor de consum există stații

de transformare care reduc tensiunea în sistem monofazic și trifazic. Pentru transformarea curentului de la tensiuni foarte mari la tensiuni scăzute sunt folosite stațiile de transformare. Acestea nu sunt altceva decât baterii de transformatoare dimensionate corespunzător. Aparatele de sudură electrică sunt tot niște transformatoare care au însă rolul de a aduce curentul la valori ridicate de intensitate concomitent cu reducerea tensiunii (voltajului).

**Transformatorul** este un aparat ce primește curent electric de intensitate  $I_i$  și tensiune  $U_i$  într-o înfășurare primară și furnizează curent având aceeași putere dar intensitate  $I_e$  și tensiune  $U_e$  modificate, dintr-o înfășurare secundară.

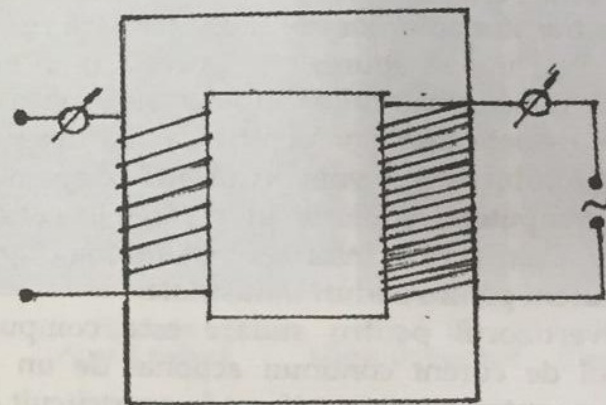


Fig. 1. 15 Schema de principiu a transformatorului

Cele două înfășurări amintite sunt două bobine din sârmă de cupru izolată înfășurate una pe o latură a cadrului metalic (feromagnetic) iar cealaltă pe latura opusă. În funcție de parametrii curentului de intrare și de parametrii impuși curentului de ieșire se pot calcula și numărul de spire pe fiecare înfășurare cât și grosimea firului de cupru.

Pentru respectarea unor dimensiuni și greutate rezonabile sârma de pe cele două înfășurări ale unui aparat de sudură diferă mult ca grosime. Dacă vă apucați

să vă construiți singuri un aparat de sudură, următoarea relație vă este neapărat necesară:

$$\frac{U_i}{U_e} = \frac{I_e}{I_i} = \frac{N_i}{N_e} \quad (5)$$

$N_i$  = număr de spire în înfășurarea primară

$N_e$  = număr de spire în înfășurarea secundară

Cadrul prezentat în desenul de mai sus poate sugera un cadru de fier brut tăiat dintr-o tablă groasă. În practică însă acest cadru este format dintr-un mare număr de lamele din tablă subțire (tole) strânse foarte bine între ele. Această construcție are scopul de a evita încălzirea excesivă a transformatorilor din cauza formării curenților Foucault. Este util să spunem că apariția unui zumzet excesiv al transformatorului impune strângerea șuruburilor de presare a tolelor pentru a evita deteriorarea transformatorului. Nu ne vom ocupa aici de aparatele de sudură foarte puternice folosite în lucrările de construcții industriale. Doar pentru informare cităm două tipuri de surse de curent pentru suduri industriale.

– Convertizorul pentru sudare este compus din generatorul de curent continuu acționat de un motor termic și un motor asincron trifazat în scurtcircuit având indusul generatorului și rotorul motorului fixate pe același arbore iar statoarele formează un corp comun.

– Redresorul pentru sudare este o sursă de curent continuu prevăzut cu diode cu siliciu și sisteme de reglare amplificatoare magnetice sau cu tiristoare. Redresorul pentru sudare are multe avantaje față de convertizori:

- caracteristici dinamice superioare
- pot funcționa cu tensiuni de mers în gol inferioare
- au o siguranță în exploatare mai mare pentru că nu au organe în mișcare
- se întrețin ușor
- greutatea redusă.

Transformatorul pentru sudură sau aparatul de sudură cum este cunoscut poate fi prevăzut cu sursă de alimentare de la o rețea trifazică sau de la rețeaua monofazată. De acestea din urmă ne vom ocupa mai pe larg pentru că ele se găsesc în toate magazinele specializate, pot fi folosite la o gamă foarte extinsă de lucrări de sudură și sunt preferate de către amatori.

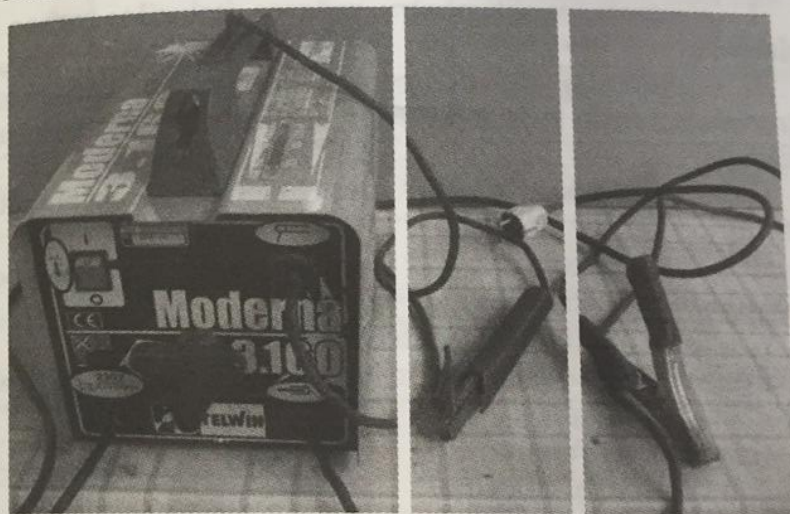


Fig. 1.16  
Aparat sudură

Fig. 1.17  
Clește de electrod

Fig. 1.18  
Clește de masă

De regulă aceste aparate de sudură furnizează curent alternativ. În cele mai multe cazuri sudura cu curent alternativ decurge la fel de bine ca și sudura cu curent continuu. Există câteva situații, cum ar fi sudura aluminiului cu electrozi de aluminiu unde curentul continuu se impune. Amperajul aparatelor de sudură se situează la valori de 50-300 A și la tensiuni de 45-60 V. Aproape toate aparatele de sudură moderne au posibilitatea de reglare manuală a amperajului în funcție de caracteristicile electrozilor ce urmează a fi utilizați. Scala de reglare conține un număr de 5-10 valori de reglare deși, de multe ori, ar fi nevoie de un reglaj și la o valoare intermediară.

Electrozii folosiți în zilele noastre sunt înveliți cu un strat de diferite grosimi alcătuit dintr-un material fondant. În timpul lucrului electrodul poate fi menținut într-un contact ușor cu piesa de sudat și acesta este un avantaj pentru obținerea unei suduri cât mai uniforme.

După destinație electrozii înveliți pentru sudura oțelurilor se clasifică în mai multe grupe:

I – electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor carbon și slab aliate;

II – electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor cu granulație fină și a oțelurilor utilizate la temperaturi scăzute;

III – electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor termorezistente

IV – electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor inoxidabile și refractare;

V – electrozi înveliți pentru încărcare.

Simbolizarea electrozilor se face după următoarele caracteristici tehnice:

- caracterul învelișului
- randamentul nominal
- pozițiile de sudare
- conținutul de hidrogen difuzibil
- caracteristicile curentului de sudare

Clasificare după caracterul învelișului

Tabel 2.3

Tipul învelișului		Componente principale din înveliș	Caracterizare generală
Simbol	Denumire		
1	2	3	4
A	Acid	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Si, feromangan	Formează zgură acidă ușor de desprins. Viteză de topire ridicată, pătrundere mare. Preferabil ptr. sudură orizontală cu curent alternativ sau continuu
AR	Acid rutilic	La fel ca A dar cu max. 35% TiO <sub>2</sub>	La fel ca la A dar cu zgură mai fluidă
B	Bazic	CaCO <sub>3</sub> sau alți carbonați bazici	Zgura bazică, densă cu aspect sticlos. Se desprinde ușor și nu produce incluzini. Sudură în toate pozițiile. Curent continuu dar și alternativ.
C	Celulozic	Materiale organice	Zgură puțină ce se desprinde ușor. Toate pozițiile de sudare. Pătrundere adâncă și viteză de topire mare
O	Oxidant	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> cu sau fără oxid de Mn	Zgură oxidantă groasă și compactă. Se desprinde ușor. Aspect bun al sudurii.
R	Rutilic cu grosime medie	Oxid de titan, celuloză max 15%	Zgură acidă. Suduri verticale și pe plafon
RR	Rutilic cu grosime mare	TiO <sub>2</sub> + celuloză 5%	Zgură densă cu deprimare ușoară
S	Alte tipuri	-	-

Clasificare după poziția de sudare

Tabel 2.4

Simbol	Poziția de sudare
1	Toate pozițiile
2	Toate pozițiile minus poziția verticală descendentă
3	Poziția orizontală, orizontală cu un perete vertical, orizontală cu jgeab
4	Poziția orizontală, orizontală cu jgeab
5	Poziția orizontală, orizontală cu jgeab, orizontală cu un perete vertical și verticală descendentă

Clasificare după caracteristicile curentului de sudare

Tabel 2.5

Simbol	Curent continuu Polaritate recomandată**	Curent alternativ Tensiunea nominală de mers în gol, V
O*	+	50
1	(+) sau (-)	50
2	(-)	50
3	(+)	70
4	(+) sau (-)	70
5	(-)	70
6	(+)	???
7	(+) sau (-)	90
8	(-)	90
9	(+)	90

\* simbol destinat electrozilor utilizați la curent continuu cu polaritate pozitivă

\*\* (+) polaritate pozitivă; (-) polaritate negativă

Tabel 2.6

Electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor carbon și slab aliate

Simbol	Rezistența de rupere la tracțiune Rm	Limita de curgere Re*	Alungirea minimă A pentru L=5d	Temp. la care energia de rupere KV= 28J
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%	°C
E 370	430 - 510	-	-	-
E 43.0	430 - 510	-	-	-
E 43.1	430 - 510	310 - 440	20	+20
E 43.2	430 - 510	310 - 440	22	0
E 43.3	430 - 510	310 - 440	24	-20
E 43.4	430 - 510	310 - 440	24	-30
E 43.5	430 - 510	310 - 440	24	-40
E 51.0	510 - 610	-	-	-
E 51.1	510 - 610	390 - 490	18	+20
E 51.2	510 - 610	390 - 490	18	0
E 51.3	510 - 610	390 - 490	20	-20
E 51.4	510 - 610	390 - 490	20	-30
E 51.5	510 - 610	390 - 490	20	-40

Electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor cu granulație fină și a oțelurilor utilizate la temperaturi scăzute

Tabel 2.7

Electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor carbon și slab aliate

Simbolul tipului de electrod	Limita de curgere Re*	Rezistența de rupere la tracțiune Rm	Alungirea la rupere A pentru L = 5d	Temperatura la care energia de rupere KV = 28 J
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%	°C
1	2	3	4	5
EY 42.0 EY 42.1 EY 42.2 EY 42.3 EY 42.4	420-460	480-580	2-28	- +20 0 -20 -30
EY 46.0 EY 46.1 EY 46.2 EY 46.3 EY 46.4 EY 46.5 EY 46.6 EY 46.7 EY 46.8 EY 46.9	460-490	530-680	22-28	- +20 0 -20 -30 -40 -50 -60 -80 -100
EY 50.0 EY 50.9 EY 50.9 EY 50.9	500-590 (51-60) 590-690 (60-70)	580-730 (59-74) 630-770 (64-78)	20-24 18-22	** **
EY 69.0 EY 69.0	690-780 (70-80)	730-810 (74-83)	20-22	**
EY 78.0 EY 78.9	780-880 (80-90)	810-910 (83-93)	16-20	**
EY 88.0 EY 88.9	min 880 (90)	(910-1010) (93-103)	14-18	**

\* În locul limitei de curgere Rc poate fi aflată Rp 0,2  
\*\* Temperaturi ca la EY 46

Tabel 2.8

Simbolizarea pe baza compoziției chimice a metalului depus prin sudare

Simbol	Compoziția chimică						
	Mn	Ni	Mo	Cr	Cu	V	P
S 0,1	-	-	-	-	-	0,05	max 0,04
S 0,2	-	-	-	-	-	0,15	
S 0,5	-	-	0,2-0,6	0,15-0,8	0,3-0,6	-	
S 0,8	0,6-1	-	0,6-1,0	0,8-1,2	-	-	
S 1	1,0-1,4	0,6-1,2	-	-	-	-	
S 1,5	1,4-1,8	1,2-1,8	-	-	-	-	
S 2	1,8-2,4	1,8-2,6	-	-	-	-	
S 3	2,4-3	2,6-3,8	-	-	-	-	

Electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor termorezistente

Tabel 2.9

Simbolizarea pe baza compoziției chimice a materialului depus prin sudare

Simbolul timpului de electrod	Compoziție %							
	C	Si max	Mn max	Cr	Mo	S	P	Altele
EMo	max 0,12	0,8	1,5	-	0,4-0,7	0,05	0,05	-
E 0,5Cr.Mo.	max 0,12	0,8	1,5	0,3-0,8	0,4-0,7	0,04	0,04	-
E 0,5Cr.Mo.V	max 0,12	0,8	1,5	0,3-0,6	0,8-1,2	0,04	0,04	V=0,25-0,35
E 1Cr.Mo.	max 0,12	0,8	1,5	0,3-0,5	0,4-0,7	0,04	0,04	-
E 1Cr.Mo.V	max 0,12	0,8	1,5	0,9-1,3	0,4-0,7	0,04	0,04	V=0,1-0,35
E 2Cr.Mo.	max 0,12	0,8	1,5	2,0-2,6	0,9-1,3	0,04	0,04	-
E 5Cr.Mo.	max 0,12	0,9	1,5	4-6	0,4-0,7	0,04	0,04	-
E 5Cr.Mo.	max 0,12	0,9	1,5	4-6	0,4-0,7	0,04	0,04	V=0,1-0,35
E 9Cr.Mo.	max 0,12	0,9	1,5	8-10	0,3-1,2	0,04	0,04	V=0,2-0,4??
E 12Cr.Mo.V	0,15-0,22	0,8	1,5	11-13	0,8-1,2	0,04	0,04	W=0,4-0,6

Electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor inoxidabile și refractare

Symbolizarea pe baza caracteristicilor mecanice și conținutului maxim de ferită al metalului depus

Tabel 2.10

Simbolul tipului de electrod	Limita de curgere Ro min N/mm <sup>2</sup>	Rezistența de rupere Rm min N/mm <sup>2</sup>	Alungirea la rupere (A (%min) pentru L <sub>0</sub> <sup>2</sup> = 5,65 So	Rezistența KCU 300/2 la +20°C j/om <sup>2</sup>	Duritate HB min	Conținutul de ferită % max
	N/mm <sup>2</sup>					
E 13 <sup>1</sup>	390	49°	15	50	-	-
E 17 <sup>1</sup>	290	49°	20	-	-	-
E 17.0.1	-	-	-	-	250	-
E 19.9	290	520	30	9°	-	8
E 19.9.Nb	290	540	25	70	-	12
E 19.9 L	290	510	30	80	-	8
E 19.12.2	290	540	25	80	-	12
E 19.12.2NB	340	540	25	80	-	12
E 19.12.2-L	290	510	30	80	-	10
E 18.8.Mn6	340	540	30	90	150	-
E 25.20	290	540	30	90	-	-
E 23.12	290	540	25	90	-	-
E 23.12.2	290	540	25	80	-	-

<sup>1</sup> Caracteristicile mecanice se referă la starea tratată termic.

Tabel 2.11

Electrozi înveliți pentru încărcare prin sudare

Simbolul tipului de electrod	Grup a de aliere	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	Fe	Alte elemente	Duritatea HW 30	Durabilitate la uzare prin abraziune
EH1	1	≤0,4	max 0,3	-	max 3	max 1	max 3	-	-	-	rest	-	200-410	2,2-2,4
EH2	2	>0,4	0,5-3	max 1,5	max 5	max 1	max 3	max 0,3	-	-	rest	-	525-555	2,5-2,8
EH3	3	0,2	-	1.1,6	1-14	max 4	max 5	0,15-1,5	1-10	-	rest	-	455-740	2,3-3
EH4	4	0,6-1,5	-	-	3,5-6	max 10	-	max 3	1,5-19	max 15	rest	-	275-380	2,6-2,8
EH5	5	≤0,3	max 1	max 1,5	5-30	max 2	max 5	0,15-0,4	-	-	rest	-	525-555	1,6-1,8
EH6	6	0,2-2	max 1	1,5-3,5	3,5-18	max 2	-	-	-	-	rest	-	150-600	1,1-1,5
EH7	7	0,5-1,3	11-18	max 2,2	max 3	Mo	max 3	-	-	-	rest	-	min 150	2-3
EH8	8	<0,25	5-8	max 1,5	18-21	Mo	5-11	-	-	-	rest	Nb*	175-200	min 1
EH9	9	<0,3	max 2	max 1	13-30	max 5	8-25	-	-	-	rest	-	455-610	min 1,5
EH10	10	1-5	max 8	max 1,7	11-35	max 3	-	max 1,5	max 5	max 5	rest	-	min 600	min 2
EH20	20	0,7-3	-	-	25-33	max 3	max 3	-	3,0-25	30-70	rest	-	min 650	min 1
EH21	21	-	-	-	carburi max 80	-	-	-	carburi 80	-	Liant Fe, Mo, Ca, Ni	-	min 600	min 1
EH22	22	<1,0	-	-	8-18	-	65-85	-	W*	1-1,5	-	-	min 600	min 1
EH23	23	<0,12	-	-	max 18	8,0-35	rest	0,2-0,6	max 20	max 2,5	4,0-7	-	min 600	min 1

**Cleștele pentru prins electrozii** este clește metalic cu arc de strângere în care se introduce baza electrodului (de regulă neacoperită cu pastă). De cele mai multe ori cleștele prezintă trei canale de așezare a electrodului: perpendicular pe clește, la 45° în față și la 45° înapoi. Mânerul cleștelui are un înveliș electroizolator. În timpul lucrului vom avea grijă ca electrodul să fie înlocuit exact în momentul potrivit pentru a proteja cleștele să nu atingă direct metalul de sudat.

**Cleștele de masă** este tot un clește metalic cu arc de strângere care se va prinde într-o zonă a pieselor metalice ce urmează a fi sudate fără să deranjeze procesul de sudură (în afara liniei de îmbinare). Va fi protejat de rugină și necesită o verificare și curățare periodică. Prinderea cleștelui de masă de obiectele mecanice trebuie să asigure un contact electric perfect pentru a evita descărcările electrice în punctul de prindere. Acestea pot provoca deteriorări ale zimților de prindere.

**Masca de sudură.** Are rolul de a proteja fața de arsuri. De obicei sunt confecționate din carton tare și un geam închis la culoare prin care în condiții normale nu se vede nimic. Există tipuri de măști care trebuie ținute cu o mână în timpul lucrului dar și tipuri ce se pot așeza pe cap ridicând și coborând o vizetă protectoare. Se mai folosesc și ochelari de sudură dar aceștia nu asigură protecția feței. În condiții cu totul excepționale se mai pot folosi și ochelari de soare sau de vedere cu lentile plexi.

*Măsuri de siguranță în timpul sudării cu arc electric*

- Conexiunile electrice în timpul sudării cu arc electric;
- Asigurați legătura la pământ a pieselor ce pot intra sub tensiune electrică;
- Țineți cilindrii cu acetilenă și oxigen departe de locul de sudură;
- Niciun fel de alt material inflamabil nu va exista în zonă;
- Radiațiile accidentale care au afectat ochii provoacă o conjunctivită care în mod normal ar trebui să dispară după 48 ore. Altfel, mergeți la medic;
- Verificați periodic legăturile electrice;
- Scoateți de sub tensiune atunci când aparatul de sudură scoate fum. Nu aruncați în niciun caz apă;

## Primii pași în sudura cu arc

Vom vorbi în continuare numai despre sudură cu arc electric realizată cu aparate de sudură alimentate de la rețeaua monofazată (220V). Sunt cele mai recomandate dar și cele mai des întâlnite aparate în posesia sudorilor amatori. În fotografia de prezentare a aparatului de sudură monofazat, pe panoul frontal este prezentat un buton de pornire cu două poziții: OFF și ON iar pe panoul superior un cursor care pe o latură are înscrise mai multe valori de intensitate a curentului iar pe latura opusă, corespunzător, dimensiunea de electrod potrivită la amperajul respectiv.

Pentru primii pași pe care începem să-i facem eu propun ca pe bancul de lucru să așezăm o bucată de tablă cu o grosime de peste 5 mm din oțel carbon (mai exact, să nu fie inoxidabil și nici din aluminiu, cupru, fontă). De unul din colțurile acestei bucăți de tablă prindem gheara (cleștele) de masă a aparatului de sudură. Înainte de prindere, vom vizualiza starea cleștelui și vom îndepărta cu peria de sârmă urmele de rugină. Multe aparate de sudură oferite de comeț au în dotare o perie de sârmă cuplată cu un vârf metalic pentru desprinderea zgurei de sudură.

