A XVI-a Conferinţă internaţională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti”
SEBEŞ, 2016

PARTICULARITĂŢILE STRUCTURII ÎMBINĂRILOR LA SUDAREA MULTISTRAT

Doru I. GAITA, Ioan ILCA

CHARACTERISTICS OF THE JOINTS STRUCTURE AT MULTIPASS WELDING

The paper investigates the particularities of the welded joints structure at multiphase welding, showing that the structure and properties of these joints is not only influenced by the thermal action itself, but also by the metallurgical phenomena from the metal subjected to welding.

Keywords: welded joints, thermal cycle, seam multilayer, heat wave
Cuvinte cheie: îmbinări sudate, ciclul termic, cusătură multistrat, undă termică

1. Introducere

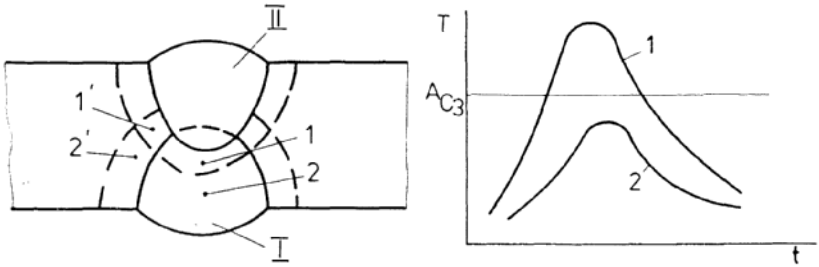
La sudarea semifabricatelor cu grosime mare, de obicei cusăturile se execută multistrat. În acest caz, execuţia fiecărui strat care urmează, aduce o acţiune suplimentară a ciclului termic de sudare atât asupra straturilor deja executate, cât şi asupra zonelor din vecinătatea cusăturii. Ca rezultat a acestei acţiuni atât metalul din straturile anterioare, cât şi din vecinătatea cusăturii îşi pot modifica structura (în principal în direcţia obţinerii unor structuri mai echilibrate), prin urmare şi proprietăţile.

Gradul acestei influenţe se determină prin acţiunea termică corespunzătoare (temperatura maximă de încălzire, viteza de răcire, ş.a.) la execuţia straturilor care urmează şi depinde de distanţa

volumului respectiv analizat până la limitele cusăturii lichide, procedeul de sudare şi energia dezvoltată.

2. Conţinutul lucrării

Schematic, pentru un caz simplu de sudare a îmbinării cap în cap, execuţie în două treceri, caracterul acţiunii termice suplimentare a stratului doi (II) asupra metalului cusăturii din primul strat şi zonele influenţate termic din semifabricatele de bază datorită primului strat, sunt prezentate în figura 1.



a) b)

Fig. 1 Acţiunea termică la sudarea cu două straturi

Analizăm pentru materialul metalic din primul strat un punct oarecare 1 şi în zona influenţată termic punctul 1', asupra cărora acţiunea termică la sudare este aceeaşi şi se caracterizează în privinţa schimbării temperaturii în timp prin dependenţa din figura 1, b.

Admitem că semifabricatele sudate şi cusătura sunt oţeluri cu temperatura critică Ac_3 sub temperatura maximă de încălzire rezultată la execuţia celui de-al doilea strat. Atunci, prin execuţia stratului II, metalul cusăturii din stratul I şi zonele învecinate din volumul analizat vor trece în stare de austenită, care la răcirile următoare se descompune. După cum s-a arătat structura finală a materialului metalic la un asemenea ciclu termic este determinată de compoziţia chimică.

Dacă oţelul prin regimul de sudare aplicat se căleşte, atunci întreaga porţiune din zona influenţată termic din primul strat, care şi la sudarea celui de al doilea strat se încălzeşte peste Ac_3, din nou după răcire se va căli. Pentru metalul cusăturii care de obicei conţine mai puţin carbon decât metalul de bază, regimul suplimentar de influenţă termică pe curba I (figura 1, b) poate să nu ducă la călire, ci să

constituie doar un tratament termic de tipul normalizării. În acest caz structura cusăturii pe întreaga zonă încălzită peste Ac_3 se obţine îmbunătăţită, fiind formată din granulaţie fină.

