



A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2017

STADIUL ACTUAL AL TRATAMENTELOR SUPERFICIALE CU RADIAȚII ELECTROMAGNETICE ȘI POSIBILITĂȚI DE EXTINDERE A ARIEI DE APLICABILITATE

Ioan VIRCA

SURFACE TREATMENT ON THE CURRENT STATE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION AND OPPORTUNITIES FOR EXPANSION SCOPE

In the presents paper the author analyses the current state of superficial treatments with electromagnetic fields, in terms of the purpose and role within the manufacturing processes of parts and ways of energy generation and transmission parts to the surface. The author presents a technological solution suite which consists in the use of gas discharge lamps what emitting pulses of optical radiation for the surface treatment of parts. This solution thus extend the surface treatments with electromagnetic fields, constituting an alternative technology that are of interest to local selective surface hardening of machine parts and for the formation of protective film, cleaning and polishing surfaces.

Keywords: surface treatment, electromagnetic radiation, optical radiation pulses, gas discharge lamps, hardening surface

Cuvinte cheie: tratament de suprafață, radiații electromagnetice, pulsuri de radiații optice, lămpi cu descărcare de gaz, suprafață de întărire

1. Introducere

Tratamentele superficiale cu radiații electromagnetice reprezintă o grupă de aplicații termice realizate cu fluxuri intense de

energie și au ca scop obținerea unor caracteristici superioare de duritate și rezistență (la tracțiune, oboseală, strivire, coroziune, uzură etc.) în stratul superficial al pieselor metalice, de obicei pe suprafețe relativ mici sau în locuri greu accesibile prin tehnologiile clasice [1, 2, 3].

Această grupă de tratamente termice superficiale cuprinde tratamentele cu încălzire rapidă (încălzirea electrică rezistivă prin contact și încălzirea prin inducție) [4] și tratamentele cu încălzire ultrarapidă, realizate cu energie concentrată (locală) [3].

Tratamentele termice superficiale efectuate cu surse termice concentrate reprezintă în perioada actuală o direcție științifică și tehnică modernă în tehnologia construcțiilor de mașini.

Prin rezultatele practice deosebite obținute în acest domeniu, aceste tratamente au înlocuit treptat unele tratamente termice superficiale cu flacără sau prin inducție, precum și tratamente termochimice.

Încălzirea ultrarapidă poate fi obținută cu ajutorul surselor exterioare de energie, clasificate astfel după modul de transmitere a energiei la suprafața pieselor, acestea având capacitatea de a concentra energia în volume mici de material, cu valori ale fluxului termic superficial cuprinse între 10^4 - 10^{10} W/cm², adică între limitele de topire și vaporizare ale suprafețelor metalice [3].

Dintre aceste surse de energie concentrată se pot menționa: fasciculele de fotoni (laserul), fasciculele de electroni, fasciculele de ioni și plasma, realizând viteze de încălzire de peste 10^3 grad/s.

De circa 15-20 de ani, specialiști din diferite domenii de cercetare științifică și producție (industrie alimentară, medicină, chimie, tehnologia construcțiilor de mașini etc.) studiază efecte de încălzire, decontaminare, activare a unor procese, finisare, depuneri de straturi subțiri etc., în scop de protecție sau design etc., realizate cu impulsuri de radiații optice (IRO) produse cu ajutorul lămpilor cu descărcare în gaz (LDG) [5].

Lămpile cu descărcare în gaz constituie elemente componente ale laserilor, având rolul de a realiza inversia populației de atomi în mediul activ în scopul obținerii efectului stimulat al radiației [6], însă obiectul de studiu al lucrării se limitează la efectele ce se obțin doar cu ajutorul lămpilor cu descărcare în gaz asupra unor materiale (piese) sinterizate din pulberi metalice, alimentarea lămpii realizându-se de la un bloc de condensatori.

Cu precădere, modificarea locală a proprietăților suprafețelor metalice ale unor piese din compunerea agregatelor și echipamentelor

din industria construcțiilor de mașini, electronică și electrotehnică, automobile etc., impune folosirea surselor de energie concentrată, oferind multiple avantaje tehnico-economice spre deosebire de tratamentele termice în volum sau pe suprafețe extinse.

Tratamentele termice superficiale cu radiații extind aria de utilizare a procedeelor de prelucrare termică (sudarea, tăierea, găurirea, alierea, depunerea de pelicule protectoare, lustruirea suprafețelor metalice, curățirea suprafețelor metalice de defecte etc.), constituind o direcție de cercetare științifică și aplicabilitate tehnologică de actualitate, atât prin noile rezultate ce apar la nivel mondial, cât și prin avantajele tehnico-economice pe care le prezintă.