De asemenea va fi curățată de rugină și zona în care va fi aplicat cleștele de masă. Când avem siguranța unui contact bine făcut, ținând cleștele de electrod cu mâna dreaptă, având clapeta strânsă, introducem cu mâna stângă coada electrodului în lăcașul potrivit. Eliberăm clapeta de strângere și electrodul este fixat. Așezăm cleștele de electrod pe banc și ne ocupăm în continuare de reglarea amperajului. Să presupunem că am ales să lucrăm cu un electrod Supertit de 2,5mm Pe panoul frontal al aparatului de sudură există o rozetă destul de solidă de obicei din material izolator. Urmărind deplasarea cursorului de pe panoul superior răsucim rozeta în sensul în care cursorul avansează înspre valoarea de 2,5. Când s-a ajuns aici se oprește rotirea rozetei. Următorul pas este introducerea aparatului în priză după ce însă am verificat dacă butonul de pornire se află în poziția OFF. Ridicăm cu mâna dreaptă cleștele cu electrod fără să atingem cu acesta

suprafața metalică. Cu mâna strângă apăsăm butonul aparatului în poziția ON. Imediat apucăm, cu aceeași mână, masca de sudură și o ducem în fața ochilor. Deocamdată prin geamul negru nu putem vedea nimic. Următorul pas este aducerea vârfului de electrod la o temperatură ridicată fără a atinge totuși punctul de topire. Într-o astfel de stare, fluxul de electroni poate închide mult mai ușor circuitul prin declanșarea arcului electric. „Scăpărăm” așadar cu electrodul pe suprafața metalică obținând roiuri de scântei. După câteva de astfel de treceri ne vom opri rapid într-un punct de pe placa metalică apropiind foarte mult electrodul de metal dar fără să-l atingem totuși. Dacă arcul electric manifestat printr-o flamă continuă și un bâzâit uniform nu se declanșează, ciocănim foarte ușor metalul cu vârful electrodului. După multe încercări este imposibil să nu reușim. Păstrând distanța dintre electrod și placă la nivelul susținerii arcului electric, deplasăm uniform înainte sau înapoi (dar nu și, și) urmărind prin vizorul măștii derularea unui cordon incandescent de topitură. O îndepărtare involuntară a electrodului atrage după sine stingerea arcului și necesitatea reinițierii acestuia iar o apropiere excesivă a electrodului conduce la lipirea acestuia de suprafața metalică. Acesta este un moment în care sudorul începător intră de obicei, în panică. Aparatul bâzâie „în draci”, arc electric nu mai există iar îndepărtarea electrodului opune rezistență. Trăgând puternic de cleștele pentru electrod, de multe ori acesta se poate desprinde lăsând electrodul atașat de sudură. Corect, în astfel de situații se procedează așa: se presează pârghia cleștelui de electrod și se îndepărtează cleștele închizând și aparatul de sudură în poziția OFF. După răcirea necesară se îndepărtează electrodul lipit fie prin mișcări înainte-înapoi fie cu o daltă. Cu poticneli mai multe sau mai puține, pentru că la început ele vor fi în mod obligatoriu, încercăm să aplicăm o dâră de metal topit pe suprafața tablei. Vom avea grijă ca lățimea acestei dăre să fie cât de cât uniformă pentru că aceasta ne dă și măsura adâncimii de pătrundere a topiturii în interiorul plăcii.

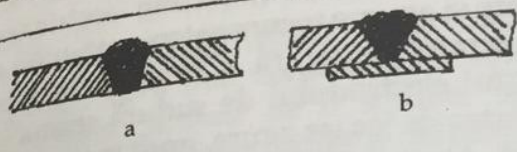
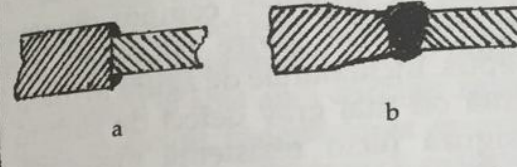
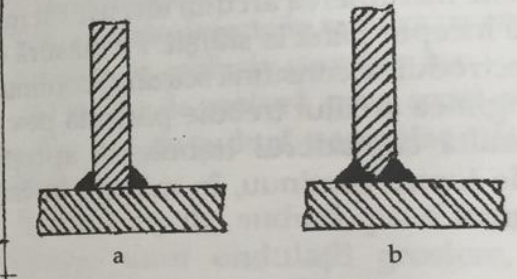
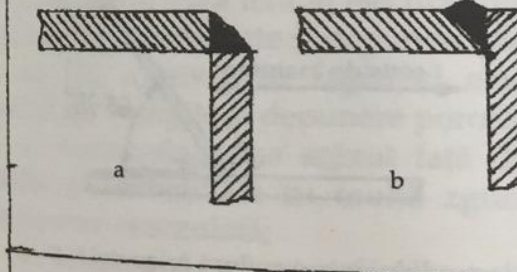
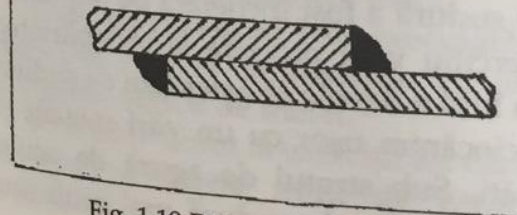
	Tip de articulație a – cap la cap b – cap la cap cu nervură de ranforsare
	a – sudură de colț b – sudură cap la cap cu prelucrare de grosimi
	a – sudură de colț b – sudură de colț cu șanfren
	a – sudură de colț b – sudură cu șanfren
	suduri de colț

Fig. 1.19 Principalele tipuri de sudură cu arc electric

După ce am „scris” suficient de mult pentru a ne fi familiarizat cu păstrarea și conducerea arcului electric vom trece la faza următoare și anume recunoașterea stratului de metal topit față de stratul de zgură. Categorie, în masa topită aflată sub vârful electrodului de sudură stratul de metal se va afla în partea de jos iar zgura, mult mai ușoară, se ridică la suprafață. Atunci când cele două straturi sunt separate destul de clar avem motive să afirmăm că sudura a decurs normal. Stratul de suprafață compus din zgură poate fi ușor îndepărtat prin lovire eliberând astfel suprafața de metal depus. Incluziunile de zgură în masa de metal depus reprezintă cel mai grav defect de sudură în arc deoarece nu asigură nicio rezistență mecanică în secțiunea respectivă. O garanție că stratul de zgură curge la suprafața sudurii este menținerea arcului electric cât mai scurt cu putință de la început până la sfârșit. Pe măsură ce sudura avansează electrodul se consumă scăzând continuu în lungime. Cum lungimea arcului trebuie păstrată pe cât posibil constantă rezultă că sudorul trebuie să apropie electrodul de zona de topire continuu, în măsura în care electrodul este consumat.

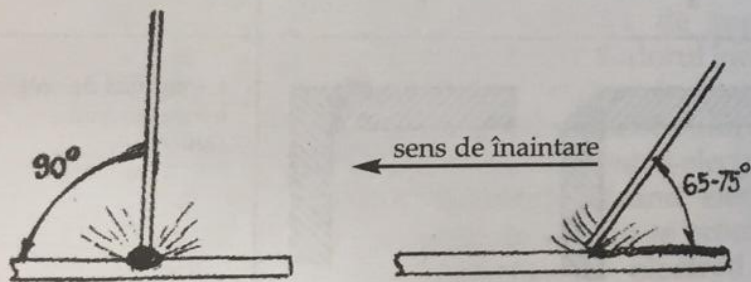


Fig. 1.20 Poziția electrodului într-o sudură orizontală

După ce o dâră de sudură a fost încheiată pe suprafața tablei metalice de exercițiu vom proceda la îndepărtarea zgurei. Pentru aceasta însă e nevoie să așteptăm ca sudura să se răcească. Apoi ciocănim ușor cu un vârf metalic și zgura zboară în bucăți. Sub stratul de zgură de acum îndepărtat vom descoperi dâră de sudură mai mult sau

mai puțin proeminentă față de suprafață. Depunerea de metal topit ar trebui să arate ca o înșiruire de solzi suprapuși ((((((((((((((((((( fiecare solz reprezentând o depunere ceva mai consistentă rezultată din apropierea electrodului urmată de o scădere ușoară rezultată din îndepărtare. Desigur, această perfecțiune se atinge după multe încercări. Primele experimentări pot arăta jalnic: zgură inclusă, cordon când foarte lat când foarte îngust, străpungeri etc. Vom repeta încercările până când rezultatele încep să fie mulțumitoare. Încă o dată: așteptați ca sudura să se răcească și abia apoi curățați zgura prin lovire ușoară cu un corp ascuțit. Îndepărtarea zgurei în stare fierbinte ne poate accidenta și favorizează oxidarea metalului depus prin îndepărtarea acestei bariere de oxigen.

Principalele defecte în sudura cu arc vă vor fi prezentate în continuare, inclusiv cauzelor lor:

- a) Un arc de sudură prea scurt conduce la obținerea unui cordon de sudură neregulat atât în înălțime cât și în lățime;
- b) Un arc de sudură prea lung este reclamat de obținerea unor ondulații grosiere, egal distanțate și depunere plată, cu umflături;
- c) Avansul prea lent al electrodului lasă ondulații prea groase, egal distanțate și depunere plată;
- d) Un avans prea rapid al electrodului determină ondulații alungite și depunere poroasă;
- e) Amperajul prea scăzut față de necesar determină ondulații neregulate cu multă zgură inclusă precum și depunere neregulată;
- f) Amperajul peste necesar determină ondulații grosiere egal distanțate și depunere plată.

În sfârșit, o sudură bine executată este caracterizată de ondulații netede la distanțe egale și de o depunere compactă, solidă de metal.

Vom trece acum la exerciții ale căror rezultate trebuie să se apropie foarte mult de caracteristicile sudurilor profesionale.

## Sudura cu arc electric pe o singură parte

Avem nevoie de două bucăți din tablă de oțel moale care să aibă, ambele, grosimea de 3 mm. Această grosime se pretează cel mai bine scopului propus pentru că la grosimi mai mari este necesară șanfrizarea laturilor iar la grosimi mai mici pot fi sudate la calitate superioară doar cu flacăra oxiacetilenică. Nici chiar la această grosime de 3 mm polizarea celor două muchii opuse nu poate să deranjeze ba chiar poate ajuta la aceste prime exerciții pe viu. După ce am adus cele două laturi ce urmează a fi sudate la un paralelism aproape perfect utilizând un polizor electric vom poliza muchiile superioare ale celor două table sub un unghi de  $30^\circ$ . Aceasta înseamnă că la apropiere vom obține un V de  $60^\circ$ . Polizarea muchiilor superioare nu trebuie să atingă și muchia inferioară oprindu-se cu puțin deasupra acesteia, în funcție de grosimea tablelor ce urmează să fie sudate. Se vor poziționa cele două bucăți la banc asigurându-ne că nu există pericolul să ne sudăm și de banc! Între „ciocurile” de la baza plăcilor lăsam un spațiu de aprox. 1,5 mm. Cu un electrod de 2,5 și cu aparatul de sudură setat la 120 A lovim ușor capătul electrodului de limita extremă din stânga a liniei de îmbinare. Când arcul s-a declanșat, cu masca de sudură deja pusă în poziția corectă, începem să întindem topitura către partea dreaptă astfel încât ea să ocupe în întregime deschiderea V-ului obținut prin polizare. Lungimea arcului și viteza de retragere a electrodului vor fi păstrate constante atunci când suntem siguri că sunt cele optime. Gradul de penetrare de 100% a sudurii și o reparație perfectă între zgură și oțelul topit sunt cei doi parametri cu cea mai mare importanță în desfășurarea sudurii. După încheierea cordonului putem verifica dacă cele două deziderate au fost atinse. Incluziunile de zgură se pot vedea și la suprafață, după ce stratul de zgură a fost îndepărtat. Ele apar ca niște depuneri de cărbune în masa metalului și pot fi

îndepărtate ca un vârf ascuțit. Procentul de penetrare poate fi analizat întorcând montajul pe dos. Pe linia de îmbinare pot fi urmărite toate lipsurile și excesele de topitură. Profesionist vorbind, ele n-ar trebui să existe dar orice început este supus erorilor. Vom îndrepta, așadar, micile imperfecțiuni descoperite cu o nouă trecere pe partea opusă primei suduri. Categorie lungimea arcului și viteza de deplasare nu vor fi identice cu cele de la prima sudură pentru că nici volumul de depunere nu este comparabil. Cu această a doua trecere, pe lângă asigurarea unei penetrări corespunzătoare grosimii pot fi contracarate și anumite tensiuni termice produse la prima sudură și manifestate cu o curbare în sus a suprafețelor.

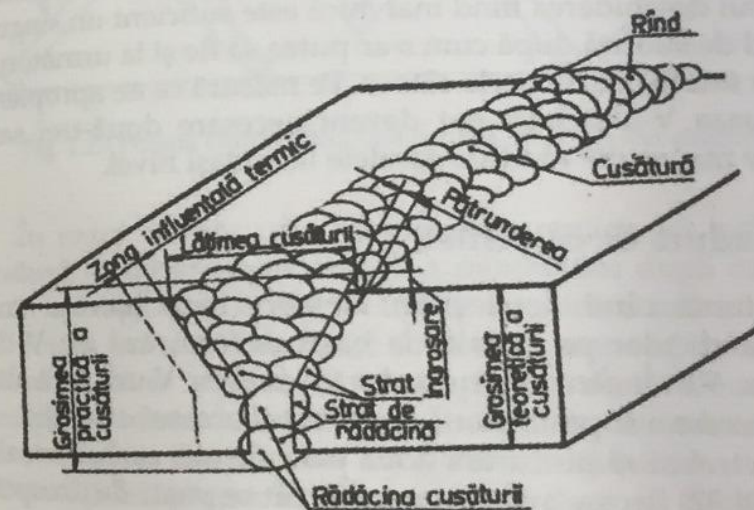


Fig. 1.21 Sudură în V simplu – principalele elemente

## Sudura în V dublu și simplu pe oțel carbon în lucrări industriale

Atunci când grosimea materialelor este mai mare, fie că e vorba de un V simplu sau de un V dublu nu va putea fi completat cordonul de sudură printr-o singură trecere a electrodului. Aici e nevoie de treceri succesive fiecare

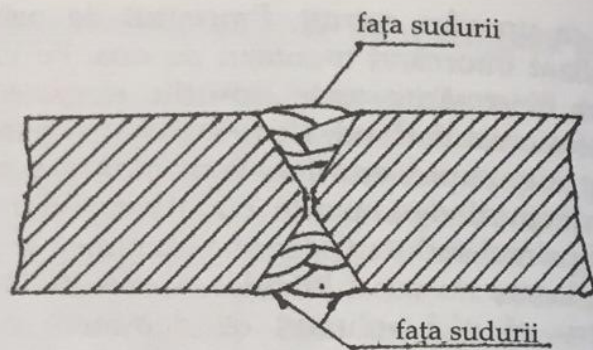


Fig. 1.22 Sudură în V dublu

dintre ele având scopul de a forma câte un rând. La vârful V-ului deschiderea fiind mai mică este suficient un singur rând de sudură după cum s-ar putea să fie și la următorul strat sau la următoarele câteva. Pe măsură ce ne apropiem de baza V-ului însă pot deveni necesare două-trei sau chiar mai multe rânduri paralele la același nivel.

### Sudura de colț (filet)

Atunci când două plăci metalice sunt așezate una perpendicular pe cealaltă la bază se formează un V de aprox.  $90^\circ$ . Încărcarea cu sudură a acestor V-uri, fără altă prelucrare a suprafețelor face obiectul acestui exercițiu.

Va trebui să procurăm două plăci de oțel carbon moale (ex. OL32) fiecare având o muchie cât se poate de dreaptă. Grosimea tablei va fi, să zicem, 6 mm. Pentru a menține cele două plăci în poziția necesară este nevoie ori de un ajutor ori de niște colțari speciali cu care să putem fixa plăcile până demarăm sudura. Con tracția excesivă a metalului depus, după răcirea acestuia poate deforma ansamblul obținut prin sudura celor două plăci aducându-l la forma unui sector tăiat dintr-o sferă. Con tracția cordonului de sudură pe lungimea acestuia face ca ansamblul să se arcuiască în sus de la cele două capete iar contracția lățimii cordonului poate arcui părțile

laterale obținându-se astfel o suprafață scobită ca un căuș. Cusăturile în puncte înainte de începerea sudurii propriu-zise despre care am mai vorbit în cuprinsul cărții se pare că sunt soluția cea mai bună pentru contracararea contracției termice.

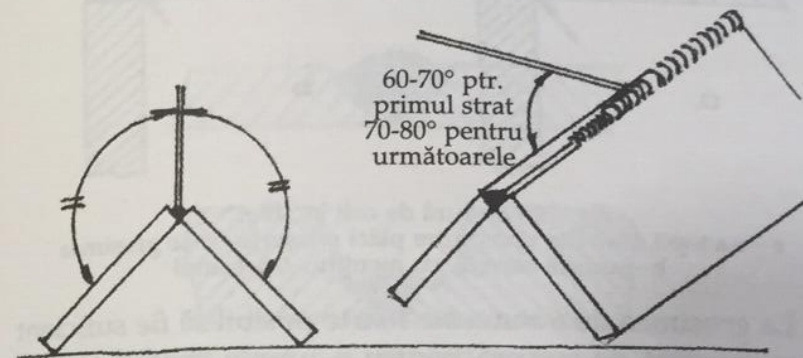


Fig. 1.23 Poziția electrozudului la o sudură „filet” în trei straturi.

În cazul despre care vorbim vom aplica un haft de sudură la extremitatea stângă a montajului după care îl vom așeza destul de repede în poziția pentru sudură.

Tot cu un electrod de 2,5 dar cu un amperaj ceva mai mare decât la sudura în V simplu prezentată anterior începem sudura de la stânga la dreapta ciocnind ușor cu electrodul și menținând lungimea arcului la minim, observați în permanență separarea clară a zgurei de topitura metalică. După prima trecere piesa va fi întoarsă în așa fel încât să putem vizualiza partea opusă primului strat de sudură (stratul de rădăcină). Se vor completa zonele nepenetrare printr-o trecere de-a lungul acestei îmbinări. Aceasta are rolul de a contrabalansa tensiunile provenite din răcirea primului strat atât prin contracția în lungimea cordonului cât și prin contracția lățimii. Următoarele straturi de sudură vor fi aplicate conform situației concrete. Din desenele anterioare veți putea constata că la deschideri mari ale ramurilor V-ului putem

avea nevoie de două sau chiar mai multe treceri urmărind pe cât posibil aplicarea unui rând nou în concavitatea creată de precedentul.

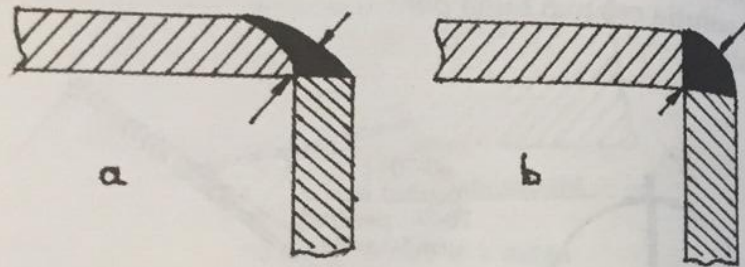


Fig. 1.24 Sudură de colț în „filet”  
a - s-a topit mult din una dintre plăci micșorându-se grosimea  
b - sudură corectă, cu menținerea grosimii

La grosimea de 6 mm este foarte posibil să fie suficient doar un strat de sudură pentru a umple spațiul lăsând impresia că cele două plăci sudate reprezintă doar o singură placă îndoită la 90°.

Dacă cele două plăci de tablă nu sunt așezate una pe extremitatea celeilalte oferind două V-uri puse cap la cap (unul exterior între suprafețele secțiunilor altul interior între fețele celor două plăci) ci una așezată perpendicular pe mijlocul sau oricum, în interiorul celeilalte, se vor obține două V-uri de aprox. 90° aflate spate în spate. La grosimi mici poate fi suficientă sudura doar pe o parte dar la grosimi mai mari poate fi necesară sudura pe ambele părți eventual cu mai multe straturi.

La sudurile de colț, principalele defecte provin de la viteza de deplasare a electrodului mai mică sau mai mare decât cea optimă corelată cu intensitatea programată a curentului.

Dacă vom programa un curent cu o intensitate prea mare viteza normală pentru un curent adecvat devine prea mică. Are loc o topire excesivă a metalului la marginea stratului apărând o depresiune a acestor zone.

Tăierea la bază, ilustrată mai jos, poate fi stopată prin reducerea corespunzătoare a amperajului.

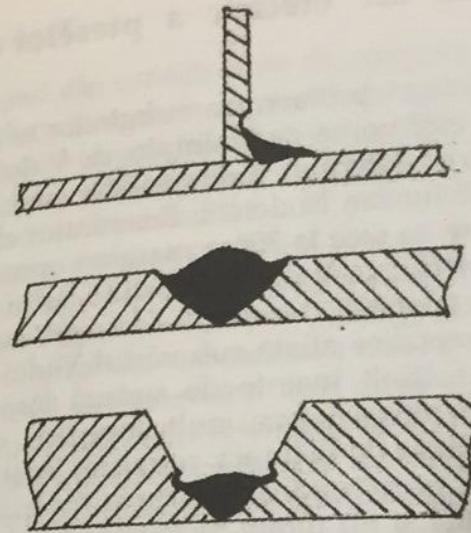


Fig. 1.25 Tăierea la bază la diferite tipuri de sudură

Penetrarea insuficientă este provocată de insuficiența amperajului programat. Și sudurile de colț și cele cap la cap sunt supus acestui pericol. Pentru evitarea acestui neajuns aparatul de sudură va fi programat la o intensitate corespunzătoare.