Volumele corespunzătoare primului strat şi zonele învecinate acestuia, notate cu punctele 2 şi 2' în figura 1, a, s-au încălzit la sudarea celui de-al doilea strat sub temperatura Ac_1 (curba 2 din figura 1, b). O acţiune termică de acest gen pentru zona călită de influenţă termică corespunde revenirii. Gradul de revenire se reduce pe măsura îndepărtării de limitele topiturii celui de al doilea strat.

Zonele de metal din cusătura primului strat care se încălzesc după regimul ilustrat de curba 2, în cazul când cusătura este necălită, practic nu îşi modifică structura, cu toate că metalul turnat poate să dispună de plasticitate îmbunătăţită. Încălzirea la temperaturi mult sub cea critică, nu are nici o influenţă asupra structurii şi proprietăţilor metalului din cusătura îmbinării.

După o schemă asemănătoare se realizează acţiunea suplimentară şi la execuţia îmbinărilor cu mai multe straturi, prezentată în figura 2, a.

Analizăm două domenii din zona influenţată termic, notate în această figură cu 1 şi 2. Acţiunea termică asupra volumului de material metalic corespunzătoare punctului 1, este cea mai complicată. Dacă metalul respectiv este oţel care se căleşte, atunci la sudarea stratului I care formează rădăcina, aceasta parte ajunge în zona care se încălzeşte peste Ac_3 (domeniul desenat cu linia întreruptă I') şi datorită răcirii în continuare se căleşte.

Prin încărcarea stratului II, metalul din această porţiune a zonei influenţată termic se încălzeşte din nou peste Ac_3 (zona cu linie punctata II') şi iarăşi se căleşte.

Ca rezultat a încălzirii acestei zone la sudarea stratului III, temperatura maximă de încălzire va fi sub Ac_3 (punctul 1 se află în afara limitelor liniei întrerupte III', care caracterizează atingerea temperaturii critice de transformare $Fe_\alpha \rightarrow Fe_\gamma$) dar totuşi suficient de ridicată (vezi porţiunea curbei III din figura 2, b). Prin aceasta metalul călit se încălzeşte până la temperatura de revenire înaltă şi structura sa după răcire se caracterizează prin sorbita de revenire.

Acţiunea ulterioară a căldurii asupra acestei zone la sudarea straturilor IV, V (şi a celorlalte) încălzesc metalul în punctul 1 la temperaturi mult mai mici. Influenţa acestei acţiuni asupra structurii şi proprietăţilor este practic neglijabilă.

Schema de ansamblu a ciclului termic în punctul 1 la execuţia sudării multistrat, este redată în figura 2, b.

Mult mai simplă se prezintă acţiunea termică la sudare în zona metalului corespunzătoare punctului 2. Acest volum de material metalic se încălzeşte peste Ac_3 numai la execuţia stratului V. Dacă acest strat se execută ultimul, atunci în această zonă a îmbinării sudate metalul rămâne în stare călită.

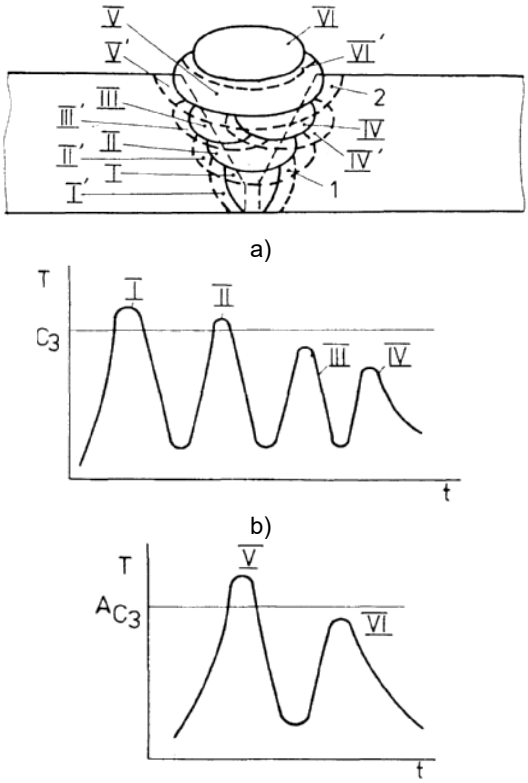


Fig. 2 Influenţa ciclului termic la sudarea multistrat

Prin încărcarea cu un strat suplimentar (chiar dacă nu este necesar) de exemplu VI, acesta se poate astfel situa în comparaţie cu limitele fluide ale stratului V cu metalul de bază, încât în zona II să se atingă prin aceasta temperatura de revenire, adică ciclul termic de influenţă asupra acestei zone va corespunde celui prezentat în figura 2, c.