2. Clasificarea surselor energetice și caracterizarea generală a tratamentelor superficiale efectuate cu radiații electromagnetice

În funcție de modul de generare și transmitere a energiei la suprafața pieselor, sursele pentru tratamentele termice superficiale cu radiații se împart în două categorii, astfel [1, 3, 7, 8]:

a) surse exterioare, la care energia ia naștere într-un dispozitiv din care este dirijată spre piesă:

- plasmă;
- fascicule de electroni;
- fascicule de ioni;
- fascicule de fotoni (laser);
- fascicule ultrasonice.

b) surse interioare, la care energia ia naștere la suprafața piesei:

- încălzirea electrică rezistivă prin contact;
- încălzirea prin inducție (CIF).

Alegerea unui anumit tip de sursă energetică constituie o etapă importantă în proiectarea procesului tehnologic și se realizează în funcție de diferite criterii tehnologice și economice.

Locul tratamentelor termice superficiale este bine determinat în cadrul fluxului tehnologic de fabricație a pieselor și este evidențiat în figura 1 [9], uneori putând constitui ultima operație a procesului de fabricație.

Tratamentul termic cel mai des utilizat cu ajutorul acestor surse energetice este cel de călire superficială [10], aplicat în general pieselor și sculelor din oțeluri și fonte, prin încălziri și răciri efectuate cu viteze foarte mari, ceea ce conduce la obținerea unei stări în afară de

echilibru caracterizată prin existența unei cantități mari de martensită încărcată de dislocații suplimentare și cu densitate mai mare decât a martensitei obținută prin călirea clasică [11], (figura 2 și figura 3).

Această structură aparține conferă pieselor duritate și rezistență mai mare la uzură, oboseală, răsucire etc. [9].

Modificările structurale superficiale pot fi efectuate prin două metode:

- a) fără topirea suprafeței materialului metalic;
- b) cu topirea suprafeței materialului metalic.

Prin prima metodă, modificările au loc în starea solidă a materialului, ea fiind utilizată la materialele ce pot suporta modificări polimorfe [12]. Transformările în stare solidă se pot produce cu transformare de fază, respectiv cu schimbarea naturii rețelei cristaline și eventual a numărului de faze (procese eterogene), sau în interiorul aceleiași faze (procese omogene).

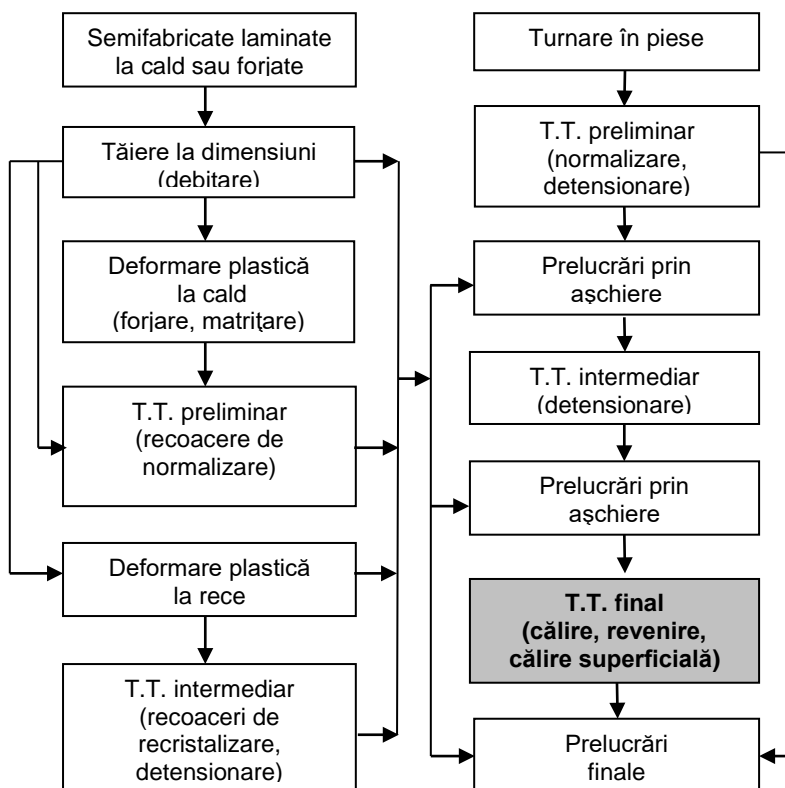


Fig. 1 Schema dispunerii tratamentelor termice superficiale într-un flux tehnologic general de fabricație a pieselor



Fig. 2 Structura martensitică obținută prin călire clasică



Fig. 3 Structura martensitică obținută prin călire cu surse ultrarapide

Majoritatea aliajelor metalice au o microstructură eterogenă, constând din două sau mai multe faze.

Aceste aliaje prezintă o fază moale numită matrice, reprezentând cea mai mare parte din aliaj și o fază dură, faza secundară, distribuită sub formă de particule, cu diferite grade de dispersie în matrice (oțelurile călite și revenite, produsele sinterizate din pulberi metalice etc.).