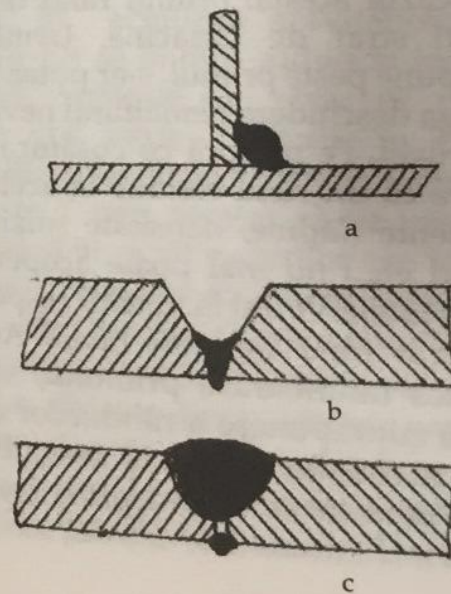


Fig. 1.26 Penetrare incompletă la o sudură de colț (a) și la una cap la cap (c). Scurgerea de metal topit (b)

## Sudura cu arc electric a pieselor metalice groase

La secțiuni mari, prelucrarea marginilor se impune de la sine. Fie că este vorba de V simplu, de V dublu (sau X) de U etc. Pentru pretențiile limitate ale acestui manual nu este necesar să intrăm în detalii. Reamintim că polizarea unei margini se va face la  $30^\circ$ , a marginii opuse tot la  $30^\circ$  obținându-se astfel un V de  $60^\circ$ . Vârful acestui V nu se va afla exact pe fața opusă ci cu puțin deasupra acesteia. Cele două ciocuri metalice aflate sub vârful V-ului nu se vor lipi unul de celălalt înainte de sudură lăsându-se un spațiu de 1-1,5 mm sau mai mult. Începând sudura din partea stângă chiar de la limită, retragem încet electrodul în fața topiturii pe măsură ce aceasta avansează, ciocănim ușor masa topită și nu uităm nicio clipă că electrodul se consumă gradual și trebuie coborât în aceeași măsură. Separarea între stratul de zgură și cel de topitură va fi urmărită mereu. Când am ajuns la limita din dreapta a sudurii deja am încheiat un rând de sudură. În mod normal acest prim rând de sudură ar trebui să închidă complet vârful V-ului și să penetreze printre cele două ciocuri ale rostului până la fața inferioară a pieselor.

În cazul acesta: primul rând de sudură reprezintă și primul strat de rădăcină. Următorul rând, care se suprapune peste primul, s-ar putea de asemenea să astupe întreaga deschidere nemaifiind nevoie de al doilea rând la acest nivel. Pe măsură ce cusătura sudată se înalță vom observa că un rând condus în aceleași condiții ca și cele precedente (lățime, densitate solzi, viteză de deplasare, electrod etc.) nu mai poate acoperi întreaga deschidere dintre brațele V-ului la nivelul respectiv. Acum se impune următorul rând la acest nivel. Acesta va porni de la marginea interioară a primului, suprapunându-l puțin. Această suprapunere a rândurilor este foarte importantă pentru rezistența sudurii în ansamblu. Când temperatura sudurii permite se va îndepărta corespunzător stratul de zgură.

## Sudura în T

Atunci când din considerente de rezistență a sudurii se impune sudura la ambele unghiuri de la baza unei plăci metalice așezată perpendicular pe o altă placă așezată orizontal avem de realizat o sudură în T foarte asemănătoare cu sudura de colț pe o parte discutată anterior. Pentru a exersa o sudură de colț va fi necesară o mască de sudură ce se poate fixa, sau ochelari de sudură. Altfel prezenta unui ajutor, măcar la început, este necesară. Alegem două plăci din oțel carbon a căror grosime poate fi mai mare de 3 mm. Așezăm cele două plăci în poziție verticală una pe jumătatea celeilalte, cu T-ul reprezentat de două muchii concurente pe bancul de lucru. T-ul rezultat din celelalte două muchii, paralele cu primele, se află în partea de sus. Cu o mână ținem piesele în această poziție și cu cealaltă haftuim cele două colțuri de sus. Rotim cu  $90^\circ$  astfel ca una din plăci să se așeze pe banc iar cealaltă să stea perpendicular, ținută de hafturi. Prima linie de sudură se va afla în fața sudorului în poziție stânga-dreapta, la orizontală. Pentru exercițiile propuse până acum am preferat poziția orizontală a sudurii. Este poziția în care poate fi controlată cel mai ușor curgerea metalului topit și curgerea zgurei topite în echilibru gravitațional. În practică, de foarte multe ori se impun suduri la locul de montaj în poziții oblice, verticale sau chiar pe plafon. Despre acestea – ceva mai încolo. Sudurile în T, bine executate, asigură stabilitate montajelor. Totuși, la grosimi foarte mari, articulația în T este necesar să fie pregătită. Același lucru este valabil și în cazul sudurilor cap la cap a pieselor cu grosimi mari. Despre polizarea în formă de V sau de X (V dublu) s-a vorbit anterior. Ca alternativă la acest gen de prelucrare este prelucrarea în U (simplu sau dublu) și în J (simplu sau dublu). Oricare dintre cele trei genuri de prelucrare are o grilă de condiții conform cărora se va face alegerea. Prelucrarea în V simplu este recomandată pentru sudurile cap la cap aplicat tablelor mai subțiri. Dacă aceste

grosimi ale tablelor se apropie de 10 mm vom executa un V dublu. Sunt situații în care sanfrenarea pieselor trebuie făcută la poziție și nu separat. La grosimi foarte mari, către vârful V-ului se poate ajunge din ce în ce mai greu cu mijloacele mecanice de polizare. Vom fi nevoiți să intrăm din ce în ce mai mult în fețele sudurii și astfel V-ul se transformă în U. În sfârșit la o sudură în T cu table groase este relativ ușor să polizăm baza piesei verticale (pe o parte sau pe ambele în funcție de grosime) dar nu și zona de interes din piesa orizontală. În acest caz V-ul sau U-ul vor rămâne doar pe jumătate numindu-se în Y sau J.

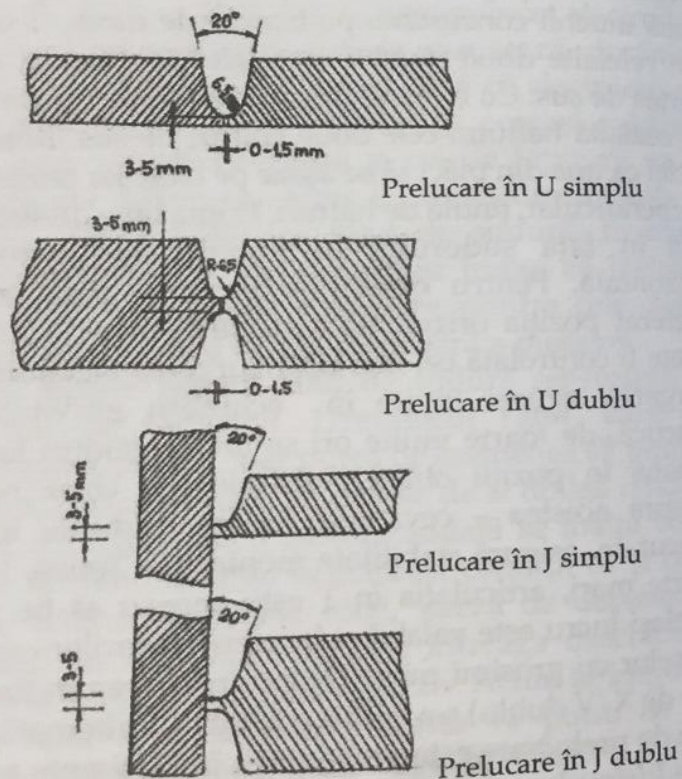


Fig. 1.27 Prelucrarea suprafețelor în U, U dublu, J simplu și J dublu

Privind figurile anterioare ne dăm seama ușor că masa metalică polizată în cazul unui profil U sau J este mai mare decât în cazul unui profil V. Acest fapt implică un consum sporit de energie, pierdere suplimentară de material și timp de lucru sporit. Dacă analizăm încă o dată principala motivație a prelucrării fețelor de sudură în cazul grosimilor mari de material (V, X, U, J) vom constata că obținerea unei apropieri mari a pieselor în partea de jos a cavității prelucrării (cu un luft de 0-1,5 mm) ne permite aplicarea primului strat de rădăcină cu o penetrare corespunzătoare. O dată ce primul strat de rădăcină a fost completat deasupra acestuia activitatea se simplifică chiar dacă din cauza unor deschideri prea mari un strat va fi compus din 2,3 sau mai multe rânduri de sudură. Ideea conform căreia dacă s-ar putea obține un „opritor” la jumătatea secțiunii celor două piese groase ce urmează a fi sudate sau a unui „opritor” la baza secțiunii a două piese mai subțiri s-ar elimina multă manoperă, multă energie consumată și multe pierderi de material. este corectă. Cu ce am putea face mai lesne acest opritor decât cu unul sau mai multe rânduri de sudură aplicate ori pe câte o muchie a celor două secțiuni ori pe mijlocul secțiunilor când acestea sunt groase. Reamintim că alternanța rândurilor de sudură de pe o parte pe alta în cazul prelucrării pe ambele fețe sau aplicarea unui rând „de sigilare” pe partea opusă primului rând de rădăcină în cazul prelucrărilor doar pe o față asigură evitarea deformărilor din cauza contracției sudurii. Nu uitați de îndepărtarea zgurei după finalizarea fiecărui rând.

### Îmbinarea în trepte

Prin suprapunerea pe oarecare lungime a două plăci metalice se crează posibilitatea de a le asambla prin două suduri de colț. Această situație privește doar cazuri particulare pentru că, altfel, o sudură cap la cap ar fi mult mai indicată. Dacă dorim de exemplu să aplicăm un petic

peste o suprafață metalică în vederea astupării unei găuri putem apela la acest gen de sudură. Este de multe ori posibil ca diferențele de grosime foarte mari între cele două bucăți metalice să facă total neindicată polizarea plăcii mai groase pentru a fi adusă la dimensiuni comparabile cu placa mai subțire.

Pentru exercițiu vom găsi două bucăți de tablă care nu mai e neapărat necesar să aibă aceeași grosime. Pentru a realiza sudura de colț dintr-un singur șir ar fi bine să nu avem nicio grosime mai mare de 9 mm. Peste această grosime pot fi necesare straturi suprapuse. După ce am suprapus în mod convenabil cele două plăci le vom aplica câte un haft de fixare la fiecare capăt opus celui din care vom începe sudura. Vom avea deci un haft pe partea frontală, la limita din dreapta și unul pe partea opusă la limita din stânga. Se începe primul rând de sudură urmărind separarea zgurei de metalul topit și totodată umplerea completată a V-ului. Decât să rămână depresiuni în material e de preferat o ușoară extensie bombată către exterior a sudurii. Când s-a ajuns deja peste haftul de fixare, rândul este încheiat și montajul se răsuțește 180° pe banc. Fără să așteptăm răcirea, vom începe sudura rândului de pe fața opusă. Aceasta va asigura compensarea deformării prin contracție termică a primului rând sudat. Ce mai putem spune aici e în legătură cu evitarea posibilității de ardere la capete în cazul folosirii unei table subțiri. E cunoscut faptul că pe măsură ce sudura avansează cantitatea de căldură acumulată crește. De altfel, atunci când table foarte subțiri trebuie sudate cu arcul electric vor fi luate și măsuri suplimentare în afară de iscusința sudorului. Una dintre acestea este aducerea părții pe care nu se sudează a tablei subțiri în contact strâns cu un calup metalic. Acesta va prelua o parte din căldură pe măsură ce aceasta se produce evitând arderea tablei. Metalul ajutător va trebui să aibă o conductibilitate termică foarte bună. Cuprul este unul dintre exemple.

## Sudarea cu arc electric a fontei și oțelului inox

Fonta gri cu un conținut ridicat de carbon se pretează cel mai bine la sudat față de celelalte două mărci: fonta albă și fonta maleabilă. Principala problemă în sudura fontei este pericolul mare al apariției fisurilor în timpul sudării sau în timpul răcirii. Necesitatea sudării fontei apare de cele mai multe ori pentru repararea anumitor obiecte din fontă care ori nu se mai pot procura ca piese de schimb ori au o valoare sentimentală cum ar fi de pildă repararea unui ceaun vechi de 100 ani în care a înghețat apa și l-a fisurat serios. Nu e cazul să lansăm considerații asupra unui procedeu de sudură sau altul. Sudura cu flacăra oxiacetilenică oferă posibilitatea preîncălzirii zonei din jurul fisurii chiar cu brenerul de sudură și, în plus, existența unor mărci de sârmă de adaos mai aproape de compoziția fontei. Arcul electric are capacitatea de a concentra rapid căldura într-un punct diminuând riscul crăpării piesei. Dar, de fapt, nimeni nu poate garanta 100% că nu vor apărea surprize și într-un caz și în celălalt. Ar trebui ca mai întâi să fie făcută o analiză profesionistă a direcției forțelor apărute din dilatare, zonele de acumulare a tensiunilor, flexibilitatea materialului în acele zone și multe, multe altele. Vă băgați?

Pentru obiecte din fontă având greutatea care să le facă manevrabile nu sunt puține situațiile când acestea sunt puse pur și simplu în foc și învelite cu jar. Direct de acolo sunt aduse la bancul de sudură. Pentru un exercițiu de început în sudura fontei cu arc electric se recomandă două benzi de fontă cu grosimi în jur de 5 mm. Din nou vine în discuție o bucată de plită spartă sau una dintre rondele rămase fără utilizare. Din aceste materiale aproape inutile altfel, vom reuși să decupăm două plăcuțe având fiecare măcar una dintre laturi cât de cât dreaptă astfel încât să se alătore cât mai bine celei opuse cu care se va suda. Lungimile celor două plăci de fontă, la început nu trebuie să fie prea mari pentru că la un cordon de sudură lung

apar foarte cu orientări foarte diferite din cauza neuniformității valorilor de temperatură pe astfel de lungimi mai ales către finalul operației. Pentru început, cred că lungimi de până la 10 cm pot fi foarte instructive. Cele două muchii se polizează la 30°C astfel încât împreună să formeze un V cu o deschidere de 60°. Când polizăm o muchie în unghi de 30° nu vom merge cu discul chiar până întâlnim muchia feței opuse. Ne vom opri puțin deasupra pentru obținerea ciocurilor de care am mai vorbit. Setăm curentul la 140 amperi și alegem un electrod din aliaj de nichel  $\phi$  3,15. Pe partea opusă șanfrenului se vor executa echidistant hafturi de fixare. Se întoarce ansamblul și se începe sudura la fel ca în cazul oțelului moale. La grosimi precum cea sugerată este foarte posibil ca spațiul să fie complet ocupat cu sudură încă după primul rând. Pe partea opusă se verifică uniformitatea penetrării și se uniformizează corespunzător. Răcirea pieselor sudate trebuie făcută cu mare grijă pentru că acum pot apare surprizele uneori ireparabile. Se obișnuiește ca imediat ce sudura a fost încheiată să se introducă piesa în nisip, zgură, cenușă etc. Astfel, răcirea devine mai anevoioasă și riscul fisurilor se reduce.

### Sudarea cu arc electric a oțelului inoxidabil

Oțelurile inoxidabile pot fi sudate cu arc electric folosind electrozi corespunzători. Având în vedere faptul că există o multitudine de mărci de oțeluri inoxidabile vom avea grijă să alegem electrodul indicat clar pentru o anumită marcă de oțel. Diferențele se fac remarcate atât în compoziția metalului cât și în compoziția fondantului. Prelucrarea muchiilor în vederea sudării se face la fel ca la celelalte oțeluri, alegând tipul de șanfren în funcție de grosimea materialului. Activitatea decurge la fel ca la tipurile de sudură cu arc descrise până acum. O problemă specifică sudurii inoxului cu arc electric este așa-zisa „fisurare fierbinte” care reprezintă apariția de fisuri în

sudura terminată, în timp ce aceasta se răcește. Legat de acest aspect s-a observat că o încărcare cu sudură folosind electrozi pentru oțel normal a fețelor sudurii (laturile V-ului) peste care să se aplice sudura cu electrozi de inox reduce considerabil riscurile fisurării.

### Suduri pe conducte

Atunci când intenționăm să sudăm pe conducte se presupune că etapa pionieratului a trecut de ceva vreme. Această categorie de lucrări impune de foarte multe ori sudura la poziție, fără banc de sudură sau alte avantaje oferite de un atelier de sudură. Pe lângă aceasta calitatea sudurii pe conducte nu trebuie să asigure doar rezistența îmbinării ci și etanșeitatea.

De aceea sistemele de conducte sunt supuse la multe controale înainte de a fi puse în funcțiune. Cu cât pericolitatea pentru mediu a fluidelor ce urmează să circule prin conducte este mai mare cu atât controalele impuse prin lege sunt mai riguroase. Cele mai extinse sisteme de conducte sunt întâlnite în industria chimică, petrochimică, de rafinare, energetică. Deși la sfârșitul capitolului vom vorbi mai pe larg despre controlul sudurilor trebuie știut că sistemele de conducte, în afara controalelor distructive și nedistructive ale sudurilor, sunt supuse probelor de presiune (uneori la presiuni foarte mari) și probelor de etanșeitate. Pentru sudura cap la cap a două țevi vor trebui parcurse câteva etape obligatorii:

- șanfrenarea capetelor conductelor se face sub un unghi care, de obicei, este stabilit prin proiect. În situația unui exercițiu cum e cel pe care îl propunem în continuare fiecare muchie va fi șanfrenată pe toată circumferința la un unghi de 30° față de secțiune fără să fie atinsă muchia interioară;
- apropierea celor două capete de țevă la distanțe între zero și 1,5 mm;
- rectangularizarea celor două bucăți de țevă.

Prin măsuri specifice trebuie să ne asigurăm că axul uneia dintre țevi se află în continuarea celuiilalt fără nici o abatere (dacă prin proiect nu se prevede aceasta). Pentru fixarea celor două țevi la poziția stabilită se pot folosi mai multe metode dar utilizarea a patru plăcuțe metalice (eclise) fixate la capetele a două diametre perpendiculare prin haftuire la ambele țevi, mi se pare cea mai la îndemână. Și așezarea celor două țevi deasupra unui cornier este o metodă recomandată pentru simplitate. Trebuie totuși să facem cornierul să stea cu cele două laturi în sus!

Când toate pregătirile au fost încheiate vom aplica patru afturi de fixare la capetele a două diametre perpendiculare. După aplicarea primului haft, imediat se va face cel din poziția opusă. Începem să aplicăm primul rând de sudură cu mare atenție pentru a obține o penetrare 100%. În cazul țevelor de dimensiuni mici și medii nu vom mai putea aplica un cordon de sudură la interior. Pe măsură ce rândul de sudură avansează țeava va fi rotită pas cu pas. Când rândul de sudură s-a închis urmează curățarea zgurei depuse și putem apoi începe următorul rând. Uitați-vă bine la continuitatea stratului de metal topit. Porii în sudurile țevelor pot impune refacerea acestora. Dacă cele două țevi au grosimi de perete mari, impuse de diametrele mari, un singur rând de sudură poate, la un moment dat, să nu mai asigure corespunzător deschiderea de la nivelul respectiv. Nu trebuie să plimbăm excesiv electrodul în lateral. Rândul va decurge la aceeași lățime și depunere ca și cele precedente. Spațiul rămas va fi completat cu alt rând care va fi puțin suprapus peste primul și așa mai departe. Doar la stratul final lățimea rândurilor poate fi adaptată pentru a ne asigura că metalul depus a fuzionat bine cu metalul țevelor. După primele rânduri de sudură eclisele pot fi îndepărtate.

Exemplul de mai sus în care țevile pot fi rotite pentru a permite continuarea sudării este bun ca exercițiu. În

practică însă, de cele mai multe ori sudorul nu va mai putea să rotească țevile fiind nevoie să se rotească el în jurul acestora. Nu este deloc ușor și este și periculos. Vom reveni asupra acestui aspect.

Sudurile cap la cap în montajul de conducte se întâlnesc atunci când un traseu drept are o asemenea lungime încât aceasta nu poate fi acoperită de o dimensiune uzuală de livrare a țevelor fiind necesară

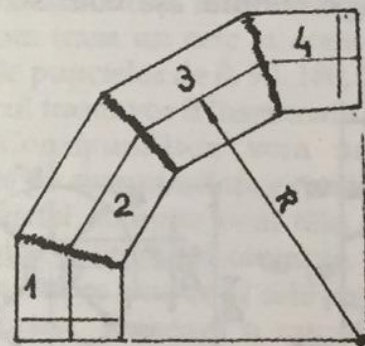
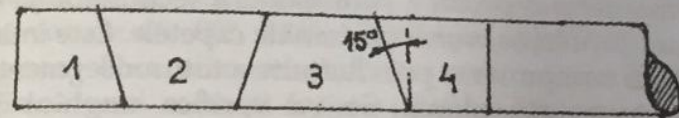


Fig. 1.28 Cot la 90° din segmenti de țeavă

prelungirea cu alte tronsoane, la îmbinările țeavă-fiting (țeu, cot, reducție) la îmbinările țeavă-flanșă cu gât. Fitingurile care de obicei sunt piese forjate sau turnate procurate ca atare pot fi înlocuite cu piese sudate confecționate pe șantier. Astfel un cot poate fi confecționat din segmenti de țeavă tăiați după anumite dimensiuni ce țin cont de raza de curbură necesară și de diametrul țevii.

Decuparea segmentului din țeavă se va face cu respectarea strictă a valorii unghiului. Altfel vor apare probleme la punerea cap la cap a segmentilor în vederea

sudării. În cazul de față conturul șanfrenului nu mai este rotund ca în cazul țevilor ci oval. În cazuri precum acesta nu se mai poate respecta colinearitatea axelor între acestea existând unghiurile propuse. Acest gen de sudură se mai numește și sudură în genunchetă și, în funcție de diametre, nu poate avea unghiuri oricât de mari.

Din punct de vedere al practicii sudurii pentru aceste cazuri, nu sunt diferențe față de sudurile cap la cap. Se va face mai întâi o probă a suprapunerii secțiunilor și, dacă nu sunt probleme, vor fi șanfrenate capetele. Este indicată mai întâi compunerea prin haftuire a tuturor segmentelor, pe o suprafață plană. Se va verifica unghiul între ramificații (90° în cazul nostru) așezarea perfectă în plan, după care se poate începe sudura așa cum s-a arătat anterior.