Acesta poate fi considerat ca procedeu tehnologic de îmbunătăţire a structurii îmbinării prin sudare cu strat de recoacere.

La sudarea multistrat se produce de asemenea şi prelucrarea metalului din straturile încărcate anterior în mod analog cu exemplul analizat anterior din îmbinarea cu două straturi.

Pentru ca gradul de îmbunătăţire a structurii îmbinării să fie suficient, trebuie ca la sudarea stratului următor, stratul anterior să se încălzească aproape în întregime (pe întreaga secţiune), până la temperaturi situate peste Ac_3. Aceasta este posibil numai printr-o anumită corelare a secţiunii stratului anterior cu regimul de sudare a stratului următor. Astfel, dacă stratul anterior are o secţiune foarte mare (în principal înălţimea) şi la sudarea stratului următor se produce o topire parţială şi încălzire până la temperatura Ac_3, cuprinzând numai o porţiune relativ redusă din secţiune, atunci şi îmbunătăţirea structurii se produce limitat. Zonele mai îndepărtate (situate în partea inferioară a stratului anterior) se încălzesc la temperaturi scăzute şi îmbunătăţirea lor nu se produce sau va fi neînsemnată.

La sudarea cu arcul electric, electrodul utilizat, secţiunea stratului de sudură şi câmpul de temperatură în piesa sudată se determină din regimul de sudare şi este posibilă găsirea unor asemenea corelaţii între regimurile de sudare la aplicarea straturilor anterioare şi următoare, încât îmbunătăţirea structurii să fie certă.

La analiza efectuată în exemplele anterioare s-a considerat că la încărcarea stratului următor, metalul componentei sudate şi stratul anterior deja s-au răcit până la temperatura mediului ambiant, ce s-a arătat în reprezentarea schematică a ciclurilor termice prin atingerea temperaturii iniţiale după fiecare încălzire.

Asemenea caracter de schimbare a temperaturii se observă la îmbinările sudate lungi, când execuţia stratului următor se produce cu deplasarea considerabilă în timp, comparativ cu cel anterior.

Într-o serie de cazuri la execuţia îmbinărilor scurte sau la defalcarea tehnologică a îmbinărilor lungi în porţiuni mai înguste, este posibilă execuţia stratului următor până ce piesa şi stratul anterior de sudură nu s-au răcit.

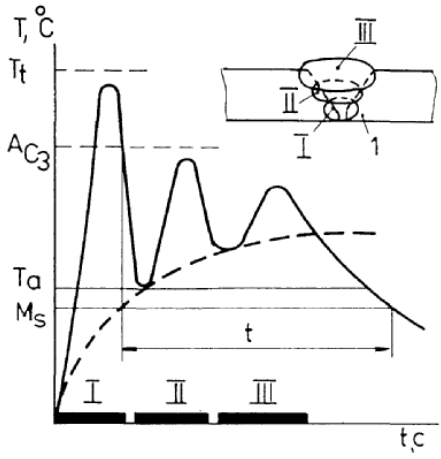
Atunci, stratul care urmează, se execută ca şi cum am proceda pe metalul preîncălzit.

În acest caz, aplicând acelaşi regim ca pe metalul neîncălzit, adâncimea de topire şi lăţimea zonelor care se încălzesc peste o anumită temperatură (de exemplu Ac_3) se măreşte.

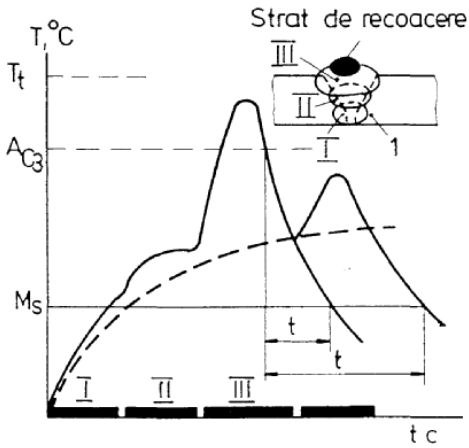
Schematic, ciclurile termice la sudarea multistrat, formată din porţiuni scurte, pentru cazuri caracteristice este dată în figura 3.