Astfel, produsele sinterizate din pulberi metalice în componență: ● matricea reprezentată de fier; ● faza secundară reprezentată de carbon, cupru, nichel, sulf.

Prezența fazei secundare duce la creșterea durtății și a limitei de curgere a aliajului, comparativ cu matricea, producând deci o durificare cunoscută sub denumirea de durificare prin dispersie [9]. Avantajul major al acestei metode îl constituie faptul că microgeometria suprafeței piesei se păstrează, ceea ce nu necesită prelucrări mecanice ulterioare.

Prin cea de-a doua metodă, la intensități mai mari de 10^4 W/cm² ale energiei emise de sursă [2, 12, 13], se realizează modificări structurale superficiale cu topirea suprafeței piesei.

Dezavantajul metodei este reprezentat de înrăutățirea microgeometriei suprafețelor pieselor, fapt ce solicită prelucrări mecanice ulterioare.

3. Instalații și echipamente moderne pentru încălzirea ultrarapidă cu radiații

În analiza de față se iau în considerare instalațiile și echipamentele cele mai performante ce realizează încălzirea ultrarapidă cu radiații și anume: ● instalațiile de prelucrare mecanică cu plasmă (PMP); ● instalațiile cu fascicule de electroni (Electron Beam

Machining-EBM); • instalațiile cu fascicule de fotoni (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation-LASER) [1].

Datorită particularităților tehnologice ale tratamentelor termice efectuate cu instalațiile menționate, a calității suprafețelor pieselor rezultate în urma tratamentului termic, a consumurilor energetice reduse etc., tehnologiile de tratamente termice respective constituie o grupă aparte a tehnologiilor de prelucrare neconvenționale.

Caracteristic pentru aceste instalații și echipamente este faptul că folosesc cantități de energie mult mai reduse pentru obținerea unor rezultate superioare celor obținute prin metode convenționale.

De asemenea, se caracterizează prin următoarele particularități: • în multe cazuri sunt concepute și realizate ca centre de prelucrare, executând și operații de tăiere, sudare etc.; • pot avea o construcție modulară, ce poate fi extinsă în funcție de opțiuni; • pot fi conduse și controlate prin intermediul calculatorului; • construcția, funcționarea și exploatarea echipamentelor corespund celor mai exigente norme de securitate a muncii; • pot fi prevăzute cu subsisteme de încărcare/descărcare parțială sau totală și transport, care se integrează ușor în sisteme de control numeric sau robotizate.

Aceste instalații și echipamente, cu tehnologiile de vârf utilizate, reușesc să rezolve cerințele tot mai crescânde ale pieței, în condițiile obținerii unui raport preț/calitate favorabil, conducând la modificări importante ale managementului strategic al firmelor producătoare și la crearea și dezvoltarea de noi direcții de cercetare științifică.

4. Posibilități de extindere a ariei de aplicabilitate a tratamentelor superficiale cu radiații electromagnetice

Din studiul efectuat în cercetările întreprinse și în lucrările [12, 13], reiese faptul că radiația laser are practic aplicabilitate tehnologică asupra tuturor materialelor metalice sau nemetalice, în funcție de energia fasciculului, aceasta fiind posibilă datorită perfecționării continue a instalațiilor și echipamentelor laser, obținându-se energii de ordinul 2-3 kJ și densități de putere de circa 10^{10} W/cm². În ceea ce privește folosirea radiației laser în tratamentele termice superficiale, se poate afirma că aria de aplicabilitate se restrânge, datorită posibilităților tehnologice limitate ale laserilor.

Drept surse energetice alternative laserilor s-au identificat lămpile cu descărcare în gaz (LDG), utilizate ca lămpi de pompaj optic în cadrul instalațiilor laser cu element activ solid.

Lămpile cu descărcare în gaz emit impulsuri de radiații optice (IRO) sau electromagnetice, necoerente, de intensitate mare, cu o durată scurtă de emisie ($\tau=10^{-1}\div 10^{-6}$ s).

În tabelul 1 sunt prezentate comparativ caracteristicile tehnice și energetice ale laserului solid și lămpii cu descărcare în gaz.