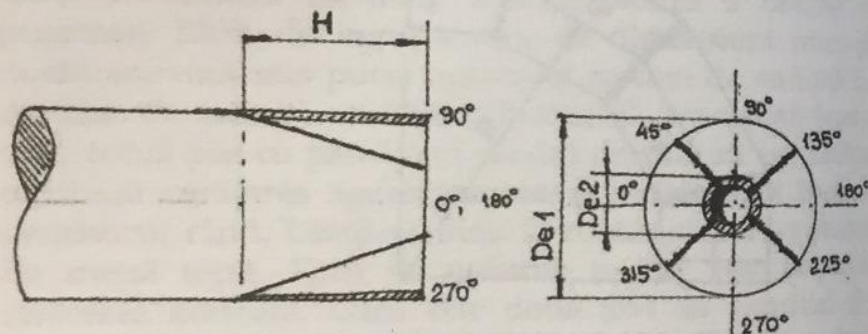


Fig. 1.29 Reducție concentrică din țevă

Reducțiile din țevă presupun o îndoire a petalelor ceea ce la grosimi de perete mai mari necesită încălzirea. Calculul necesar în vederea marcării zonelor de țevă ce urmează a fi îndepărtate pornește de la formula de calcul a circumferinței cercului  $L = 3,14 \times D$

$L$  = lungimea cercului

$D$  = diametrul cercului

Presupunând că avem o țevă cu diametrul exterior  $De1 = 219$  mm pe care vrem să o reducem la un diametru

exterior de 114 mm în vederea sudării cap la cap cu o țevă  $Dn 100$ .

Circumferința țevii este de  $3,14 \times 219 = 688$  mm. Circumferința secțiunii reduse va fi  $3,14 \times 114 = 358$  mm.

Diferența rezultată este de 330 mm Ne propunem să realizăm reducția din patru petale. Aceasta înseamnă că laturile de vârf ale acestor petale vor avea lungimea de  $330 : 4 = 82$  mm. Vom marca cu cretă aceste patru segmente ce se vor situa egal la stânga și la dreapta punctelor de 0°, 90°, 180°, 270° alese pe capătul țevii. Lungimea  $H$  a viitoareii reducții va fi comparabilă cu lungimea unei reducții forjate similară. În cazul nostru  $H = 152$  mm.

Măsurând de la extremitatea țevii înspre interior 152 mm vom trasa un cerc la această distanță. În funcție de pozițiile punctelor de 0, 90, 180, 270° alese pe extremitate, pe cercul trasat vor fi însemnate punctele de 45, 135, 225 și 315°. Corespunzător, vom uni capetele segmentelor marcate pe circumferința extremității cu aceste puncte. Pe liniile astfel obținute vom tăia cu polizorul îndepărtând cele patru triunghiuri obținute. La cald sau la rece, vom apropia înspre axul țevii cele patru petale până ce laturile lor se unesc. Urmează o rotunjire a capătului reducției, recomandabil la cald prin batere pe un dorn adecvat. La grosimi de perete rezonabile ( $< 10$  mm) liniile de contact între petale necesită doar foarte puțină polizare pentru a putea fi sudate. Sudura pe cele patru cordoane se va face ca orice sudură cap la cap.

Ramificațiile conductelor pot avea diametre egale cu conducta principală sau diametre mai mici. În primul caz vor fi utilizate T-uri egale iar în celălalt teuri reduse. Teurile forjate sau turnate pot fi suplinite de ramificațiile din țevă. Există situații în care din cauza fluidelor ce urmează să circule prin conducte ramificațiile sudate pot fi limitate sau interzise. Principalul motiv este acela că baza ramificației este reprezentată practic de sudura de colț iar controlul gama al acestor suduri nu se poate face.

Controlul cu lichide penetrante nu oferă aceeași siguranță. O a doua problemă ar fi rezistența mai scăzută la efort a acestor ramificații comparativ cu cele forjate sau turnate. Nu e greu să ne imaginăm ce s-ar putea petrece la ruperea unei ramificații pe o magistrală de gaze combustibile la presiune. În anumite situații sunt permise ramificații sudate și pe conducte ce transportă fluide periculoase dar

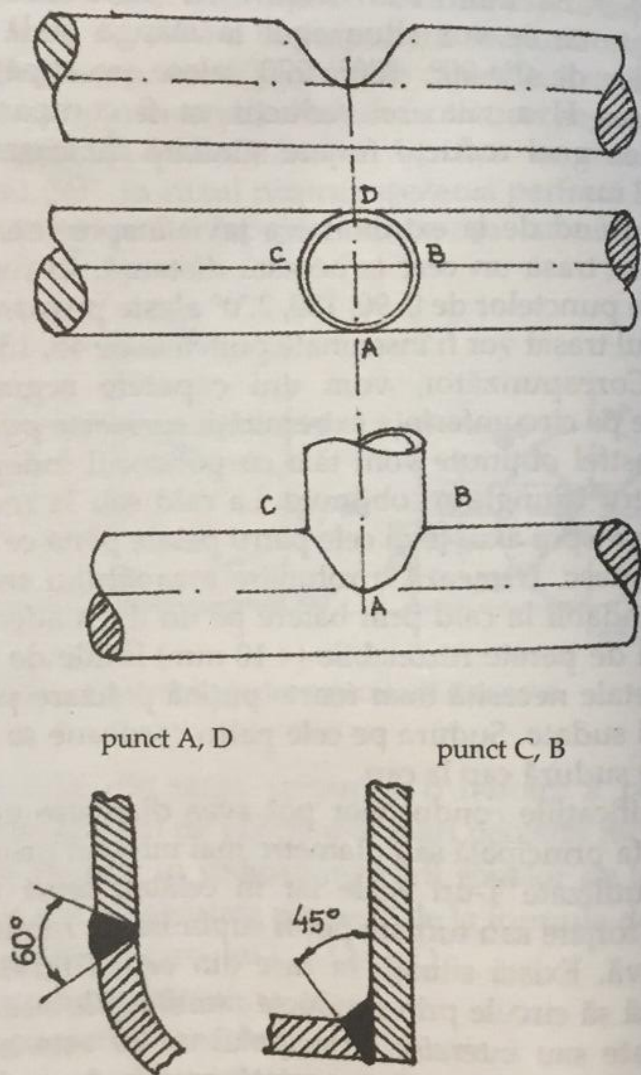


Fig. 1.30 Ramificație egală

cu întărirea ramificațiilor. Pentru aceasta sunt folosite inele de întărire sau piese speciale de tip OLET.

Pentru realizarea unei ramificații din țevă este mai întâi necesară realizarea unei deschideri corespunzătoare în țeava mamă (orizontală) deschidere prin care ramificația să intre perfect lăsând ca spațiu doar dimensiunea rostului de sudură. Operația este destul de dificilă și de aceea au fost realizate șabloane din folii de plastic sau metal pentru diferite dimensiuni de ramificații. Un astfel de șablon este așezat peste țeava mamă și se face marcajul conturului fie cu vopsea fie prin cherneruire. La această deschidere are loc o îngustare a secțiunii de trecere în partea superioară lucru ce nu poate fi acceptat. De aceea există șabloane și pentru fasonarea corespunzătoare a capătului ramificației. În lipsa acestora se poate face un marcaj ajutor dar numai după ce deschiderea în conducta mamă este realizată.

Coborâm apoi ramificația în deschizătura amintită până ce am trecut de punctele A și D din figura 1.30 cu o lungime egală sau puțin mai mare decât grosimea peretelui țevii mamă. Acest lucru este valabil atunci când deschiderea în țeava-mamă nu a fost șanfrenată încă. Cu ramificația în această poziție se face cu creta un contur al zonei de îmbinare dintre cele două țevi. Se decupează ramificația după acest contur. După șanfrenarea deschiderii orizontale se coboară ramificația puțin sub baza șanfrenului, se măsoară unghiul de ramificare corect și se aplică 3-4 hafturi de fixare, egal distanțate.

### Sudura verticală și pe plafon (peste cap) cu arc electric a oțelurilor carbon

Principalul inconvenient în realizarea acestor două tipuri de sudură este pericolul scurgerii gravitaționale a metalului topit. La o sudură orizontală, cap la cap sau de colț, acest neajuns nu se poate manifesta. Atât sudura

verticală cât și sudura peste cap sunt suduri definitive pe niște piese ce nu pot fi poziționate altfel.

Sudurile verticale vor fi făcute în sus cu excepția sudurii de pornire. Aceasta reprezintă primul rând de sudură și poate fi făcută de sus în jos folosind electrozi celulozici și urmărindu-se o pătrundere corespunzătoare. Următoarele șiruri de sudură vor începe din partea de jos utilizând electrozi normali pentru tipul de oțel existent. La sudura de jos în sus este importantă întărirea primei depuneri metalice de la bază care apoi devine un fel de opritor pentru metalul topit de deasupra cu tendință de curgere sub efectul gravitației. Sudura de jos în sus se va face prin țesere (vezi fig. 1.08) pentru a asigura fuziunea prin topire cu metalul pieselor care se sudează. Dacă, la un moment dat, deschiderea dintre reamurile V-ului devine așa de mare că nu mai pot fi prinse corespunzător marginile nici chiar prin tehnica țeserii vom trece la executarea a două sau mai multe rânduri pe strat. Nu se va trece la stratul următor înainte de îndepărtarea perfectă a zgurii. În cadrul aceluiași strat un rând nou se va suprapune puțin peste rândul anterior pentru a ne asigura că nu vor rămâne goluri în interiorul sudurii.

După ce sudura a fost încheiată se va controla vizual dosul sudurii. Un rând de „sigiliu” pe această parte va asigura completarea depunerii. La sudura verticală electrodul va fi ținut într-o poziție îndreptată în sus la un unghi de 70-80°.

Sudura de colț în poziție verticală nu prezintă particularități față de cazul prezentat anterior. V-ul, în cazul acesta nu are deschiderea pe care ne-am propus-o și pe care am realizat-o prin polizarea muchiilor ci este cel pe care ni-l oferă unghiul de intersecție a suprafețelor verticale. O mare atenție trebuie acordată pătrunderii corespunzătoare a sudurii deoarece sudurile de colț sunt mult mai frecvent și mult mai intens supuse forțelor de torsiune care din cauza defectelor de sudură, fac posibilă ruperea îmbinării. Și la sudura de colț verticală, primul

rând de sudură se va face cu electrozi celulozici pornind de sus în jos. Următoarele rânduri vor porni de jos în sus și vor fi utilizați electrozi recomandați pentru mărcile de oțel respective. În decursul sudării electrodul va fi ținut cu 10-20° sub linia orizontală.

### Sudura „peste cap”

Deși pare exagerat, sunt multe situațiile în care este necesară sudarea exact deasupra capului celui care o execută. Dacă ați trecut prin apropierea unor mari complexe petroliere ați remarcat desigur existența unor rezervoare uriașe de formă sferică. Multe dintre ele sunt rezervoare de gaze lichefiate având presiuni considerabile. Dacă n-ați știut, aflați că aceste „mingi” din oțel sunt aduse la forma pe care o vedem prin sudarea la poziția a sute și sute de bucățele de tablă ambutisată care vor forma în final peretele sferei. Pentru segmentele de la bază și pentru cele prevăzute pentru prima jumătate a sferei vom avea de executat suduri orizontale, înclinate și verticale. Lucrurile se schimbă însă în emisfera superioară unde, la un moment dat, sunt necesare suduri făcute chiar deasupra capului. Am insistat puțin mai mult asupra principiului de construcție a unui rezervor sferic deoarece vor mai fi citate în cadrul unor lucrări specifice aplicate sudurilor în vederea finisării.

Un sudor care are de executat o sudură peste cap trebuie, în primul rând, să se asigure că stropi de metal topit, care, inerent, cad în timpul oricărei operații de sudură nu-l pot afecta în timpul lucrului. Atât echipamentul de protecție cât și poziția aleasă sunt la fel de importante. Ne vom feri, astfel să privim evoluțiile sudurii stând cu fața exact sub punctul respectiv. Arcul electric pentru acest gen de lucrări pe lângă faptul că va fi obținut din electrozi speciali va fi menținut cât mai scurt posibil la limita care îl separă de un contact electric obișnuit. La pornire, electrodul va fi menținut în poziția respectivă până ce se obține o cantitate suficientă de

topitură încât zgura începe să se scurgă. Continuând sudura, zgura ar trebui să se scurgă în continuare. Electrocul va fi ținut perpendicular pe direcția sudurii. Stratul de rădăcină va fi foarte atent executat astfel încât să se realizeze o pătrundere totală. În ce privește prelucrarea muchiilor înainte de sudare nu sunt diferențe față de procedurile enumerate până acum. Și aici, înainte de începerea sudurii propriu-zise vor fi executate afturii echidistante pentru stabilitatea îmbinării în timpul sudurii.

### Sudură orizontală pe suprafețe verticale (pereți)

Este întâlnită frecvent la construcția din elemente uzinate a rezervoarelor cilindrice, vapoarelor, silozurilor etc. Forța gravitațională acționează și aici asupra metalului topit dar nu pe direcția rostului de sudură ci perpendicular pe acesta. Totuși, descompunând forța, vom constata că există o tendință serioasă de scurgere în lateral a metalului topit. Pentru reducerea acestui efect, prima măsură este modificarea geometriei rostului de sudură. Dacă până acum V-ul era compus din două polizări de câte 30° fiecare acum muchia orizontală superioară va fi polizată la 45° iar cea inferioară la 15°. Rezultă că pe ansamblu V-ul va avea tot 60°. În rest, se vor executa haftuirile de fixare la capete având deschiderea rostului de 1,5-1,75 mm.

Electrozii vor fi cei recomandați pentru marca respectivă de oțel. Ca și la sudura peste cap, lungimea arcului de sudură va fi minimă. Electrocul va fi ținut sub un unghi de 65° față de orizontală. În funcție de grosimea materialului, pot fi necesare mai multe straturi, unele dintre acestea compuse din mai multe rânduri. În cazul sudurii în V simplu, după primul strat de rădăcină se va aplica sudura de sigilare pe partea opusă. În cazul unui V dublu, aplicarea straturilor se va face alternativ. Dacă lucrează doi sudori simultan vor merge cu lucrarea în paralel.

### Încărcarea cu sudură și ranforsarea

Încărcarea cu sudură este folosită ca o operație intermediară în recondiționarea anumitor piese care, de regulă, fac parte din angrenaje dinamice. Am putea enumera ca exemple repararea roților dințate uzate, repararea planetarelor uzate, aducerea axelor la dimensiunile inițiale etc.

Trebuie spus din capul locului că piesele ce urmează a fi reparate, fiind de obicei piese uzate în timpul și din cauza mișcării, trebuie să corespundă unor parametri de duritate. La fabricarea lor e posibil să fi fost supuse unor tratamente care să le asigure această calitate. De cele mai multe ori poate fi vorba de tratamente termice. Din aceste considerente la repararea pieselor prin încărcare cu sudură vom stabili următorul lucru: depunerea prin sudură asigură duritatea necesară dacă se folosesc electrozii marca x, y și deci nu mai sunt necesare tratamente ulterioare sau nu o asigură dacă folosim electrozii Z, caz în care e necesar tratamentul. Din prima categorie fac parte electrozii din oțel dur, prelucrarea mecanică ulterioară fiind una dificilă.

Ca mod de lucru încărcarea prin sudură a pieselor metalice nu pune probleme deosebite față de ce am aflat deja despre această tehnică. În primul rând va trebui să ne convingem că suprafața suport a fost bine polizată pentru a nu exista fisuri și goluri sau alte defecte greu de detectat. Urmează apoi să ne hotărâm de la care margine vom începe prin aplicarea primului rând de sudură. Cavitatea sau scobitura pe care vrem s-o îndepărtăm prin încărcare cu sudură este greu de imaginat să nu aibă măcar o margine mai proeminentă, un fel de mal ca să fie și mai clar. Vom începe primul rând de sudură la baza acestui mal. Dacă, chiar folosind în limite rezonabile țeserea, nu reușim acoperirea întregii deschideri încât să avem și o fuziune bună cu metalul piesei vom proceda cu sudarea șirurilor următoare până la atingerea limitei propuse.

Despre suprapunerea parțială a rândurilor din fiecare șir am reamintit de suficiente ori.

Atunci când un ax foarte complicat s-a uzat excesiv la capete din cauza rotirii îndelungate în lagăre s-ar putea să fie mai economic să reparăm axul decât să-l înlocuim. Atunci când nu se mai găsește în comerțul de specialitate sau în ateliere aproape că nu avem de ales.

Încărcarea unui ax se va face prin depunerea de rânduri succesive de sudură pe generatoarea acestuia. Și aici se va respecta regula suprapunerii parțiale a rândului II peste rândul I și așa mai departe. Când întreaga circumferință a axului a fost acoperită cu rânduri de sudură se va face o măsurătoare a noului diametru. Dacă, ținând cont de prelucrările ulterioare, acesta corespunde, ne vom opri aici. Dacă nu, un alt strat de sudură va fi depus peste primul până când noul diametru este cel corespunzător. Încărcarea danturii uzate a roților dințate se face conform celor spuse până acum. Rândurile vor urma linii transversale de-a lungul dinților, pornind de la baza acestora. Pentru eliminarea bățăilor metalice cauzate de uzură, o simplă încărcare cu sudură și apoi o prelucrare mecanică sunt suficiente. Când, însă, din cauza unor accidente în funcționare unul sau câțiva dinți au fost rupți sau ciobiți serios o simplă încărcare cu sudură nu poate asigura un comportament bun la eforturi. Orice am zice, o piesă sudată, dacă e să se rupă, se va rupe mai degrabă lângă sudură decât în altă parte. Așadar, pentru a asigura și o rezistență suficientă dinților reconstituiți prin încărcare vom recurge la plantarea de bolțuri metalice în găuri făcute pe suprafața ce urmează să fie încărcată. Densitatea de plantare a bolțurilor precum și dimensiunile sau materialul acestora vor fi stabilite de la caz la caz. Nu pot constitui subiect de dezvoltat în cartea aceasta ci doar într-un capitol mult mai introdus în rezistența materialelor.

În sfârșit, dacă o suprafață metalică având o grosime inițială bine calculată a ajuns să se subțieze excesiv din

cauza uzurii în funcționare iar aplicarea unor profile metalice de întărire ar împiedica funcționarea normală a dispozitivului se vor aplica rânduri de sudură pe fața uzată sau pe ambele până ce va fi atinsă grosimea inițială.

## Sudura în puncte

Cităm acest tip de sudură aproape numai ca noțiune de inventar pentru că necesită o mașină specială care nu e nici la îndemâna oricui dar nici nu se face necesară pentru lucrările casnice în care poate interveni sudura în puncte.

Așa cum mulți dintre noi știm, unde s-a intervenit cu sudură obișnuită pe caroseria unei mașini apare mult mai repede rugina decât la o mașină de aceeași vârstă rămasă cu sudurile cu care a venit din uzină. Și toate acestea se pot întâmpla deși suprafețele metalice au fost bine curățate și tratate după ce sudura s-a finalizat. Cauzele sunt mai multe dar una dintre ele, care poate fi considerată principală, este imposibilitatea curățării și protejării prin vopsire a unor sectoare ascunse în urma sudării. Aici se poate acumula apa și poate începe oxidarea metalelor. Dacă vom decapa și vom vopsi suprafețele ce se vor suprapune iar apoi vom interveni cu un cordon de sudură vopseaua se va arde și câștigul va fi zero. Sudura în puncte se execută cu o mașină care dezvoltă punctiform o cantitate mare de căldură între doi electrozi opuși. Între acești doi electrozi se află foile de tablă pregătită pentru asamblare. Influența termică se manifestă punctiform fără să se extindă asupra zonelor limitrofe. În funcție de natura oțelului, de grosimea tablelor va fi setat pe mașină timpul descărcării și amperajul curentului.

## Sudura prin procedeele T.I.G și M.I.G.

T.I.G. (Tungsten inert Gas) este un procedeu de sudură la care îndepărtarea efectelor nedorite ale oxigenului din

aer în zona sudurii se face prin folosirea unui gaz inert față de oxigen, în cazul de față – argonul. Argonul este un gaz care face parte din compoziția aerului atmosferic într-un procent foarte redus. Se obține prin fracționarea aerului lichefiat sau din gazele reziduale rezultate la fabricarea amoniacului. Există cinci sortimente de livrare: A, B, C, D și E.

Pentru sudarea și topirea metalelor sunt folosite tipurile A, B și C. Tipurile D și E sunt folosite la tratamentele termice ale oțelurilor inox și pentru becuri cu incandescență. Tipul A de argon are o concentrație de 99,996 Ar iar tipul E o concentrație de 98% Ar. Celelalte au concentrații intermediare. Impuritățile argonului sunt reprezentate de N, O, CH<sub>4</sub>, H în diferite concentrații. Argonul industrial este livrat în recipiente metalici în care tipurile A, B și C au presiunea de 145 at iar tipurile D și E 125 at.

M.I.G. (Metallic Inert Gas) este alt procedeu de sudură fără fondant care, de data aceasta, folosește bioxidul de carbon pentru eliminarea oxigenului și azotului atmosferic din zona de sudură.

Bioxidul de carbon se separă din emanații naturale, din fermentații alcoolice sau din gazele de ardere ori alte gaze reziduale. Se livrează în butelii de metal sau în cisterne în stare lichefiată. În funcție de puritate se încadrează în trei tipuri A, S și T.

Tipu A este bioxidul de carbon alimentar, tipul S este bioxidul destinat sudării iar tipul T este CO<sub>2</sub> pentru turnătorii.

Bioxidul de carbon destinat lucrărilor de sudură are o compoziție de 99,5 CO<sub>2</sub> și 0,3 umiditate.

Dacă stabilirea compoziției optime a fondanților pentru fiecare tip de metal a reprezentat un mare câștig pentru tehnica sudurii asta nu a însemnat sfârșitul cercetărilor în domeniu. Perfecțiunea nu fusese pe deplin obținută întrucât suprafețele sudate cu ajutorul fondanților trebuie riguros curățate. Curățarea nu este o simplă

operație de spălare cu apă sau cu un solvent oarecare ci implică operații mult mai anevoioase cum ar fi cufundarea în apă fierbinte apoi spălarea cu sodă caustică și din nou cufundarea dar în acid zotic pentru ca, în final, să urmeze spălarea cu apă de la rețea. Sudura în atmosferă de gaz inert (TIG sau MIG) nu are nevoie de fondant prin urmare nici de curățarea riguroasă după sudare.