Încălzirea de la unda termică a stratului următor poate fi obţinută pe oricare porţiune a curbei de răcire.

Aceasta depinde în afară de energia specifică dezvoltată la sudarea stratului anterior şi de condiţiile de conductivitate termică, precum şi de lungimea porţiunii cusăturii, după execuţia căreia se începe încălzirea pentru execuţia stratului următor.



a)



b)

Fig. 3 Ciclurile termice la sudarea multistrat din porţiuni simple
a) aproape de rădăcina cusăturii; b) aproape de suprafaţa cusăturii

Pentru sudarea manuală cu arc, dacă se realizează încălzirea cu unda termică următoare, când metalul din stratul anterior încă nu s-a răcit sub o anumită temperatură aleasă (T_a), lungimea porţiunii cusăturii *l,* care să asigure realizarea acestei condiţii, se determină cu relaţia:

$$l = 0{,}7 \frac{K_3^2 \cdot K_2 \cdot q^2}{\delta^2 \cdot V_s \cdot (T_a - T_0)^2} \qquad (1)$$

în care:

T_0 - reprezintă temperatura iniţială a semifabricatului, în ºC;

T_a - temperatura admisibilă de răcire după sudarea stratului anterior; se alege de obicei cu ceva peste temperatura periculoasă pentru formarea fisurilor;

K_3 - coeficient de corecţie; pentru îmbinări cap în cap K_3 = 1,5; pentru îmbinări în T, K_3 = 0,9; pentru îmbinări în cruce K_3 = 0,8;

K_2 - coeficient de ardere pentru arc (de obicei 0,5 – 0,8)

Execuţia sudurilor din porţiunile scurte este comodă pentru sudarea manuală şi semiautomată. Mărimea segmentelor executate prin această metodă poate fi determinată şi prin calcul, cu relaţia (1), sau prin alegere practică.

La sudarea diferitelor metale neferoase şi a aliajelor acestora, de asemenea este posibilă alegerea tehnologiei celei mai raţionale de sudare multistrat, care să asigure obţinerea acţiunii optime a căldurii rezultate din sudare, asupra metalului din straturile anterioare şi a zonelor învecinate cusăturii.

3. Concluzii

■ Structura rezultată în urma sudării nu este omogenă, din care cauză proprietăţile mecanice ale oţelurilor sudate sunt mai slabe. Pentru ca structura lor să fie remediată, se aplică tratamente termice corespunzătoare.

■ Se precizează că asupra structurii şi proprietăţilor acestor îmbinări nu influenţează numai acţiunea termică în sine, ci şi fenomenele metalurgice din metalul supus sudării. De asemenea, este posibilă alegerea tehnologiei celei mai raţionale, de sudare multistrat, care să asigure obţinerea acţiunii optime a căldurii rezultate din sudare asupra metalului din structurile anterioare şi a zonelor învecinate cusăturii.

BIBLIOGRAFIE

[1] Killing, R., Thier, H., *Beitrag zur Frage der Stickstoffaufnahme beim under pulverschweissen nichtroptender Stahle*, DVS Bericht, 75, 10-17, 1982.
[2] Mitelea, I., Radu, B., *Determinarea prin calcul a proprietăţilor mecanice în ZIT a îmbinărilor sudate din oţeluri carbon şi slab aliate*, Sesiunea Ştiinţifică a Institutului de Învăţământ Superior, Sibiu, 1986.
[3] Mitelea, I., Budău, V., *Studiul metalelor*, Îndreptar tehnic, Editura Facla, Timişoara, 1987.
[4] Safta, V., *Controlul îmbinărilor şi produselor sudate*, Editura Facla, Timişoara, 1986.
[5] Pascu, D.R., ş.a., *Atlas metalografic pentru îmbinări sudate*, Editura Eurostampa, Timişoara, 2002.

Dr.Ing. Doru I. GAITA
membru AGIR
dorugaita@gmail.com

Prof.Dr.Ing. Ioan ILCA
Universitatea Politehnica Timişoara,
Facultatea de Inginerie Hunedoara
Conducător de doctorat, membru al Academiei de Ştiinţe Tehnice din România
membru AGIR
ilca@fih.upt.ro