

CONTROLUL ȘI REPARAREA PRIN SUDARE A ȚEVELOR UTILIZÂND ECHIPAMENTE ENDOSCOPICE

URDUZA¹ Dănuț Cristian¹, MINUNE² Alexandru², CHIRIAC³ Adrian³ și
GHEORGHE⁴ Cristian⁴

Facultatea FIMM, Specializarea Inginerie Mecanică, Anul I, e-mail urduzadanutcristian@yahoo.com

Conducători științifici: S.l.dr.ing. **Delia GÂRLEANU**, Conf.dr.ing. **Gabriel GÂRLEANU**

REZUMAT: Endoscopia este o tehnologie relativ nouă, folosită cu preponderență în medicină. În ultima perioadă s-a dezvoltat și în câteva direcții pentru inspecții a unor componente mecanice, țevi sau mici instalații termice. Cerințele din zona industrială fac ca acest tip de investigații să fie din ce în ce mai necesar chiar în domeniile de varf, aviație, centrale nucleare etc. Această cercetare a realizat asocierea a două tehnologii și anume una de inspecție vizuală și cealaltă de sudare. S-a urmărit modificarea unui pistol normal de sudare WIG și utilizarea unor dispozitive pentru monitorizare (camere videoendoscopice). În prezent, se poate suda la o distanță destul de mică, iar noi urmărim proiectarea în viitor a unui concept asemanător care să poată fi folosit până la o distanță de câțiva metri.

CUVINTE CHEIE: pistol, procedeu WIG, camera videoendoscopică

1. Introducere

Realizarea unui astfel de pistol a venit ca răspuns la diferite cereri de reparații din mediul industrial. Cele mai multe cereri au fost din domeniul schimbătoarelor de căldură spiralate și cu țevi [1]. Sudarea WIG - Laparoscopică, este necesară pentru asamblarea / repararea diferitelor componente metalice la care accesul fizic este foarte limitat sau imposibil, interstiții sub 25 mm coroborat cu distanța mare între operator și zona sudată (0,1 – 1 m). Diferența față de procedeu standard este că imaginea băii metalice este preluată de către o cameră de filmat, iar operatorul sudor nu se uită într-o mască de sudură ci pe un monitor, exact ca la o operație chirurgicală laparoscopică. Manevrarea pistolului se poate face în două modalități, una standard, din manerul pistolului, a doua variantă este prin utilizarea unor servomotoare. În lucrarea de față este prezentată prima variantă, iar probele de sudare au fost țevi în care au fost executate defecte artificiale. Sunt prezentate defecte artificiale de tipul pori, fisuri longitudinale sau transversale aflate în interiorul țevelor.

Un astfel de echipament este util în diferite domenii ingineresti cum ar fi: aviație, termotehnică, trasee de țevi, industria auto, centrale termice etc. La proiectarea acestui echipament miniatural de sudare WIG s-a făcut o analogie cu mecanismele de operare /investigare din sfera medicală, îndeosebi cu chirurgia laparoscopică bineînțeles cu adaptările specifice tehnologiei de sudare prin topire și anume: poziționarea și manevrarea pistolului de sudare, vizualizarea în timp real, temperatura de lucru, gaze de protecție specifice sudării, evacuarea căldurii și gazelor tehnice, modificarea parametrilor regimului de sudare etc.

2. Stadiul actual

În prezent există echipamente / utilaje / accesorii de sudare WIG care pot să realizeze suduri manuale sau mecanizate însă dimensiunile lor sunt relativ mari, având cel puțin două dintre dimensiuni peste 30 mm [2]. Pentru sudarea manuală, gâtul pistolului poate fi rigid sau flexibil, iar poziționarea și manevrarea lui în timpul sudării se face direct de către operator, de obicei de la o distanță mică, aproximativ 20 – 60 mm. Sunt și pistoale cu gâturi fixe sau flexibile mai lungi, până la 250 mm însă manevrarea lor se face tot manual de aceea și calitatea îmbinării scade foarte mult.