În sistemul T.I.G. este utilizat un electrod de wolfram în jurul căruia este asigurat un flux continuu de gaz inert care să îndepărteze aerul din zona de sudură. Electrocul de wolfram nu se topește ci doar asigură o temperatură corespunzătoare metalului-bază. Nu trebuie să înțelegem prin aceasta că un astfel de electrod este veșnic. El are tendința să devină poros la vârf după o folosire îndelungată. Problema se rezolvă prin polizarea ușoară după care urmează o nouă perioadă de utilizare corespunzătoare. Și aici, calibrul electrodului precum și cel al duzei de porțelan potrivită se vor alege de la caz la caz la fel ca și intensitatea curentului sau presiunea gazului.

Sudura în atmosferă de argon este o sudură ce poate decurge fără intermitențe și, prin urmare se vor dezvolta temperaturi extreme în anumite zone ale circuitului (cabluri, suportți). Unele sisteme își asigură răcirea cu aer altele cu flux de apă rece. La sudura în atmosferă de argon sârma de adaos sub formă de bare este ținută și dirijată de către sudor. Aceasta este deosebirea importantă față de sudura în atmosferă de CO<sub>2</sub> (MIG) unde electrodul este reprezentat de însuși firul de sudură introdus mecanic, dintr-o bobină fixată deasupra, la o viteză setată în funcție de viteza cu care trebuie să se desfășoare sudura în condițiile date. Atmosfera de CO<sub>2</sub> în zona de sudură este asigurată continuu. Atât sudura în mediu de argon cât și sudura în mediu de CO<sub>2</sub> implică echipamente costisitoare dar avantajele obținute le fac atractive.

Metodele de sudură T.I.G și M.I.G. sunt folosite pentru sudura aluminiului, oțelurilor inoxidabile precum și a unor aliaje neferoase.

Nu sunt diferențe între fațetarea muchiilor atunci când se va suda în atmosferă de gaz inert față de sudura autogenă sau cu arc electric.

Când este vorba de table cu grosimi sub 3 mm șanfrenarea nu se impune sau se polizează foarte puțin muchiile superioare. Deschiderea rostului se va păstra și aici la fel cum s-a descris până acum. Pentru grosimi ceva mai mari se va fațeta în V simplu polizând fiecare muchie la 30° în așa fel încât vom obține un V de 60°. Înălțimea rostului se va păstra pentru a proteja zona rădăcinii de arderea metalului. La grosimi de peste 9 mm se poate pregăti rostul în V dublu. Nu există diferențe dimensionale sepcifice. Dacă din punctul de vedere al pregătirii suprafețelor criteriile sunt cele cunoscute, alegerea metalului de adaos se va face riguros. Astfel, este cunoscut că sub denumirea generică de oțel inox stau o mulțime de mărci diferențiate de compoziție și de concentrația elementelor. Pentru alegerea corespunzătoare a metalului de adaos este necesar să fie cerute indicații precise din partea producătorului metalurg.

## Controlul sudurilor

Sunt folosite două modalități de control al sudurilor: controlul distructiv și controlul nedistructiv. Prin controlul distructiv probele supuse analizei sunt distruse nemaiputând fi recuperate. Există norme precise de emiterie a autorizațiilor de execuție a sudurilor pentru sudorii ce urmează să execute lucrări la instalații sub presiune și instalații de ridicat. În normele amintite pregătirea sudorului va fi verificată inclusiv prin probă distructivă pe eșantioane de lucrare (eprovete). Pe lângă probele distructivă în vederea obținerii autorizației de execuție I.S.C.I.R. sunt prevăzute o altă serie de probe distructivă pe eproвете sudate în același timp cu execuția unor lucrări distincte:

### 1. Control distructiv pe probe martor în execuția recipientilor

Probele (table sudate, țevi sudate, suduri de colț) vor fi pregătite în paralel și în aceleași condiții cu cele existente la sudarea recipientului.

La sudurile longitudinale executate manual proba se va suda în continuarea îmbinării (o placă de probă la 60 m sudură).

La sudurile circulare executate manual proba se va suda separat de îmbinările elementului sudat dar în aceleași condiții și imediat după executarea sudurii. Este suficientă o placă pentru toate sudurile circulare executate în aceleași condiții.

La sudurile de colț numărul și condițiile de execuție a probelor sunt stabilite prin documentația de execuție.

Plăcile sau probele sudate se vor supune tratamentului termic odată cu recipientul verificat. Înainte de controlul

distructiv vor fi verificate 100% nedistructiv. Sudurile cap la cap ale tablelor vor fi supuse următoarelor controale:

- analiza la tracțiune a îmbinării sudate - 1 probă
- încercarea la tracțiune a metalului depus - 1 probă
- încercarea la îndoire - 2 probe
- încercarea la încovoiere prin șoc (reziliență) - 3 probe
- analiza metalografică - 1 probă
- coroziune intercrystalină - 1 probă

Pentru verificarea îmbinărilor sudate cap la cap ale țevilor sunt prevăzute următoarele încercări distructive:

- tracțiune îmbinare - 3 probe
- îndoire - 2 probe
- reziliență - 3 probe
- analiză metalografică - 1 probă
- duritate - 1 probă

## 2. Controlul distructiv pe probe martor la montarea și sudarea conductelor de abur și apă fierbinte

La acest gen de lucrări se va executa câte o probă de verificare la fiecare 50 suduri de același tip dar cel puțin o probă de tip de îmbinare și sudură. Sudurile vor fi executate simultan cu elementul ce se verifică. Încercările la care vor fi supuse probele sunt cel puțin următoarele:

- încercare la tracțiune pe două epruvete
- încercarea la îndoire pe două epruvete
- încercarea la reziliență pe trei epruvete

## Controlul nedistructiv al sudurilor

### 1. Controlul sudurilor cu radiații X și gama

Cu acest tip de radiații röntgen se pot executa radiografieri ale sudurilor cu rezultatele expuse pe film radiografic. Pot fi controlate materiale având grosimi de la 1 la 10 cm. Petele și liniile ce pot apărea pe film sunt interpretate astfel:

a) pete înegrite bine conturate, circulare sau alungite, uniform repartizate în masa metalului depus: incluziuni de gaze;

b) pete înegrite cu contur neregulat: incluziuni de zgură;

c) linii subțiri continue sau discontinue: lipsă de topire;

d) linii subțiri, cu înegriri, drepte sau neregulate în lungul cusăturii: fisuri;

e) linii cu înegriri de-a lungul marginilor cusăturii: creștături.

Utilizarea radiațiilor  $\gamma$  în controlul defectoscopic nedistructiv s-a impus în fața controalelor cu alte tipuri de radiații. Printre calitățile care recomandă acest control sunt dimensiunile mai reduse ale aparatului, puterea de penetrație mai mare decât cea a razelor X, contrast mai bun, costul instalațiilor mai mic, nu necesită surse de energie electrică sau apă. Trebuie spus că utilizarea razelor  $\gamma$  în controlul defectoscopic impune toate măsurile necesare protecției personalului. Depozitele de surse vor fi prevăzute cu ecrane corespunzătoare.

Printre izotopii radioactivi utilizați în controlul  $\gamma$  la nivel industrial cei mai cunoscuți sunt Co60, Ir 192, Cs 137, Tm-170. Grosimile maxime ce pot fi penetrate cu razele  $\gamma$  sunt de până la 18 cm.

Radiațiile de pretează foarte bine la controlul sudurilor circulare și longitudinale care oferă posibilitatea așezării filmului. Nu același lucru se poate spune în cazul sudurilor de colț.

## Controlul cu ultrasunete

Vibrațiile elastice ale particulelor materiale care au o frecvență mai mare decât limita superioară frecvențelor acustice (peste 20.000 Hz) sunt numite vibrații ultrasonice.

Metoda piezoelectrică de obținere a ultrasunetelor constă în modificarea dimensiunilor unor lamele tăiate din cristale de cuarț prin aplicarea unor sarcini electrice pe suprafața acestora.

Un fascicol de unde astfel obținute este orientat către zona cercetată cu un dispozitiv de emisie (palpator-

emisie). Modificările fascicolului sunt receptate de palpatorul receptor. Ambele palpatoare sunt, de obicei, înglobate în aceeași capsulă ce poate fi manevrată de operator. Atunci când fasciculul identifică o fisură sau un por aceste defecte apar pe ecranul unui osciloscop catodic existând și posibilitatea de a localiza destul de precis adâncimea la care se află defectul căutat. Controlul defectoscopic cu US se aplică pe grosimi de până la 200 mm.

### Controlul cu pulberi magnetice

Ideea de bază într-un astfel de control a fost generată de fenomenul de întrerupere a liniilor de flux magnetic în dreptul unei discontinuități în masa metalului cercetat. Eficacitatea metodei este în funcție de permeabilitatea magnetică a materialului de mărimea și de poziția defectului. În general sunt determinate doar zonele defecte apropiate de suprafață.

Practic, metoda constă în presărarea suprafeței cercetate cu o pulbere magnetică și apoi ordonarea acestei pulberi pe liniile magnetice generate de un magnet permanent sau un electromagnet. Un gol în masa metalului cercetat, aflat înspre suprafața acestuia formează un câmp magnetic de dispersie local din cauza permeabilității magnetice diferite între gol și metal. Un câmp magnetic de dispersie acționează local ca un magnet permanent. Acesta va reține deasupra mai multe particole magnetice decât în rest formând o aglomerare la suprafață. Forma acestei aglomerări coincide cu forma defectului.

### Controlul cu lichide penetrante

Se aplică pe suprafețele materialelor feromagnetice sau diamagnetice. Lichidul aplicat pătrunde în discontinuitățile de suprafață până la baza cavitații. Prin aplicarea

unei soluții developante sunt puse în evidență discontinuitățile suprafeței.

Soluția developantă se va aplica după îndepărtarea excesului de lichid penetrant.

Clasificarea lichidelor penetrante după contrast:

- penetranți colorați
- penetranți fluorescenți
- penetranți radioactivi

Clasificarea după solubilitate:

- solubili în apă
- solubili în solvenți organici
- penetranți cu postemulsionare

Clasificarea după forma de prezentare:

- developanți cu pulbere
- developanți în suspensie

Fazele principale ale controlului cu lichide penetrante sunt următoarele:

- curățarea suprafeței cu solvent
- acoperirea suprafeței cu substanță penetrantă
- îndepărtarea excesului penetrant și curățarea cu solvent

- acoperirea cu substanță revelatoare

Interpretarea rezultatelor:

- linii continue care se largesc în timp: fisuri, supra-puneri, stratificări
- linii punctiforme; pori izolați
- linii punctate: fisuri foarte fine sau lipsă de pătrundere a sudurii.

### Controlul materialelor prin analiză spectrală

Fiecare element chimic are propriul său spectru de emisie. Intrând în combinație cu alte elemente pentru a forma substanțe, spectrul de emisie de modifică astfel încât el îi este propriu substanței respective și nu elementelor ce o compun. Spectrele atomice reprezintă o aglomerare de linii foarte înguste cu intensități luminoase diferite.

Liniile de spectru sunt obținute printr-o descărcare electrică între un electrod și elementul sau substanța ce urmează să fie analizată. Diferența de potențial necesară este de 11,5 kV. prin topirea sau vaporizarea probei sunt emise radiațiile caracteristice. Radiațiile luminoase sunt conduse printr-un sistem de lentile și prisme și descompuse în spectre de linii cu diferite lungimi de undă.

Folosind metoda comparației prin suprapunere cu etalonul se poate determina destul de exact natura probei. Controlul prin analiza spectrală devine necesar când asupra mărcii unui oțel nu sunt date suficiente.

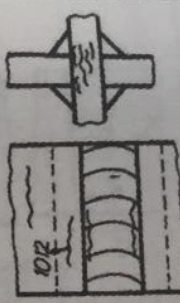

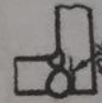

**8.13 Defectele îmbinărilor sudate prin topire. Clasificare și terminologie**



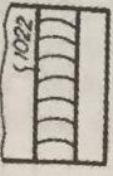


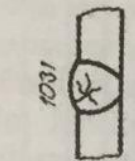
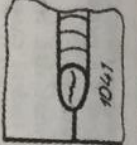
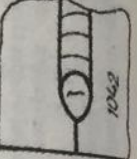
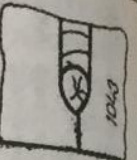
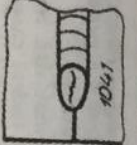
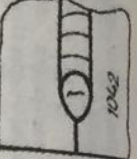
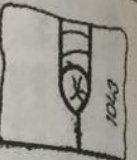
Prin defect al îmbinării sudate se înțelege orice abatere de la continuitate, formă, dimensiuni, aspect, structură etc. prescrise pentru îmbinarea respectivă în standarde sau documentație tehnică a produsului.

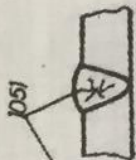
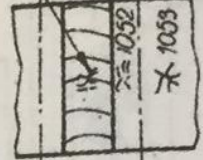
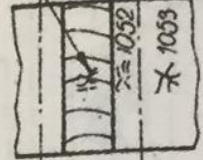

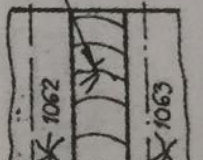
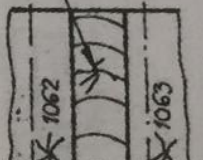
*Observație.* — Terminologia din prezentul standard nu este limitativă.

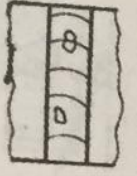
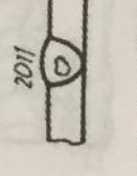
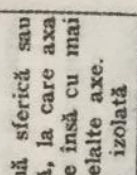
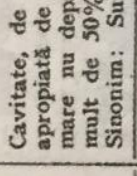
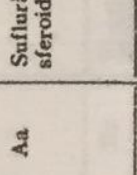
Defectele îmbinărilor sudate se simbolizează printr-un număr format din trei sau patru cifre, în care prima cifră reprezintă grupa defectului, iar a patra cifră reprezintă varianta în cadrul categoriei respective, după caz.


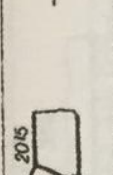
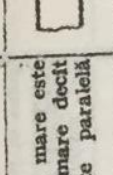
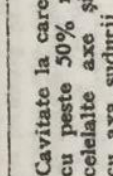
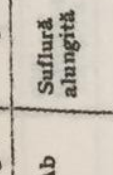
Pe lângă simbolul cifric al defectului, în paralel este indicat și simbolul defectului evidențiat cu ajutorul radiografiilor,

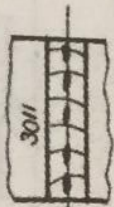


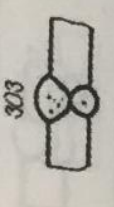
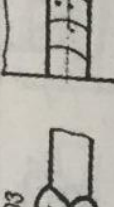
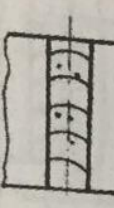
Simbol		Termen	Noțiune	Reprezentarea schematică a defectului
1	2			
<i>Grupa 1 — Fisuri</i>				
100	E	Fisură	Discontinuitate bidimensională care se produce fie în timpul răcirii (fisură la cald) fie ulterior acesteia (fisură la rece). Sinonim: Macrofisură (fisură de dimensiuni microscopice)	
1001		Microfisură		
101	Ea	Fisură longitudinală	Fisură a cărei direcție principală este aproximativ paralelă cu axa cusăturii. După locul în care este situată fisura, se deosebesc: — Fisură longitudinală în metalul deșus — Fisură longitudinală în zona de trecere — Fisură longitudinală în zona influențată termic — Fisură longitudinală în metalul de bază	
1011				
1012				
1013				
1014				

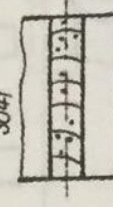
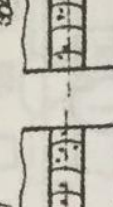
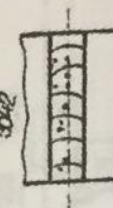
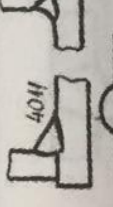
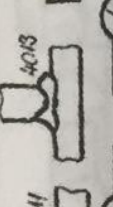

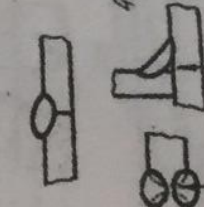
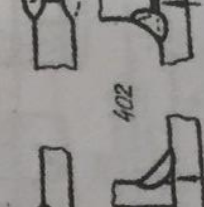
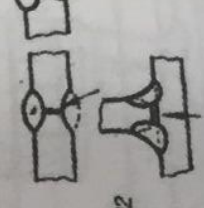
1	2	3	4	5
102	Eb	Fisură transversală	Fisură a cărei direcție principală este aproximativ perpendiculară pe axa cusăturii. După locul în care este situată fisura, se deosebesc: — Fisură transversală în metalul deșus — Fisură transversală în zona influențată termic — Fisură transversală în metalul de bază	 1021  1022  1023  1027  1032  1033
103	Ec	Fisură stelată	Grup de fisuri amorțate dintr-un punct, având ramuri drepte, mai mult sau mai puțin egale. După locul în care este situată fisura, se deosebesc: — Fisură stelată în metalul deșus — Fisură stelată în zona influențată termic — Fisură stelată în metalul de bază	 1041  1042  1043
104		Fisură de crater	Fisură produsă într-un crater După orientarea fisurii, se deosebesc: — Fisură de crater longitudinală — Fisură de crater transversală — Fisură de crater stelată	 1041  1042  1043



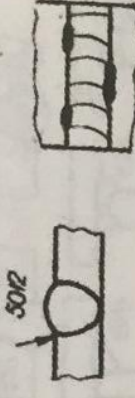
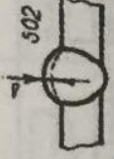
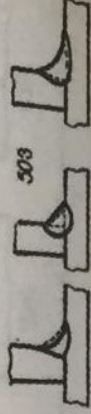
1	2	3	4	5
105		Fisuri în rețea	Grup de fisuri de formă și orientări variabile. După locul în care sînt situate, se deosebesc: — Fisuri în rețea în metalul deșus — Fisuri în rețea în zona influențată termic — Fisuri în rețea în metalul de bază	 1051  1052  1053
106	Ec	Fisură ramificată	Grup de fisuri legate între ele ce se prezintă sub formă arborescentă. După locul în care este situată se deosebesc: — Fisură ramificată în metalul deșus — Fisură ramificată în zona influențată termic — Fisură ramificată în metalul de bază	 1061  1062  1063
<i>Grupa 2 — Goluri</i>				
200		Col	Discontinuitate tridimensională neumplută cu material solid	



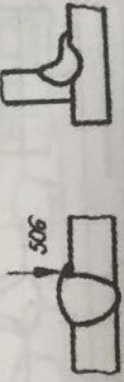
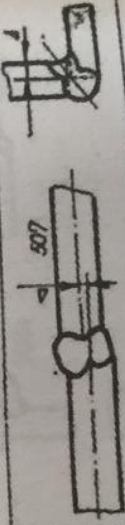
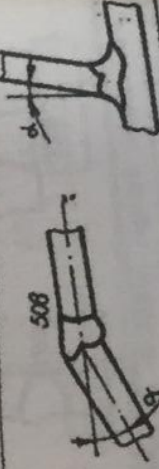
1	2	3	4	5
201	A	Sufleură	Cavitate în materialul depus produsă prin degajarea de gaze în cursul procesului de răcire. Sinonim: Incluziune de gaze Observație: — Pentru incluziuni de gaze mici, în număr mai mare, e uzual termenul de „pori”	 2011
2011	Aa	Sufleură sferoidală	Cavitate, de formă sferică sau apropiată de sferă, la care axa mare nu depășește însă cu mai mult de 50% celelalte axe. Sinonim: Sufleură izolată	 2012
2012		Sufleură sferoidale uniforme aliniată	Sufleură sferice distribuite relativ uniform în sudură (a nu se confunda cu sufleurile aliniate) Sinonim: Porozitate uniformă	 2013
2013		Sufleură grupate	Sufleură dispuse în grupuri în sudură Sinonim: Porozitate localizată	 2014
2014		Sufleură aliniate	Șir de sufleură dispuse în lanț de-a lungul axei longitudinale a sudurii	 2014

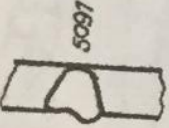
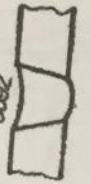



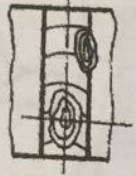
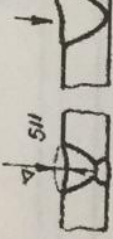
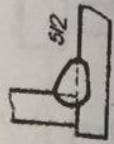
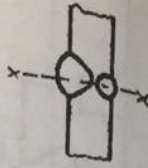
1	2	3	4	5
2015	Ab	Sufleură alungită	Cavitate la care axa mare este cu peste 50% mai mare decât celelalte axe și este paralelă cu axa sudurii	 2015
2016		Sufleură tubulare	Sufleură de formă tubulară, dispuse uneori în formă de os de pește Sinonim: Sufleură vermiculare	 2016
2017		Pori de suprafață	Sufleură mărunte la suprafața cusăturii	 2017
202		Retasură	Cavitate produsă în sudură în urma contracției metalului la solidificare	 202
2024		Retasură de crater	Cavitate (depresiune) produsă la întreruperea sudării și rămasă neînclinată în cursul operațiilor ulterioare Sinonim: Crater	 2024