Tabelul 1

| Caracteristica | Laser solid | Lampa cu descărcare în gaz |
|--|-----------------------|----------------------------|
| Felul radiației emise | Coerentă | Necoerentă |
| Lungimea de undă a radiației λ [μm] | 0,1-100 | 0,2 -1,1 |
| Energia impulsului E [J] | 10^3 | 8×10^4 |
| Puterea medie a impulsului P [W] | 10^4 | 5×10^3 |
| Intensitatea fascicului I [W/cm^2] | $>10^4$ | 10^4 |
| Randamentul energetic η [%] | 1-15 | 50-70 |
| Posibilități de tratare a suprafețelor | ordinul mm^2 | ordinul zeci mm^2 |

Rezultă că tratamentele superficiale cu încălzire radiantă în impulsuri obținută cu ajutorul LDG constituie o alternativă tehnologică tratamentelor cu laser, sursa dispunând de posibilități energetice mai ridicate (energie și randament, tabelul 1) și prezentând interes atât pentru durificarea selectivă și locală a suprafețelor unor piese de mașini, cât și pentru formarea unor pelicule protectoare, curățirea și lustruirea suprafețelor (suprafețe de ordinul zecilor de mm^2) etc.

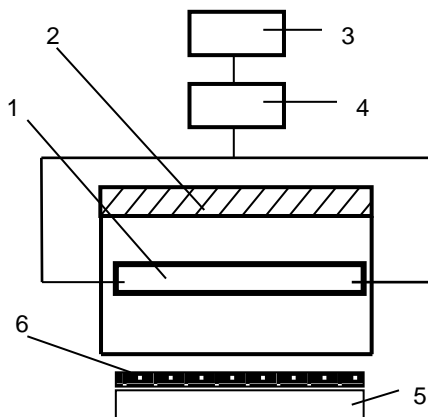


Fig. 4 Schema de principiu a tratamentului termic superficial cu LDG

1 – sursa de radiații (lampă cu descărcare în gaz); 2 – reflector; 3 – sursă de alimentare; 4 – bloc de condensatori; 5 – piesa metalică; 6 - stratul modificat

Lămpile în impuls pot avea diferite forme geometrice: spirală, coaxiale, tubulare, în formă de U, putând astfel trata piese cu formă geometrică identică cu cea a lămpilor.

O schemă de principiu a tratamentelor superficiale efectuate cu lămpi cu descărcare în gaz (LDG) este prezentată în figura 4.

Instalația poate fi realizată cu costuri reduse și poate fi integrată în tehnologiile de fabricație a pieselor mecanice, până în

prezent rezultate obținându-se în domenii în care materialele prelucrate au permis producerea de modificări structurale în straturile de suprafață (industria alimentară, chimie, medicină, textilă etc.).

BIBLIOGRAFIE

- [1] Marinescu, N., Nanu, D., Lăcătuș, E., Popa, L., Marinescu, R., Savastru, R., *Procese de prelucrare cu fascicule și jeturi*. Editura Institutului Național de Optoelectronică, București, 2000, pag. 87.
- [2] Neagu, D., *Durificarea cu fascicul de electroni*. Editura Printech, București, 2001, pag. I.
- [3] Popescu, N., Gheorghe, C., Popescu, O., *Tratamente termice neconvenționale*. Editura tehnică, București, 1990.
- [4] Carțiș, I.G., *Tratamente termice. Tehnologie și utilaje*. Editura Facla, Timișoara, 1982.
- [5] Nedeiță, V., *Studii privind îmbunătățirea operațiilor și a instalațiilor din industria alimentară prin utilizarea impulsurilor ultrascurte de lumină de intensitate înaltă*. Teză doctorat. Universitatea „Dunărea de Jos”, Galați, 1995.
- [6] Nanu, A., *Tehnologia materialelor*. Editura didactică și pedagogică, București, 1977.
- [7] Dulămiță, T., Florian, E., *Tratamente termice și termochimice*. Editura didactică și pedagogică, București, 1982.
- [8] Deac, V., *Studiul metalelor*. Editura Institutului de învățământ superior, Sibiu, 1982, pag. 222-232.
- [9] * * * *Martensita*. www.esi2.us.es/IMM2/Pract-html/martensi.html.
- [10] Ursu, I., ș.a., *Interacțiunea radiației laser cu metalele*. Editura Academiei RSR, București, 1986.
- [11] Drăgănescu, V., Velculescu, V.G., *Prelucrări termice cu laseri*. Editura Academiei RSR, București, 1986.
- [12] Virca, I., *Tratamente superficiale cu câmpuri electromagnetice aplicate pieselor din pulberi metalice*, vol. I – *Bazele teoretice ale aplicării tratamentelor superficiale ultrarapide asupra pieselor din pulberi metalice*. Editura Academiei Forțelor Terestre Sibiu, 2011.
- [13] Virca, I., *Tratamente superficiale cu câmpuri electromagnetice aplicate pieselor din pulberi metalice*, vol. II – *Aplicații practice ale tratamentelor superficiale cu impulsuri de radiații optice asupra pieselor din pulberi metalice*. Editura Academiei Forțelor Terestre Sibiu, 2011.

Conf. univ. Dr. Ing. Ioan VIRCA
membru AGIR, e-mail: virca_ioan@yahoo.com
Academia Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu” Sibiu