Pentru sudarea mecanizată, gâtul pistolului este fixat într-un suport rigid, manevra lui făcându-se prin intermediul unui mecanism acționat electric.

La sudarea robotizată, pistolul este fixat de brațul unui robot care poate descrie mișcări complexe însă dimensiunile pistolului sunt mari și accesul este limitat de complexitatea construcției. Mai mult decât atât, fiind o sudare robotizată, pentru realizarea unui cordon de sudură trebuie mai întâi conceput un program, verificat pe piesă și apoi realizată sudura[3]. Dacă în timpul sudării din diferite motive subansamblele s-au deplasat față de pistol, sudura trebuie refăcută.

Necesitatea realizării unui astfel de pistol a venit ca răspuns la diferite cereri de reparații din mediul industrial. Cele mai multe cereri au fost din domeniul schimbătoarelor de căldură spiralate și cu țevi. Aici interstițiul este relativ mic, sub 20 mm, iar defectele sunt în interior la distanța de minim 150 – 200 mm, vezi figura 1.

În timpul utilizării schimbătoarelor de căldură apar diferite fenomene datorate vitezei de curgere a fluidelor, vâscozității și durității microparticulelor din fluid. S-au analizat defectele observate și s-a constatat ca principalele cauze ale producerii acestora sunt coroziunea erozivă și cavitația, vezi figura 2.

Coroziunea erozivă ia naștere datorită mișcării fluidului de-a lungul suprafeței materialului. Coroziunea erozivă este accelerată în general atunci când fluidul care intră în schimbător are în componență aer sau particule solide. Principalii factori care influențează coroziunea erozivă sunt ”turbulențele” precum și parametrii specifici fluidelor care circulă prin schimbător, cum ar fi viteza de curgere, nivelul de particule în suspensie, nivelul de bule de aer prezente, presiunea parțială locală, și forma geometrică a piesei, în cazul de față spirala. Modelul coroziunii de eroziune este reprezentat de caneluri direcționale, valuri, văi, găuri sau gropi în formă de potcoavă, stea sau semilună. Turbulențele aplicate pe interiorul unui tub pot duce la creșterea rapidă a ratelor de eroziune și în cele din urmă la o străpungere a materialului. Aceste defecte ce au apărut în interiorul unui schimbător de căldură spiralat se pot vedea în figura 2. Se pot observa cu ușurință efectele coroziunii și cavitației în interiorul schimbătorului. Cu ajutorul noului pistol de sudare proiectat unele dintre aceste defecte specifice se pot remedia prin sudare, fără scoaterea din funcțiune a schimbătorului.



Fig. 1. Defectele schimbătoarelor de căldură.

Creșterea turbulențelor este direct proporțională cu creșterea vitezei fluidului iar vitezele mai mari favorizează începutul coroziunii erozive. Modelul coroziunii de eroziune este reprezentat de caneluri direcționale, valuri, văi, găuri sau gropi în formă de potcoavă, stea sau semilună. Turbulențele crescute aplicate pe interiorul unui tub pot duce la creșterea rapidă a ratelor de eroziune și în cele din urmă o scurgere[1].



Fig. 2. Eroziune ajunsă pâna la găurirea tablei.

Cavitația, uneori denumită și corозиune de cavitație sau eroziune de cavitație, este procesul dinamic de formare, dezvoltare și implozie a bulelor sau cavitațiilor umplute cu vapori și gaze dintr-un lichid. Acest proces este determinat de scăderea presiunii locale sub anumite valori critice

Printre factorii favorizanți apariției și dezvoltării bulelor cavitaționale enumerăm în primul rând scăderea presiunii dar și existența impurităților, microfisurilor, creștăturilor și corpurilor solide. Acești factori determină reținerea unor volume microscopice de gaz nedizolvat în lichid creând astfel nuclee sau germeni de cavitație. Atunci când presiunea atinge valori critice, ca presiunea de vaporizare, nucleele sau germeni cavitaționali amorsează fenomenul de vaporizare și odată cu degajarea gazelor din lichid și cu evaporarea lichidului înconjurător nucleele cavitaționale se dezvoltă, formându-se bule sau cavitații umplute cu un amestec de gaze dizolvate și/sau vapori de lichid.