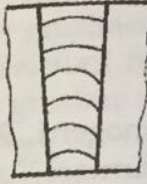

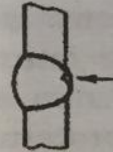


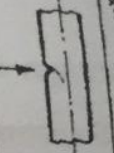
1	2	3	4
<b>Grupa 3 — Incluziuni solide</b>			
300	B	Incluziune solidă	Corp solid străin incorporat în masa de metal depus
301	Ba	Incluziune de zgură	Rest de zgură incorporat în masa de metal depus. Se deosebesc: — Incluziuni de zgură aliniate — Incluziuni de zgură izolate — Incluziuni de zgură împrăștiate
3011			
3012			
3013			
302	Ba	Incluziune de flux	Rest de flux inclus în masa metalului depus. Se deosebesc: — Incluziuni de flux aliniate — Incluziuni de flux izolate — Incluziuni de flux împrăștiate
3021			
3022			
3023			
303	Bb	Incluziune de oxid	Oxid metallic inclus în sudură fie în timpul solidificării, fie în timpul procesului de sudări
3031		Peliculă de oxid	Membrane de oxizi metalici, dispuse sub formă stratificată (se formează în special în cazul aliajelor ușoare)
			
			
			
			Vezi 3011...3013

1	2	3	4
304		Incluziune metalică	Particulă de metal străin inclus în masa metalului depus, care poate fi de: — wolfram — cupru — alte metale
3041			
3042			
3043			
<b>Grupa 4 — Lipsă de topire și de pătrundere</b>			
401	C	Lipsă de topire	Lipsă de legătură dintre metalul depus și metalul de bază, sau dintre straturile succesive ale metalului depus. Se deosebesc: — Lipsă de topire laterală — Lipsă de topire între straturi — Lipsă de topire la rădăcină
4011			
4012			
4013			
402	D	Lipsă de pătrundere	Lipsă de pătrundere a metalului topit pe toată secțiunea necesară sudării, astfel încât rămâne un spațiu neumplut cu metal depus. Sinonim: Nepătrundere
			
			
			

1	2	3	4	5
<i>Grupa 5 - Defecte de formă</i>				
501	F	Crestătură	Adincitură longitudinală la marginea cusăturii sau a unui strat sudat, paralelă la axa sudării	
5011		Crestătură continuă	Adincitură pe o anumită lungime, în general pe ambele laturi ale cusăturii	
5012		Crestătură intermitentă	Adincituri cu caracter local pe una sau pe ambele margini ale cusăturii, sau între straturile ei	
502		Îngroșare excesivă	Exces de metal depus la ultima trecere	
503		Convexitate excesivă	Exces de metal depus la sudură în colț	

1	2	3	4	5
504		Exces de pătrundere	Exces de metal la rădăcină, produs prin scurgerea metalului prin rost la suduri dintr-o singură trecere, sau prin metalul depus anterior la suduri cu mai multe treceri Sinonim: Penetrare excesivă	
5041		Picătură	Exces local de pătrundere	
505		Defect de racordare	Unghiul ( $\alpha$ ) prea mare între planul tablei și planul tangent la suprafața cusăturii în locul racordării	
506		Scurgere de metal	Exces de metal care se scurge peste marginea cusăturii pe metalul de bază netopit, fără legătură intimă cu acesta din urmă	
507		Defect de aliniere	Deplasarea cu o distanță ( $\Delta$ ) a axei unei piese în raport cu poziția corectă, axele pieselor menținându-se în general paralele	
508		Defect unghiular	Nerespectarea paralelismului dintre axele pieselor sudate sau a unghiului prescriis	

1	2	3	4	5
509		Supratopire	Curgerea sub acțiunea gravitației a metalului topit, datorită temperaturii excesiv de mari, provocând un exces sau lipsă de metal. Se deosebesc: — Supratopire în cornișe — Supratopire de plafon (orizontală) — Supratopire în colț — Supratopire pe muchie	 5091  5092  5093  5094
510		Străpungere	Cufundarea băii topite, care în general provoacă perforarea sudurii	 510 
511		Subțiere	Depunere insuficientă — locală sau continuă — de metal topit	 511
512		Sudură nesimetrică	Nerespectarea formei cusăturii de colț față de bisectoarea unghiului sau sudură deplasată față de axa x-x a rostului la cusăturile cap la cap	 512 

1	2	3	4	5
513		Lățime neregulată	Lățimea cusăturii necorespunzătoare cu cea prescrisă datorită șanfenării sau asamblării incorecte; lățimea poate fi prea redusă sau prea mare de-a lungul cusăturii	 513 
514		Suprafață neregulată	Neuniformitatea suprafeței cusăturii	 514
515		Retasură la rădăcină	Adâncitură la rădăcina sudurii provocată de contractarea metalului topit; poate fi simplă sau bilaterală. Sinonim: Crestătură la rădăcină	 515 
516		Suprafață spongioasă	Formație spongioasă la rădăcina sudurii, provocată de fierberea metalului topit în momentul solidificării	
517		Reinere defectuasă	Neregularitate locală a suprafeței în locul întreruperii sudurii	 517 

Grupa 6. Alte defecte — care nu se încadrează în grupele 1...5 (arsură, strop de Wolfram, ruptură locală, urmă de dăltuire, urmă de șlefuire, șlefuire excesivă etc.)

## Tratamente termice

Structura unei cusături este foarte neomogenă. Zona metalului depus are o structură de turnare, zona influențată termic are o structură de metal supraîncălzit, în partea de fuziune cu sudura trecând înspre structura metalului de bază pe măsură ce se îndepărtează de fața sudurii. Neomogenitatea zonelor cu suduri implică apariția unor tensiuni interne mari care pot periclita stabilitatea sudurii. Pentru eliminarea acestor tensiuni interne apărute în procesul de sudare se folosește *recoacerea de detensionare*.

Aceasta constă în încălzire, menținerea la o anumită temperatură și o răcire lentă. Răcirea se face în cuptor până la 150-250°C apoi în aer fără curenți.

Încălzirea se poate face cu flacără, cu curenți de inducție sau cu rezistori. Dacă încălzirea cu flacără se folosește destul de frecvent la preîncălzirea înaintea și în timpul sudării, utilizarea acesteia în tratamentul termic de detensionare a sudurilor nu este indicată deoarece poate produce șocuri termice și zone de oxidare.

La încălzirea cu curenți de inducție, printr-un conductor aflat în vecinătatea zonei de tratament trece un curent alternativ care produce un câmp magnetic variabil în funcție de frecvența curentului. Acesta induce curenți turbionari în piesa metalică pe care o încălzește.

Încălzirea cu rezistori electrici se face cu ajutorul curentului electric ce aduce rezistențele la starea de incandescență.

Rezistențele sunt confecționate din tablă de CrNi18/8. Tensiunea maximă admisă pe 1 m lățime de bandă este de 5,7 V.

În tratamentul cu rezistori electrici al sudurilor pe conducte, lățimea benzii de încălzire va fi egală cu  $2,5 \sqrt{rs}$ .

$r$  = raza interioară a conductei;

$s$  = grosimea materialului (mm)

Rezistorii bandă se execută din benzi având raportul între grosime și lățime de

$$\frac{2,5}{20}, \quad \frac{3,5}{14}, \quad \frac{4}{12,5} \quad (\text{dimensiuni în mm})$$

Zonele pregătite în vederea tratamentului de detensionare a sudurilor vor fi izolate termic folosind vată minerală, azbest, șnur de azbest, țesătură de azbest.

## Cap. IV Lipirea metalelor

Dacă la sudarea a două piese cu grad de sudabilitate apropiat alegerea materialului de adaos (sârmă sau electrod) și stăpânirea tehnologiei în prezența aparaturii necesare ar fi niște condiționări suficiente, lipirea a două metale având aceeași compoziție sau compoziții diferite necesită câteva cunoștințe suplimentare și chiar fără legătură cu tehnologia sudurii.

### Elemente de fizica solidului

Faza solidă a materiei este caracterizată de existența unor forțe de coeziune între particulele structurale atunci când acestea sunt apropiate la distanțe suficient de mici. Particulele structurale ale materiei sunt ioni, atomi sau molecule. Stabilitatea corpului solid este conferită de existența simultană atât a forțelor de atracție cât și a forțelor de respingere între particule. Astfel forțele de atracție constituie rezistența la rupere iar forțele de respingere rezistența la compresiune a corpurilor solide. Forțele ce se stabilesc între particulele materialelor solide sunt cunoscute sub numele de legături chimice.

**Legătura Van der Waals** este o legătură cu forță destul de slabă care se realizează între atomi cu stratul electronic exterior complet. E locul să amintim că un strat electronic exterior complet conferă elementului neutralitate electrică, o lipsă de electroni conferă însușiri de sarcină pozitivă iar un surplus de electroni caracterizează o sarcină negativă.

Existența atomilor cu straturi electronice periferice complete ar trebui, așadar, să le confere independență

deplină unora față de ceilalți. În multe cazuri însă particulele se prezintă sub forma unui dipol electric care deși neutru pe ansamblu, prezintă doi poli opuși: unul cu sarcini pozitive iar cel opus, cu sarcini negative.

Între acești dipoli apar forțe de atracție electrostatică. Acestea determină o ordonare riguroasă a lor. Pe măsură ce dipolii se apropie, apar forțe de respingere determinate în principal de interacțiunea electrostatică a nucleelor cu sarcină pozitivă. Sistemul acesta de ordonare (cristalul) va fi stabil atunci când forțele de atracție și cele de respingere sunt egale. Cristalele în care predomină acest tip de legătură chimică se numesc cristale moleculare sau cristale Van der Waals.

### Legătura ionică

Când la apropierea a doi atomi diferiți, neutri din punct de vedere electric, unul dintre ei deține un potențial de ionizare mult mai mare, unul sau mai mulți electroni de la atomul cu potențial mai mic trec la atomul cu potențial mai mare. Primul va căpăta o sarcină pozitivă iar celălalt o sarcină negativă. Între cele două sarcini contrare apare o forță de atracție electrostatică. Ioni de sarcini contrare nu se pot apropia oricât unii de ceilalți deoarece la o anumită apropiere încep să se dezvolte forțele de respingere. Atunci când structura materiei asigură egalități între forțele de atracție și de respingere, stabilitatea corpului respectiv este atinsă. Astfel de corpuri mai sunt cunoscute și sub numele de cristale ionice (ex. sarea de bucătărie).

### Legătura covalentă

Atunci când doi atomi neutri pun în comun electroni pentru a realiza starea de stabilitate conferită de dublet sau octet de electroni pe stratul exterior (pe care, altfel, nu o dețin) între cei doi atomi se stabilește o legătură chimică denumită legătură covalentă. Specificul acestei legături e

dat de faptul că stratul completat cu participarea ambilor atomi învăluie ambele nuclee.

**Legătura metalică** nu este o legătură chimică cu un mecanism simplu de explicat. Cu alte cuvinte acest gen de legătură este dovedit, fără admiterea acestei existențe multe dintre proprietățile corpurilor nu ar putea fi explicate dar modelul teoretic poate fi discutabil. Legătura chimică din interiorul metalelor se poate explica luând în considerare toți atomii care formează corpul solid și presupunând că electronii de valență ai atomilor nu aparțin doar acestora ci cristalului în întregime. Rețeaua cristalină în nodurile căreia stau ionii pozitivi ai metalului este scaldată de norul electronic care o ocupă. Interacțiunea dintre ioni și electroni asigură stabilitatea unui astfel de sistem. Interacțiunea dintre electroni și ionii pozitivi determină forțele de atracție care echilibrează forțele de respingere electrostatică dintre ionii pozitivi.

## Modalități de transmitere a căldurii

Propagarea căldurii reprezintă un fenomen complex care include câteva modalități total diferite:

**Conducția termică** reprezintă transportul direct al căldurii în interiorul aceuiași corp material atunci când în masa acestuia există diferențe de temperatură sau transportul de căldură între corpuri cu temperaturi diferite și care se află în contact intim.

Pentru că ne aflăm la capitolul „Lipirea metalelor un exemplu de transmitere a căldurii prin conducție este topirea cositorului prin aducerea acestuia în contact cu ciocanul de lipit fierbinte. Transmiterea căldurii prin conducție are loc prin transportul efectuat de către electroni, prin mișcările oscilatorii ale particulelor componente și prin emisia și absorbția reciprocă a radiațiilor dintre particule elementare vecine.

**Convecția** este o transmisie macroscopică de căldură. Aici este nevoie de un agent de transport (un fluid în mișcare) care să aducă energia termică din zona cu

temperatură înaltă în zona cu temperatură mai scăzută. Atunci când încălzim țevile și fittingurile de cupru pentru a le putea lipi cu cositor, transmiterea căldurii de la flacăra la metal se face prin convecție.

**Radiația** reprezintă modalitatea de transfer de căldură sub forma energiei radiante între doi pereți aflați la temperaturi diferite, distanțați și separați de un spațiu care să permită radiația.

Importanța transferului termic prin conducție în tehnologia lipirii metalelor este indiscutabilă.

**Conductivitatea termică** a materialelor este un factor de proporționalitate ce exprimă proprietatea intrinsecă a corpurilor referitoare la conducția termică. Pentru materiale diferite are valori diferite iar pentru același material depinde de structura acestuia, de densitate, umiditate și temperatură. Conductivitatea termică ( $\lambda$ ) se măsoară în

$$\frac{W}{m \times \text{grad}} \cdot$$

și este numeric egală cu densitatea fluxului termic transmis prin grosimea de 1 m a unui corp la o cădere de temperatură de un grad.

$$q = -\lambda \frac{dt}{dl}$$

La stabilirea valorii  $\lambda$  pentru un anumit corp solid se va lua în considerație influența aceluși factor care se manifestă mai pregnant, ale cărui variații atrag o modificare importantă a valorii conductibilității termice. Ignorarea modului în care variația densității, umidității sau a temperaturii intervin în stabilirea valorii  $\lambda$  poate determina estimări eronate ale fluxului de căldură transmis prin conducție, poate conduce la subdimensionări sau supradimensionări ale uneltelor și aparatelor.

Măsurătorile experimentale reprezintă singura cale capabilă să precizeze exact valorile conductibilității termice. Întrucât nu în toate cazurile este posibilă determinarea

experimentală, valorile conductivității se adoptă, fie prin calcul fie din tabele întocmite pe bază de măsurători.

Variația cu temperatura a celei mai mari părți a corpurilor solide este dată de relația:

$$\lambda = \lambda_0 \cdot (1 + a \cdot t)$$

$\lambda_0$  = coeficientul de conductibilitate termică a corpului solid respectiv cu valoarea măsurată la temperatura de zero grade C.

$a$  = un coeficient caracteristic fiecărui corp, diferit atât ca mărime cât și ca semn.

Pentru majoritatea corpurilor solide bune conductoare de căldură coeficientul  $a$  are semn negativ rezultând astfel că pentru multe solide valoarea scade cu creșterea temperaturii.

**Căldura latentă de topire** reprezintă cantitatea de căldură absorbită de la începutul și până la sfârșitul intervalului de timp în care are loc topirea. Aceeași cantitate de căldură va fi eliberată în timpul perioadei de timp în care are loc solidificarea masei topite.

### Conductibilitatea termică a metalelor

Metalul	Temperatura °C	Punctul de topire °C	Densitatea kg/m <sup>3</sup>	Conductivitatea W/mK	Căldura latentă de topire
Aluminiu 99%	-100	658	2700	209,34	355,8 kJ/kg
	0			209,34	
	100			207,04	
Antimoniu pur	-100	630,5	6990	19,19	167,4
	0			17,67	
	100			16,28	
Argint 99,9%	-100	960,5	10 500	361	104,6
	0			353	
	100			337	
Aur 99,98%	0	1063	19 290	253	67
	100			253	
Cupru	-100	1083	8 930	407,05	209,34
	0			386,116	
	100			379,138	

Metalul	Temperatura °C	Punctul de topire °C	Densitatea kg/m <sup>3</sup>	Conductivitatea W/mK	Căldura latentă de topire
Cositor	-100	231,9	7300	74,43	58,6 kJ/kg
	0			66,058	
	100			59,313	
Fier	0	1530	7800	45,35	272,14
	100			45,35	
Fontă 3%C	-20		7280	55,82	
Nichel 97-99%	-100	1455	8800	52,82	293
	0			58,15	
	100			56,98	
Platină	0	1773	21 400	70,013	113
	100			71,408	
Plumb	-100	327,3	11 340	36,86	23,86
	0			35,123	
	100			33,37	
Tungsten	0	3380	19 300	166,30	251,2
	100			151,19	
Zinc pur	-100	419,4	7 130	115,137	112,2
	0			112,811	
	100			109,904	

### Conductibilitatea termică a aliajelor

Aliajul	Compoziția %	Temperatura °C	Densitate kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/mK
Aliaje de Cu	70Cu, 30Mn	20	7800	12,79
		100		
	90Cu, 10Ni	20	8800	58,15 75,59
		100		
	80Cu, 20Ni	20	8500	33,72 40,70
100				
40Cu, 60Ni	20	8400	22,09 25,58	
	100			

Aliajul	Compoziția %	Temperatura °C	Densitate kg/m <sup>3</sup>	λ W/mK
Aliaje de nichel cu crom	62Ni, 12Cr, 26 Fe	20	8100	13,49
		0		17,09
	90Ni, 10Cr	20	8220	17,44
		100		18,95
		0		12,21
	80Ni, 20Cr	20	8200	12,56
100		13,84		
0		88,38		
Alamă	90Cu, 10Zn	-100	8600	102,34
		0		117,46
		100		105,83
	70Cu, 30Zn	0	8600	109,32
		100		105,83
	60Cu, 40Zn	0	8600	119,78
100		105,83		
Bronz	90Cu, 10Sn	20	8766	41,86
		20		25,58
	75Cu, 25Sn	20	8900	82,57
		20		780
95Cu, 5Al	20	780	36,05	
	20		8700	
Oțel carbon	0,1 C	0	7850	59,009
		20		50,52
		20		46,24
Oțel nichel-crom	61Ni, 15 Cr, 20Fe, 4 Mn	20	8190	11,63
		100		11,86
		0		11,86
	61Ni, 16 Cr, 23Fe	20	8190	12,095
		100		13,25
		0		11,86

## Căldura specifică

Dacă conductivitatea termică caracterizează în special fluxul termic din interiorul corpurilor dând indicii importante în legătură cu viteza de propagare a căldurii printr-un corp în timpul încălzirii acestuia (și invers, în timpul răcirii) căldura specifică nu este altceva decât mărimea fizică numeric egală cu căldura necesară pentru a ridica temperatura unui corp cu un grad. Mai este denumită și căldură masică și se exprimă în kcal/kg°C sau J/kgK. (273K = 0°C; 1 kcal / kg · grad = 4,1868 · 103J / kg · grad)

Prin urmare pentru a încălzi un corp cu masa m (kg) de la temperatura T<sub>0</sub> la temperatura T<sub>1</sub> va fi necesar un aport caloric de:

$$Q = mC (T_1 - T_0) \quad (J)$$

Redăm în continuare tabelul cuprinzând valorile căldurilor specifice pentru mai multe metale care se pretează sudării sau lipirii.

Metalul	Simbol	Temperatura		Căldura specifică	
		°C	°K	kcal/kg · grd	kJ/kgK
Aluminiu	Al	0	273,15	-	-
		20	293,15	0,212	0,888
		100	373,15	0,217	0,909
		500	773,15	0,237	0,992
Argint	Ag	0	273,15	0,0556	0,233
		20	293,15	0,0559	0,234
		100	373,15	0,0568	0,238
		700	973,15	0,0642	0,269
Aur	Au	0	273,15	0,0307	0,128
		20	293,15	0,0309	0,129
		100	373,15	0,0314	0,131
		1000	1273,15	0,0376	0,157
Crom	Cr	0	273,15	0,102	0,427
		20	293,15	0,105	0,440
		100	373,15	0,113	0,473
		1000	1273,15	0,168	0,702

Metalul	Simbol	Temperatura		Căldura specifică	
		°C	°K	kcal/kg · grd	kJ/kgK
Cupru	Cu	0	273,15	0,0906	0,379
		20	293,15	0,0915	0,383
		100	373,15	0,0947	0,396
		800	1073,15	0,1120	0,469
Fier	Fe	0	273,15	0,105	0,440
		20	293,15	0,108	0,452
		100	373,15	0,116	0,486
		500	773,15	0,162	0,678
		1000	1273,15	0,239	0,999
1400	1673,15	0,253	1,057		
Nichel	Ni	0	273,15	0,105	0,442
		20	293,15	0,106	0,444
Platină	Pt	0	273,15	0,0317	0,133
		20	293,15	0,0318	0,133
		100	373,15	0,0324	0,136
		500	773,15	0,0349	0,146
		1000	1273,15	0,0350	0,147
1200	1473,15	0,0393	0,165		
Plumb	Pb	0	273,15	0,0306	0,128
		20	293,15	0,0309	0,129
		100	373,15	0,0320	0,134
		300	573,15	0,0338	0,142
Staniu	Sn	0	273,15	0,0538	0,225
		20	293,15	0,0541	0,227
		100	373,15	0,0560	0,234
		200	473,15	0,0580	0,243
Titan	Ti	20	293,15	0,1460	0,611
		100	373,15	0,1464	0,613
		300	573,15	0,1666	0,697
Zinc	Zn	0	273,15	0,091	0,381
		20	293,15	0,092	0,385
		100	373,15	0,095	0,398
		200	473,15	0,099	0,414
		300	573,15	0,100	0,42
400	673,15	0,11	0,461		

Ajunși în acest punct cu expunerea noțiunilor teoretice vom afla imediat și de ce au fost necesare.

Foarte mulți dintre noi știm că pentru a executa o lipire cu cositor a două bucăți metalice avem nevoie de un fondant (flux), de cositor în fire sau în bare și de un ciocan de lipit. Să presupunem că avem de lipit cap la cap două table pe o lungime de 10 cm. Simplificând mult mecanismul lipirii admitem că pe o parte și pe cealaltă a liniei de lipire, pe o lățime de 1 cm alama trebuie adusă la temperatura de topire a aliajului cu cositor (300°C). Necesarul de căldură pentru ridicarea temperaturii de la 20° la 300°C se calculează cu relația  $Q = mc\Delta T$

$$10 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 0,1 \text{ cm} \times 8,6 \text{ g/cm}^3 = 2 \text{ cm}^3 \times 8,6 \text{ g/cm}^3 = 17,2 \text{ g}$$

$$17,2 \text{ g} \times 0,838 \text{ J/g grd} (300 - 20) = 1,845 \text{ kJ}$$

Presupunând un consum de 2 g cositor, pentru a-l aduce la o temperatură superioară celei de topire cu 50° necesarul de energie va fi (căldura latentă de topire ptr. Sn = 58,6 kJ/kg):

$$2 \text{ g} \times 0,227 \text{ J/g grd} (300 - 20) + 58,6 \text{ J} \times 2 \text{ g} + 0,227 (350-300) = 0,262 \text{ kJ}$$

Necesarul de căldură strict pentru operația de lipire este de 2,1 kJ. Știind că pierderile exterioare prin radiație a căldurii sunt considerabile în timpul operației de lipire, se poate face o apreciere a puterii necesare unui ciocan de lipit electric (W) sau a unui ciocan din cupru încălzit la foc. La acesta, cantitatea de căldură disponibilă este direct proporțională cu masa și va fi calculată tot cu relația  $Q = mc\Delta T$ .

Astfel, un ciocan de lipit având masa de 300 grame și o temperatură de 800°C înmagazinează o cantitate de căldură de:

$$Q = 0,3 \times 0,469 \times 780 = 110 \text{ kJ}$$

Fără niciun fel de pierdere, aceasta este căldura necesară topirii a 0,9 kg staniu.

## Tehnologia lipirii metalelor

Spre deosebire de sudură, în care ambele metale erau aduse termic în stare lichidă, lipirea reprezintă un proces fizic în care doar un metal sau un aliaj denumit aliaj de lipit este adus la faza lichidă, celălalt metal având o temperatură de topire cu cel puțin 50°C superioară. La lipire se produce o difuzie de suprafață între atomii celor două metale cu producerea unui așa-zis strat intermetalic. Principalele faze ale lipirii metalelor sunt următoarele:

- aducerea metalelor de bază la o temperatură cât mai apropiată sau egală cu temperatura de topire a aliajului de lipit;
- aducerea la stare lichidă prin topire a aliajului de lipit;
- întinderea aliajului topit pe suprafața de lipire și umectarea acesteia.

În continuare au loc de la sine dizolvarea metalului de bază în aliajul topit și o difuzie reciprocă. Ultima fază este reprezentată de răcirea și solidificarea aliajului. Pentru aceasta între cele două metale este necesară măcar o solubilitate parțială. În lipsa acesteia lipirea nu poate fi realizată.

Umectarea suprafețelor metalice se poate face doar dacă cele două metale sunt capabile de a produce la interfață faze intermetalice sau soluții solide. Făcând o secționare imaginară a unei joncțiuni prin lipire a două copuri metalice vom putea avea două situații ușor diferite: una în care cele două straturi intermetalice formate între metale și aliaj sunt foarte apropiate și alta în care între cele două straturi intermetalice se interpune pe o grosime oarecare un strat de aliaj. Atunci când acest aliaj de lipire are o rezistență mecanică mult sub metalele de bază, o grosime mare a stratului de aliaj nu ajută rezistența îmbinării.

Temperatura la care are loc lipirea metalelor are o influență importantă asupra structurii straturilor

intermetalice. Dacă diferența între temperaturile de topire ale metalelor de bază și cele ale aliajelor de lipire este foarte mare, chiar dacă se reușește formarea compușilor intermetalici binari aceștia se vor solidifica imediat ce sursa calorică dispăre. Acest fapt conduce la fragilizarea acestora și la o fisurare ușoară, la obținerea unei sudabilități reduse și la crearea de tensiuni interne. De aceea alegerea unui aliaj de lipire corespunzător metalelor ce urmează a fi lipite este foarte importantă. Ca și în cazul sudurii, starea suprafețelor ce urmează a fi lipite este un factor determinant. Oxizii sunt substanțele care pot influența negativ sau chiar împiedica operația de lipire. Utilizarea fondanților (fluxurilor) devine astfel foarte necesară și în cazul lipirii.

### Aliaje de lipit

În practica curentă obișnuim cu toții să vorbim de lipirea cu cositor care este denumirea populară a staniului. De fapt lipim cu un aliaj la care participă staniul dar și alte elemente de aliare. Caracterizarea generală a aliajelor de lipit se face urmărind următoarea schemă:

- să existe o diferență de compoziție chimică între aliaj și metal;
- temperatura de topire a aliajului să fie cu minim 50°C sub cea a metalului de bază;
- fiind un aliaj și nu un element pur, intervalul de topire trebuie să fie cât mai strâns pentru a nu permite separarea elementelor componente;
- capacitatea de umectare, de fluiditate și capilaritate;
- coeficienți de dilatare și contracție asemănători;
- elementele componente ale aliajului va trebui să aibă o bună difuzibilitate atât între ele cât și cu metalul de bază;
- pentru evitarea pilelor galvanice și a efectelor corozive nu trebuie să existe mari diferențe de potențial între metale și aliaj;

- stabilitate chimică la temperaturi mai mari decât cea de topire.

Clasificarea pe grupe de folosință este următoarea:

- aliaje pentru lipire moale cu temperatura de topire de max 450°;

- aliaje pentru lipire tare cu temperatura de topire de peste 450°;

- aliaje pentru lipirea în vid.

Simbolizarea aliajelor de lipire se face începând cu litera B urmată de un grup de litere, un grup de cifre, apoi alte grupuri de litere și la final două grupuri de cifre. Primul grup de litere reprezintă simbolul principalului element de aliere, cifrele ce urmează reprezintă concentrația acestuia în aliaj. Grupurile de litere ce urmează în continuare reprezintă simbolurile celorlalte elemente de aliere (max 5). Cele cu concentrații sub 2% nu se pun. Cele două grupuri de cifre de la final reprezintă temperatura de începere și de încheiere a solidificării.

### Aliaje pentru lipirea moale

Toate aceste aliaje au ca principale elemente de aliere staniu și plumbul. Pe lângă acestea mai pot face parte din compoziție cadmiul, zincul, indiul, bismutul etc.

**Staniu** este un metal neferos cu structura cristalină, de culoare alb-argintie. Staniu prezintă două modificări alotropice: staniu alb- $\beta$  și staniu cenușiu  $\alpha$ . La temperaturi mai joase de -40°C staniu  $\beta$  se transformă în staniu  $\alpha$  fenomen care în anumite situații poate prezenta pericol. Prin aliere cu 0,3-0,5% sau 0,5% Sb se asigură stabilitatea. Combinațiile cu oxigenul se realizează destul de greu și mai ales la temperaturi ridicate.

Stratul de oxizi se dispune într-o peliculă fină la suprafață și asigură protecție în profunzime. Este un metal destul de scump.

**Plumbul** are o culoare cenușie dar albăstruie în tăietură proaspătă unde prezintă și luciu metalic. În stare pură are

o rezistență foarte scăzută dar în combinație cu As, Sb, Zn indicele de duritate crește. Plumbul are bune proprietăți antiacide. Oxidează ușor.

**Cadmiul** este un metal argintiu care prin oxidare devine cenușiu-albăstrui. Prin aliere cu staniu și plumbul scade temperatura de topire a aliajului. Cadmiul este toxic pentru organism.

**Stibiul** sau antimoniul e un metal fragil, casant cu culoare argintie. Oxidează la temperaturi ridicate. În aliaj cu staniu și plumbul crește rezistența și duritatea acestuia.

### Aliaje de lipit pe bază de staniu și plumb

Staniu oferă o foarte bună capacitatea de umectare și de lipire având un rol principal în lipirile moi. În aliaj cu staniu, plumbul dobândește câteva însușiri pozitive pentru lipire pe care în stare pură nu le are: întindere, capilaritate și umectare. Nu este la fel de scump ca staniu. Aliajele Sn-Pb pot fi diferite datorită proporției deținute.

- Aliajele cu un conținut ridicat de staniu (90-98%) se topesc la temperaturi de 220-230°C. Rezistă bine la coroziune și nu sunt toxice pentru organism. Din cauza conținutului ridicat de staniu aceste aliaje sunt scumpe dar sunt domenii în care nu pot fi înlocuite cu ceva mai ieftin: industria alimentară, instrumentar medical;

- Aliajele cu un conținut de 65-98% staniu se topesc la 183-220°C. Au fluiditatea mai scăzută;

- Aliajele cu 50-60% staniu pot fi topite între 183-209°C sunt utilizate mult în electronică și electrotehnică având o foarte bună fluiditate;

- Aliajele cu 30-50% Sn au intervalul de solidificare foarte scăzut (<73°C);

- Aliaje cu 15-30% Sn au temperaturi de solidificare mai mari și fluiditate mai redusă.

Există și aliaje cu sub 15% staniu dar acestea au temperaturi de topire peste 300°C și o rezistență slabă a lipiturilor.

### Aliaje pentru lipiri tari

Aceste aliaje, pe lângă proprietățile fizice deja cunoscute trebuie să prezinte o rezistență mecanică sporită. Temperaturile lor de topire sunt mai mari de 450°C depășind uneori 1000°C. Nu vom intra în amănunte deoarece lipirea tare nu face obiectul acestei cărți dar o idee despre ele poate fi utilă;

– aliaje Cu-Zn cu adaosuri – temperatura de topire 685-1180°C Cu 51-68%, Zn 7-57%, Sn, Ni, Mn, Fe, Si;

– aliaje Cu-Ni – temperatura de topire 1000-1250° Ni 3-38%, Cr 3-5%, Mn 2-10%, Fe 2,5-14%, Si 0,1-5%, Al 0,5-5%, Cu - rest;

– aliaje de Cu cu adaosuri – temperatura de topire 670-960 Cu 62-93%, P 5-10%; Zn 2-32%, Sn 1-3%;

– aliaje Ag-Cu-Zn – temperatura de topire 600-960 Ag 5-99,5%, Cu 7-80%, Zn 3-70%, Ni 2-5%, Mn 5-15%;

– aliaje Ag - Cd - Zn.

### Aliaje pentru aluminiu și magneziu

– aliaje pentru aluminiu – temperatura de topire 525-630°C Al 51-95%, Cu 4-28%, Si 1-12%, Zn, Mn

– aliaje pentru magneziu – temperatura de topire 415-615°C

Mg 52,5-99, Al 0,8-26%, Mn, Zn, Cd

### Fondanți (fluxuri)

Așa cum am mai spus, aliajul topit folosit la lipire va trebui să umecteze perfect suprafața metalelor de bază în zona de lipire. Între stratul de aliaj topit și suprafața metalului de bază există o peliculă subțire de aer atmosferic care deranjează umectarea. Dacă acest spațiu este ocupat de un lichid care să elimine aerul, să curețe suprafețele și să reducă tensiunile superficiale în zonă

lipitura poate fi făcută cu ușurință. Rolul acesta este preluat de mai multe substanțe chimice sau amestecuri de substanțe chimice care sunt cunoscute cu numele de fondanți sau fluxuri. Pe lângă acțiunile amintite, fondanții vor avea o temperatură de topire mai mică decât temperatura de topire a aliajului dar nu la o distanță foarte mare pentru că altfel acesta se poate arde. Trebuie să fie stabili la temperatura de lucru și nu trebuie să emane gaze toxice pentru organism.

### Tipuri de fondanți

La vremea lor foarte cunoscuți au fost fondanții apă tare (acid azotic conc.) și țipirig (clorură de amoniu). Și astăzi cositorirea tablei galvanizate se face aproape exclusiv cu aceștia. Între timp gama fondanților s-a extins reprezentând o serie întreagă de compuși chimici sau amestecuri ale acestora. Se prezintă sub formă de paste, cristale sau lichide. Au culori și mirosuri de asemenea diferite. S-au făcut în ultima vreme eforturi de ecologizare totuși inhalarea gazelor degajate trebuie evitată. Încă demult s-au perfecționat tehnologiile de obținere a aliajelor pentru lipit cu inserția de fondant. Este cazul atât de cunoscutului fludor.

Principalele grupe de fondanți după natura chimică a acestora sunt următoarele:

1) Fondanți cu trietanolamină

– trietanolamină + fluoborură de cadmiu, fluoborură de Zn, fluoborură de amoniu, clorură de amoniu, clorură de staniu, acid fluoboric în diverse proporții.

2) Fondanți cu acid clorhidric și cloruri; clorură de zinc, clorură de amoniu, clorură de sodiu, clorură cuprică, clorură de potasiu. Sunt utilizați pentru lipirea fierului, oțelului, fontei, cuprului, alamei, bronzului, argintului, tablei zincate.

3) Fondanți pe bază de borax (alămiri, cuprări):

Metaboraxat de Na	45%	Tetraboraxat de K	25%
Borax	25%	Fluorură de K	6%

Acid boric	5%	Acid boric	10%
Fluosiliciură de K	25%	Borax	58,5%
		Bor	0,5%
boraxat de K	40%	Anhidridă borică	35%
fluorură de K	35%	Fluorură de K	42%
acid boric	25%	Borax	23%

4. Fondanți pentru titan, tantal și zirconiu

clorură de sodiu	52%	clorură de argint	10%
clorură de magneziu	48%	clorură de potasiu	36%
		clorură de litiu	9%
		clorură de stronțiu	45%

clorură de sodiu	45%	clorură de sodiu	48%
clorură de magneziu	36%	clorură de magneziu	30%
clorură de argint	10%	clorură de litiu	22%
clorură de litiu	9%		

5. Fondanți pentru lipirea tare a aluminiului și aliajelor de Al

clorură de sodiu	5%	clorură de zinc	15%
clorură de potasiu	18%	clorură de cadmiu	15%
clorură de litiu	37%	clorură de litiu	20%
clorură de cadmiu	3%		
clorură de litiu	7%	clorură de sodiu	20%
		clorură de potasiu	20%

clorură de potasiu	30%	clorură de sodiu	26%
clorură de sodiu	33%	clorură de potasiu	54%
clorură de litiu	26%	clorură de zinc	12%
fluorură de potasiu	5%	clorură de litiu	8%
fluorură de aluminiu	6%		

6. Fondanți pentru lipit aluminiu și aliaje de aluminiu la temperaturi joase (220-320°C)

clorură de zinc	90%	clorură de potasiu	37%
clorură de amoniu	8%	clorură de litiu	20%
fluorură de potasiu	1,2%	clorură de sodiu	25%
fluorură de litiu	0,6%	clorură de zinc	9%
fluorură de sodiu	0,2%	fluorură de litiu	9%

Mărci de fondanți pentru lipire tare

Simbol	Marcă	Compoziție	Temp. de lucru	Metal	Aliaj de lipit
FLT-1	FD-1	Na 10,5-12,5% K 14,0-16,5%	550-850°C	OL carbon OL slab și mediu aliat cu OL inox	BAG20ZnCuZnCd BAG30CuZnCd BAG40CuZnCd
FLT-2	FD 2	Na 3,5-6,5% H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> -58%	850-1000°C	OL carbon	BCu58 Zn900 BCu59Zn900
FLT-3	DS41	K 19,5-21,5% H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> -340-36,0	550-800°C	Cupru și aliaje	BAG40CuZnCd
FLT-4	DS12	K 10-14% H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> 32-36%	550-850°C	Cupru și aliaje	BAG20CuZnCd BAG30CuZnCd BAG40CuZnCd
FLT-5	DS51	clor 44-50%	400-500°C	Aluminiu și aliaje	

## Mărci de fondanți pentru lipire moale

Simbol	Marcă	Aliaj ptr. lipire	Metal
FLM-1	DS-1	BCd30Zn350	Cupru
FLM-2	Totirol	BSn95 Sb230-240	Cupru Cu-fosfor

## Cositorirea

Poate fi considerată la fel de bine îndeletnicire dar și operație cu caracter tehnic. De multă vreme și până în zilele noastre există colectivități, e drept din ce în ce mai rare, a căror principală sursă de venit este acoperirea unor suprafețe metalice supuse oxidării cu un strat foarte subțire de staniu (spoire). Este o meserie cu aplicație itinerantă pentru că, o dată cu apariția noilor tehnologii pentru protejarea suprafețelor metalice, cererea s-a redus considerabil. Introducerea cuvelor de oțel inoxidabil în dotarea bucătăriilor de mare capacitate a eliminat în întregime cazanele din cupru cositorite, inclusiv tacâmurile din fier cositorite.

Tehnica acoperirilor cu cositor presupune existența unei băi metalice pentru topirea staniului și a unui decapant multă vreme reprezentat doar de „apa tare” (acid azotic) și țipirig (clorură de amoniu) mai ales. Pentru obiectele mai mici (linguri, furculițe, cuțite) cufundarea mai întâi într-o baie cu apă tare urmată de cufundarea în baia de cositor topit reprezintă esența operației. După scoaterea din baia de cositor cu ajutorul unui clește care să nu îndepărteze cositorul în zona de prindere, cu un șomoiog din bumbac se șterge obiectul cositorit pentru a îndepărta eventualele depuneri proeminente și a asigura o peliculă uniformă. Spălarea abundentă cu apă rece este ultima operație înaintea utilizării obiectelor. Cositorirea vaselor mai mari presupune mai întâi decaparea

suprafeței interioare prin umectare cu apă tare aplicată cu o pensulă, încălzirea vasului și turnarea în interior a cositorului topit. Urmează o manevră de răsucire, ceva mai dificilă, timp în care cositorul topit se rostogolește pe întreaga suprafață. Surplusul este scurs în vasul de topire, în stare lichidă.

## Lipirea metalelor cu cositor

Aliajele cu staniu reprezintă cel mai utilizat liant folosit pentru lipirea metalelor. De la industria construcțiilor de mașini și până la cele mai complicate repere ale I.T. lipirea metalelor cu cositor nu a putut fi înlocuită cu o tehnică superioară. Tehnologia realizării calitative a acestor lucrări a făcut pași importanți dar esența aplicației rămâne aceeași. Fazele acesteia sunt, în ordine:

- curățarea mecanică a suprafețelor
- ungerea suprafețelor cu fondantul corespunzător
- aducerea metalelor la temperatura necesară
- topirea cantității de cositor corespunzătoare
- aplicarea topiturii.

a) Curățarea mecanică a suprafețelor se va face cu peria de sârmă, cu glaspapir, cu țesătură abrazivă etc până la luciul metalic;

b) Aplicarea fondantului. Încă în capitolul despre sudură a fost descrisă acțiunea oxizilor aflați inerent la suprafața metalelor îndreptată în sensul împiedicării fuziunii metalelor topite. Și în cazul lipirii metalelor lucrurile stau la fel sau poate chiar mai rău. Astfel dacă în cazul sudurii cu flacăra oxiacetilenică pe oțeluri moi era suficientă sârma de adaus pentru ca prezența fondantului să devină necesară la materiale moi speciale, lipirea cu cositor în absența fondanților este o pierdere de vreme. Aplicarea fondantului se face cu pensula sau spatula.

c) Aducerea metalelor de bază la temperatura necesară. Pentru lucrările ce urmează să fie expuse în cele ce

urmează aducerea metalelor la temperatura de topire a aliajului se face în două feluri:

- prin conducție, direct de la ciocanul de lipit și simultan cu aplicarea aliajului de lipire pentru lipirile cu ciocanul aplicate tablei galvanizate, tablelor din alte metale, firelor din cupru sau alte metale;

- prin convecție în cazul încălzirii cu flacără așa cum se întâmplă în cazul conductelor din cupru. În acest caz temperatura de încălzire a metalului de bază trebuie să asigure topirea aliajului atunci când acesta este adus în contact.

d) topirea aliajului se face cu ciocanul de lipit sau direct pe suprafețele metalelor de bază în funcție de tipul lipiturii.

### Lipirea moale a tablelor

Unul dintre principalele amănunte ale lipirii tablelor este acela că suprafețele ce trebuie lipite trebuie să se afle neapărat în contact. Încercând să lipim cu aliaj de lipire un gol între suprafețe vom constata că nu am realizat nici măcar o lipitură etanșă fără să mai vorbim de una rezistentă. Pentru că totuși veni vorba, în situații extreme introduceți un fragment de metal (sârmă, șpan) identic ca marcă cu metalul de bază în rostul care altfel nu poate fi închis și apoi aplicați aliajul.

Nu se practică și nici nu se recomandă lipirea cap la cap a tablelor. Aliajul de lipire are proprietăți mecanice modeste iar două suprafețe mari de tablă vor putea fi foarte greu stabilizate pe o poziție fără inducerea de eforturi care descarcă și în zona lipită. Pentru aceasta, lipirea tablelor se face pe îmbinări de genul celor arătate în figură.