3. Construcție pistol

Pentru a putea repara astfel de defecte s-a pornit de la analizarea mai multor variante constructive de pistoale răcite cu lichid. A fost ales un pistol cu gât flexibil [4]. Pistolul ales a fost modificat în sensul că i-a fost adăugată partea de alimentare cu sârmă de sudură – rola. Sârma de sudură este adusă în dreptul electrodului de wolfram prin intermediul unui tub de ghidare metalic. Tubul de ghidare a fost prins de corpul pistolului și de gâtul acestuia astfel încât să formeze un corp comun, vezi figura 3.



Fig. 3. Pistol de sudare.

Ieșirea materialului de adaos – sârma electrod – din tubul de ghidare se face prin intermediul unei duze de contact. Comanda celor două subansamble, pistolul și derulatorul se face separat. La pistolul s-a păstrat comanda pornit-oprit de la buton, iar la derulator atât comanda de pornit-oprit cât și reglarea vitezei de avans a sârmei electrod se face prin intermediul unei pedale ce este acționată cu piciorul de către operator [5].

Pentru vizualizarea piesei, eventualelor defecte și bari de metal topit din timpul sudării au fost testate mai multe tipuri de videoendoscoape. Criteriile principale de alegere au fost:

- manevrabilitatea,
- dimensiunile de gabarit,
- posibilitatea de fixare,
- modalitatea de transmitere optică a imaginilor,
- autocurățarea,
- temperatura de lucru,
- distanța dintre operator și capătul tubului laparoscopic.

În urma efectuării testelor a fost aleasă camera de inspecție video wireless 6 mm Meterland (ML BHR-105). Camera a fost fixată mecanic într-un stand experimental de testare, iar imaginile au fost trimise către un monitor, și au fost salvate și stocate ca fișiere pe calculator. Unul dintre avantajele înregistrării este și posibilitatea de a revedea și analiza fazele din timpul sudării. Se pot utiliza camere ce au posibilitatea rotirii pe cele 2 axe astfel încât se poate vizualiza în condiții optime defectul. În figura 4 sunt prezentate câteva imagini cu standul experimental și modul în care se vizualizează defectul, 4 e.



Fig. 4 . Standul de încercări.

4. Elemente de dificultate ale problemei

Realizarea unui astfel de echipament de sudare flexibil, de dimensiuni foarte mici, sub 25 mm pe orice direcție a ridicat mai multe probleme tehnice ce au trebuit să fie luate în considerare și anume:

- a) Proiectarea și realizarea unui pistol de sudare miniatural;
- b) Poziționarea și manevrarea exactă a pistolului de sudare;
- c) Vizualizarea on-line: a pistolului, materialului de baza, a celui de adaos (dacă este cazul) și a băii metalice;
- d) Aducerea gazului de protecție în zona sudurii;
- e) Evacuarea gazului / fumului / condensului din zona sudurii pentru a putea vizualiza în condiții optime baia de metal topit;
- f) Asigurarea transmiterii curentului și tensiunii de sudare de la echipament la pistol prin dimensionarea exactă a pieselor ce compun pistolul;

g) Temperatura de lucru – răcirea în timpul lucrului a tuturor componentelor ce fac parte integrantă din echipament – dispozitiv. Trusele laparoscopice sunt utilizate în special pentru investigații / operații la care temperatura de lucru nu depășește valoarea de 40 - 50 °C. În cazul sudării, temperatura de lucru este mult superioară acestei valori și ca atare toate mecanismele trebuie proiectate și adaptate să poată fi utilizate și la temperaturi mai mari.

Un alt avantaj al acestei noi tehnologii de sudare îl constituie faptul că operatorul sudor nu a trebuit să mai utilizeze masca de sudură ci s-a uitat direct pe monitor, îmbunătățindu-i se condițiile de muncă[6]. Asigurarea unui mediu de muncă sigur și sănătos este în prezent o prioritate cheie pentru toți angajatorii. Astfel noua tehnologie de sudare laparoscopică vine în sprijinul tuturor societăților, care au obligația legală de a supraveghea angajații pe linie de protecție a muncii pentru a le permite să își desfășoare activitatea în condiții de siguranță.