În afara celor două tipuri de îmbinare a tablelor mai există, desigur, și altele. Una dintre cele mai interesante este îmbinarea „în coadă de rândunică” la care dinții „pieptenului” din figura următoare au o formă trapezoidală cu latura mare înspre exterior și nu o formă dreptunghiulară. Indiferent care este tipul de îmbinare ales

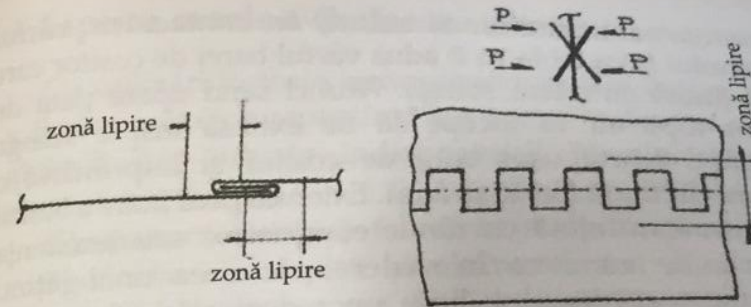


Fig. 1.31. Modalități de îmbinare a tablelor

înainte de lipire se va presa corespunzător prin batere cu ciocanul. În cazul burlanelor de tablă, presarea îmbinării prin batere cu ciocanul se va face pe o bară metalică. În cazul unor îmbinări zimțate presarea se poate face pe o menghină. După ce îmbinările au fost pregătite etapele care urmează sunt de regulă, aceleași indiferent de materialul din care este confecționată tabla:

- punerea la încălzire a ciocanelor de lipt de greutate corespunzătoare (vezi metoda de alegere). Încălzirea cea mai eficientă se obține în foc de cărbune supraalimentat cu aer. Cu arzătoare de gaz de la butelie uneori rezultatele nu corespund;

- degresarea cu solvenți organici a cordonului de îmbinare. Mai ales în cazul tablei galvanizate această operație se impune deoarece aceasta poate avea o peliculă de grăsime de protecție (vaselină);

- ștergerea cu o cârpă uscată a urmelor de solvent;

- aplicarea cu pensula a fondantului lichid (apă tare sau altul) pe toată suprafața de lipire. Poate avea loc o „fierbere” cu degajare de gaze ce nu trebuie inhalate;

- când ciocanul de lipit a ajuns la incandescență se îndepărtează de pe foc, se curăță scurt cu o perie de sârmă și se începe operația de lipire.

Lipirea începe de la una dintre marginile îmbinării, în mod obișnuit din marginea dreaptă. Ținând ciocanul de lipit cu mâna dreaptă îl vom aduce în contact cu tabla de la

extremitatea îmbinării. Simultan, în contact cu vârful ciocanului și cu tabla va fi adus vârful barei de cositor care va fi ținută cu mâna stângă. Atunci când apare pata de cositor topit ea va începe să fie extinsă înspre stânga retrăgând foarte ușor bara de cositor și imprimând o mișcare circulară foarte strânsă. Extensia prea mare a benzii de lipitură nu ajută cu nimic etanșeitatea sau rezistența lipiturii. Se va avea în vedere păstrarea unei lățimi uniforme a cordonului, lipsa unor denivelări cauzate de depunerea excesivă de cositor și existența porilor. Aceștia vor fi astupați după încheierea cordonului pentru a nu întrerupe regimul termic pe cusătură. Pentru astuparea porilor se poate folosi o sârmă de cositor și nu o bară.

Acolo unde este posibil, pentru că în cazul burlanelor de tablă acest lucru nu este posibil, se va examina partea opusă a cordonului de lipire deși în cazul tablelor pliate

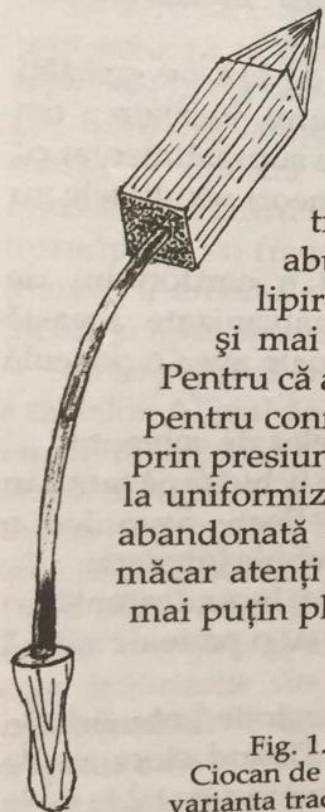


Fig. 1.32  
Ciocan de lipit în  
varianta tradițională

sau zimțate este puțin probabil ca aliajul de lipire să fi ajuns până acolo. În funcție de situație, se poate aplica o bandă de aliaj topit și pe fața opusă primei lipituri. Ultima operație ce trebuie făcută este spălarea cu apă, din abundență, a zonei pe care s-a aplicat lipirea. Mulți fondanți sunt foarte corozivi și mai ales galvanul poate fi serios afectat.

Pentru că acest gen de lipire este frecvent utilizat pentru confecționarea cazanelor de țuică (sudura prin presiune adică prin batere a îmbinărilor până la uniformizarea structurii are toate șansele să fie abandonată fiind „prea grea”) va trebui să fim măcar atenți ca aliajul de lipire folosit să aibă cât mai puțin plumb sau deloc.

## Lipirea moale a firelor metalice

Cu utilizări în toate ramurile industriale lipirea moale a firelor metalice reprezintă un sector redus ca valoare globală dar practic indispensabil în electronică și electrotehnică.

Conductorii electrici, fie că sunt destinați sectorului energetic fie electronicii și electrotehnicii sunt izolați. Materialele izolatoare pot fi din mase plastice, textile, ceramice etc. Rolul lor este de a împiedica contactele între faze opuse sau cu alte circuite. Nu în ultimul rând au și rol de protecție pentru om.

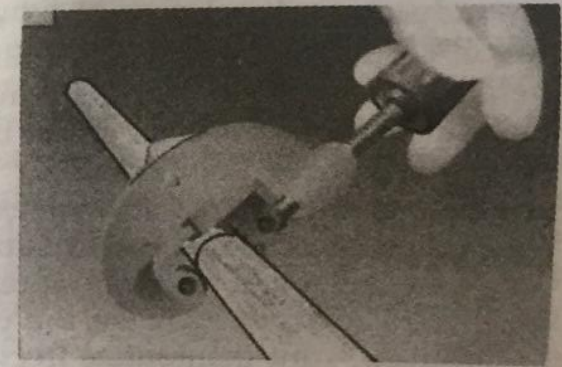


Fig. 1.33.  
Dispozitiv de tăiere țevi

În planșa 1 din anexă sunt redate cele mai des folosite cabluri electrice inclusiv cablu TV și de telefonie fixă. Uzual, lipirile conductorilor electrici între ei pot fi cap la cap, prin suprapunere, pe conductori răsuciți pe aceeași axă sau pe o axă perpendiculară. Lipirile conductorilor electrici cu o suprafață plană pot fi cap la cap sau pe îndoitură. Cu unele excepții, conductorii electrici sunt lipiți cu ciocane electrice de diferite puteri. La conductori foarte groși se poate acționa cu lampa de gaz sau cu ciocanul manual.

Principalele etape ale lipirii conductorilor sunt:

– îndepărtarea izolației se face cu o hârtie abrazivă, cu pâslă abrazivă sau cu un cuțit obișnuit. Curățarea se face până la luciul metalic;

- îndepărtarea izolației din materiale plastice (PVC, PE etc.) se face cu un clește special cu mai multe calibre sau cu un cuțit și un clește acționate cu grijă pentru a nu secționa metalul;

- conectarea ciocanului de lipit la rețeaua electrică;

- aranjarea conexiunii firelor;

- ungerea conexiunii cu fondant (pastă) dacă nu utilizăm un aliaj cu fondant incorporat (ex. fludor);

- topirea primei picături de aliaj cu ciocanul de lipit.

Dacă ciocanul de lipit are vârful cositorit, aliajul topit va adera fără alte intervenții. Altfel vârful ciocanului va fi introdus puțin în fondant care în caz de nevoie poate fi reprezentat de sacâz, aspirină etc.

- aducerea aliajului topit în contact cu conexiunea firelor. La început contactul va fi menținut fix pentru ca metalul de bază să atingă temperatura de topire a aliajului. În acest moment aliajul umectează suprafața pe care s-a aplicat fondantul iar ciocanul de lipit se îndepărtează. În planșa 2 din anexă pot fi văzute diferite tipuri de conexiuni inclusiv exemple de lipire.

Un caz ceva mai aparte îl reprezintă cablurile electrice lițate folosite acolo unde ele, din cauza funcției pe care o îndeplinesc, sunt manipulate frecvent. O structură rigidă ar face ca ele să se rupă ușor din cauza deselor manevrări. De obicei capetele cablurilor lițate sunt prevăzute cu îmbinări demontabile (papuci, fișe etc.) tocmai pentru a putea fi schimbate mai ușor. Se recomandă ca, mai întâi, capetele să fie cositorite prin cufundare în baie de topitură și apoi prevăzute cu racordul necesar. Încă o lipire care să prindă și racordul (papucul în cazul nostru) ar fi ideală.

### Lipirea moale a țevelor

Tocmai datorită proprietăților fizice descrise anterior cuprul se pretează lipirilor moi chiar atunci când se află sub formă de țevi de diferite diametre. În ultimii ani se utilizează din ce în ce mai mult în instalațiile de încălzire și în cele sanitare. Tăierea țevelor de cupru astfel încât să nu producă bavură să nu se ovalizeze și să se obțină o

tăietură perpendiculară se face cu un dispozitiv de tăiere ca cel din figura 1.33. După ce a fost așezat pe poziția de tăiere, rozeta dispozitivului se strânge ușor, doar până când discul de tăiere vine în contact cu țeava. Apoi se rotește dispozitivul în jurul țevii strângând progresiv (ușor) pe măsură ce tăietura avansează. Pașii importanți ai lipirii țevelor de cupru sunt descriși în planșa IV din anexă. În continuare vă vom spune doar de ce să vă feriți în timpul lucrărilor de montare prin lipire a țevelor de cupru:

- nu uitați că o conductă, după ce a fost montată, s-ar putea să fie nevoie, odată, să fie demontată. Asigurați această posibilitate prin prevederea a cel puțin unei piulițe olandeze sau racord olandez;

- dacă la proba cu apă a unei conducte constatați că pe la una din lipituri se prelinge apă nu încercați să reparați neetanșeitarea prin reîncălzire și aport puternic de aliaj. Fiți aproape sigur că este vorba de lipsa fondantului pe o mică suprafață, la interior, și nu se poate repara cum am spus. În cazul acesta îndepărtați zona cu defect prin tăierea țevii la stânga și la dreapta, refaceți tronsonul cu defect folosind piese noi și refaceți conducta cu ajutorul mufelor;

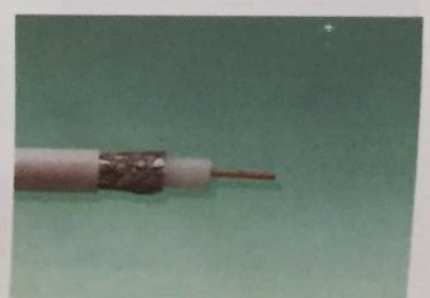
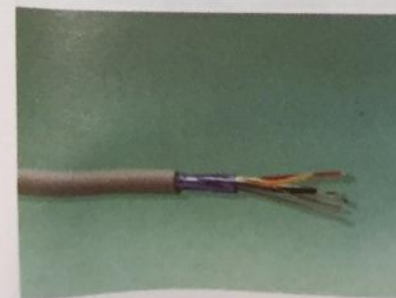
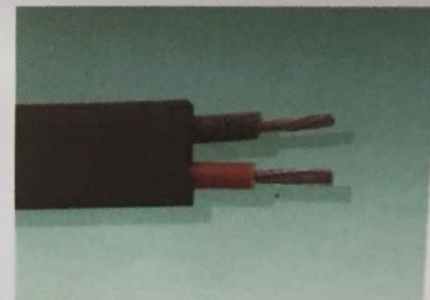
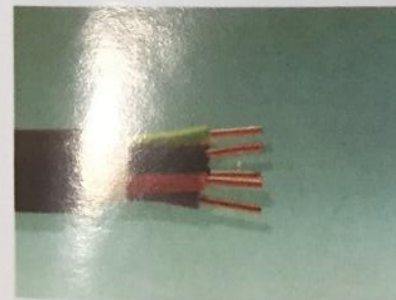
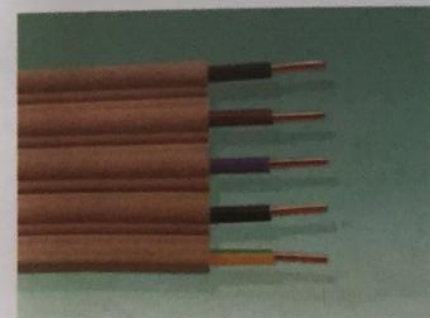
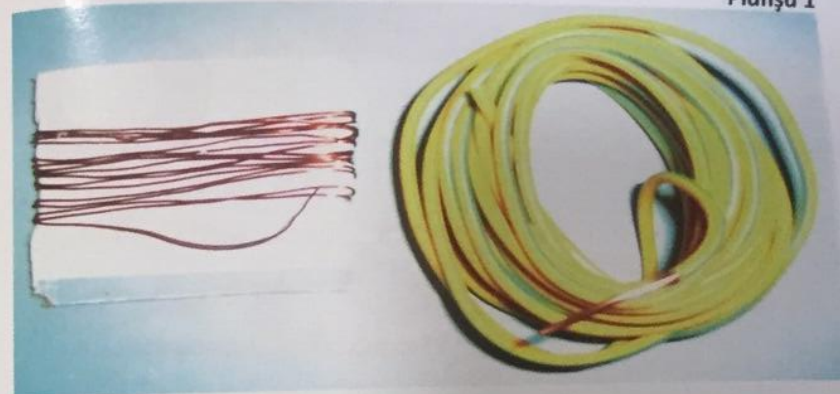
- nu încercați recuperarea pieselor din montaje ratate.

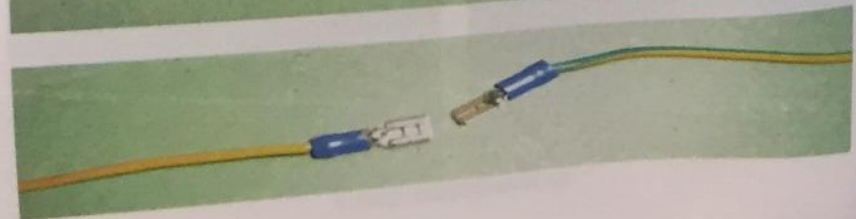
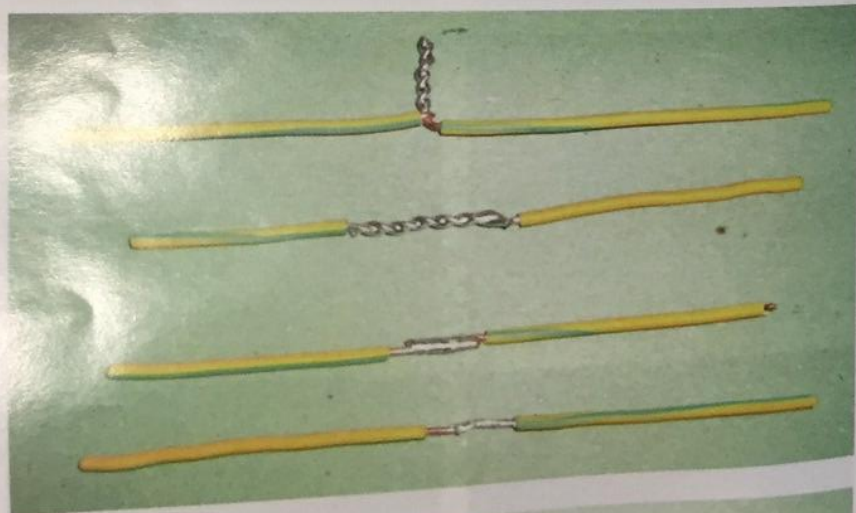
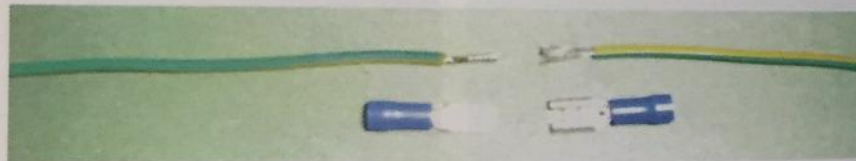
### Bibliografie

- |                  |   |
|------------------|---|
| Cârstea Horia,   | <i>Tehnologii ecologice de lipire în electronică,</i> |
| Mihăescu Radu    | Editura de Vest Timișoara 2001                        |
| Kuzman Raznievic | <i>Tabele și diagrame termodinamice</i>               |
| Memorator tehnic | T.M.U.Ch.B 1979                                       |
| pentru montaj    |   |
| Million A. ș.a.  | <i>Lipirea și aliaje de lipit,</i> Editura Tehnică,   |
|                  | București, 1985                                       |
| Sima Gh.         | <i>Procese conexe sudării. Tehnologia</i>             |
|                  | <i>îmbinărilor prin lipire.</i> Univ. A. Vlaicu,      |
|                  | Arad  |
| Vause W.A.       | <i>The art of welding – Argus Books,</i> 1984         |

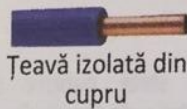
**Colecția: Poți face și singur**

- |  |       |
|--|-------|
| 1. Acoperișuri. Lucrări de dulgherie, izolare, învelire.   | 20,00 |
| 2. Adăposturi și locuințe din baloți de paie   | 18,50 |
| 3. Amenajarea modernă a mansardelor  | 8,50  |
| 4. Bărci din lemn  | 37,00 |
| 5. Captarea și folosirea în gospodărie a apei din precipitații   | 11,00 |
| 6. Căsuțe mici în curți și în grădini  | 39,00 |
| 7. Circuite electrice în casă și împrejurimi (format A4, color)  | 45,00 |
| 8. Construirea și montarea scărilor  | 11,50 |
| 9. Construcții ușoare pentru curte și grădină  | 28,00 |
| 10. Construcții de cărămidă  | 37,50 |
| 11. Coșuri din nuiele. Un hobby dar și o afacere   | 20,00 |
| 12. Cuptoare și grătare de grădină   | 14,00 |
| 13. Doar puțină îndemânare. Bricolaj   | 40,00 |
| 14. Dușumeaua și parchetul. Tehnici de aplicare și finisare  | 13,50 |
| 15. Garduri și porți ( proiecte de garduri din lemn, metal, plastic)   | 37,50 |
| 16. Instalații solare  | 10,00 |
| 17. Instalații de încălzire  | 14,00 |
| 18. Instalații electrice   | 21,00 |
| 19. Izolarea termică a locuințelor   | 13,50 |
| 20. Încălzirea cu lemne  | 11,50 |
| 21. Manualul tâmplarului de mobilă   | 40,00 |
| 22. Manualul tapițerului   | 16,00 |
| 23. Mobilier rustic  | 32,00 |
| 24. Mobilier pentru întreaga casă  | 18,50 |
| 25. Motorul Stirling   | 12,00 |
| 26. Placarea ceramică  | 32,00 |
| 27. Renovarea caselor  | 19,00 |
| 28. Repararea și înlocuirea acoperișurilor   | 12,00 |
| 29. Rețele de apă și canalizare, instalații sanitare   | 15,00 |
| 30. Rotorul Savonius   | 8,00  |
| 31. Săpunul de casă. Rețetele saponificării la rece. Saponificarea la cald                                   | 16,00 |
| 32. Sobe și șeminee  | 11,50 |
| 33. Sudarea și lipirea metalelor   | 14,00 |
| 34. Tehnica lucrărilor de zidărie, armare, cofrare. Prepararea betoanelor, șapelor, mortarelor și gleturilor | 9,00  |
| 35. Tehnica utilizării energiei eoliene. Manual de execuție.   | 19,00 |
| 36. Vitralii   | 30,00 |





Teavă de cupru la colac



Teavă izolată din cupru



Teavă izolată din cupru pentru aer condiționat



Teavă de cupru (livrată în stare)  $\varnothing = 14, 18, 22, 28, 35, 42$



Curbă la 45° FF



Curbă la 45°



Cot la 90° MF



Co la 90° FF



Mufă FF



Reducție MF



Curbă la 90° MF



Dop F



Curbă la 90° FF



Reducție FF



Aliaj de lipit



Teu egal FF



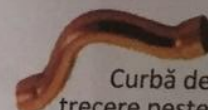
Teu redus FF



Piuliță olandeză



Racord olandez



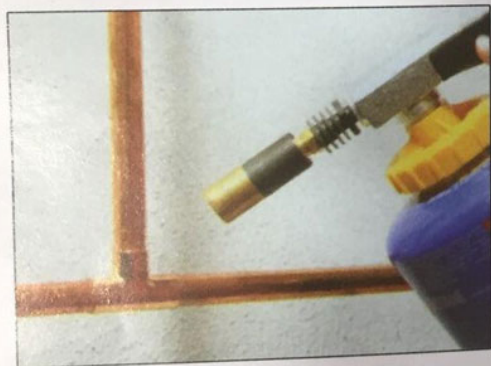
Curbă de trecere peste teavă



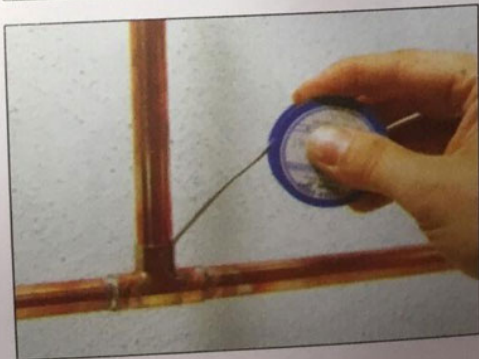
Fitingurile (coturi teuri, reducții, conectori, holendere) se curăță bine la interior folosind o perie de sârmă cilindrică cu calibrul țevii respective. Capetele de țevă se curăță cu șmirghel, pâslă abrazivă etc. Înainte de ungerea cu fondant se face un premontaj pentru a ne asigura că pie seale se întrepătrund corect.



Se aplică un strat subțire de fondant pe capetele de țevă direct din tub sau cu o pensulă atașată dopului filetat atunci când fondantul este ambalat în borcane mici din plastic. Stratul de fondant nu trebuie să fie gros dar trebuie să ocupe perfect suprafața. Nu ungeți suprafețele interioare.



După aprindere stabiliți flacăra din robinetul de reglare. Aproiați-o de locul de lipire. În cazul de față simultan se face încălzirea tuturor celor trei locuri de lipire. La atingerea temperaturii optime urmele de pastă rămase la exterior, de obicei, își schimbă culoarea. Nu încălziți excesiv.



Se aduce firul de aliaj în contact cu fiecare îmbinare doar până când aliajul topit ocupă toată zona inelară. Lăsați montajul în poziția inițială până la răcire (aprox. 1 minut).