Procedul de sudare a fost WIG[7,8]. Parametrii regimului de sudare au fost:

- 1) Curentul de sudare $I_s = 80 - 100 \text{ A}$
- 2) Tensiunea de sudare $U_s = 21 \text{ V}$
- 3) Viteza de avans a sârmei electrod $V_s = 1,5 \text{ m / min.}$
- 4) Gazul de protecție Ar 100%
- 5) Diametrul sârmei electrod $d=1\text{mm}$
- 6) Diametrul electrodului de wolfram utilizat 1,6.

Procesul de sudare a decurs intermitent în sensul că la început a fost pornit doar arcu de sudare pentru încălzirea pieselor și topirea marginilor defectului [9]. Apoi, în funcție de baia de metal topit a fost adăugată sârma electrod cu viteze diferite. Aspecte din timpul sudării se pot vedea în figura 5.



Fig.5. Procesul de sudare.

Au fost efectuate defecte circulare sau alungite care au încercat să simuleze posibile fisuri apărute în țevă pe direcție longitudinală sau transversală. După sudare au fost inspectate probele, vezi figura 7. În urma examinării cordonului de sudură a rezultat obținerea unei îmbinări ce se încadrează în clasa D conform SR EN 5817. Mai jos sunt prezentate imagini cu probe tip țevă, înainte și după sudare, figura 6 și 7.

Noul pistol trebuie să îndeplinească următoarele funcții ce devin obiectivele concrete ale proiectului:

- dimensiunea capului de sudat pe orice direcție să nu fie mai mare de 15 mm;

- să poată fi manevrat de la distanță manual sau printr-un sistem mecanic – ca în cazul brațelor utilizate la trusele laparoscopice sau cu ajutorul unor actuatoare ultrasonore printr-un sistem de comandă wireless sau cu fir utilizând un joystick;
- tot procesul să poată fi vizualizat pe un monitor și eventual înregistrat pe un suport electronic cu ajutorul unei micro camere utilizată în chirurgia laparoscopică.



Fig 6 Inainte de sudare, defecte circulare.

Fig. 7 Defecte alungite.

5. Concluzii

Realizarea acestui pistol și a tehnologiei de sudare aferente va deschide o nouă eră în lumea sudării. Posibilitatea realizării unor suduri la distanță mare și în locuri greu accesibile, va deschide noi direcții de cercetare în toate domeniile industriale. Se poate face o analogie cu domeniul medical unde descoperirea posibilității de investigare sau operare laparoscopică a dus la noi metode de operare, mult mai puțin invazive, cu costuri mici și rezultate foarte bune față de cele clasice.

6. Bibliografie

1. Kuppan Thulukkanam, Heat exchanger Design Handbook, CRC Press, Taylor&Francis Group, USA, 2013;
2. G. Solomon, Curs de Inginer Sudor Internațional/European IWE/EWE, Cap. 2.16 Oțeluri înalt aliate (inoxidabile), ASR, 2012;
3. Micloși V., ș.a., Bazele proceselor de sudare, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984;
4. G. Gârleanu, Informatizarea și optimizarea proceselor tehnologice Bucuresti 2007, G. Gârleanu, Curs de Proiectarea Construcțiilor Sudate – notite de curs 2014
5. G. Gârleanu, Proiectarea Construcțiilor Sudate – Note de curs pentru uzul studenților, 2014
6. Welding handbook, vol.2, 8-th Edition, Welding Processes, American Welding Society, Miami, 1991;

7. G. Zgură, D. Răileanu, L. Scorobetiu, Tehnologia sudării prin topire, Editura didactică și pedagogică, București, 1983;
8. D. Dehelean, Sudarea prin topire, Editura Sudură, Timișoara, 1997;
9. D. Dehelean, Curs de Inginer Sudor Internațional/European IWE/EWE, Cap. 1.7 Sudarea WIG, ASR, 2012;