

MECANISMUL FORMĂRII TENSIUNILOR REMANENTE ÎN PIESELE DURIFICATE ÎN STRATUL FLUIDIZAT MAGNETIC

Conf. univ., dr. Valeriu Gonciaruc

Universitatea Tehnica a Moldovei

ABSTRACT

There are presented the suggestions regarding the mechanism of formation of the compressive residual stresses in the superficial layers of the hardened pieces with electrical discharges and powder into the magneto fluidized layer. During the process of hardening into this layer there are two factors which acting simultaneously: the thermal that is characterized by locally heating of the surface area by electrical discharges and the mechanical that is determined by the collision between particles and surface of hardened piece. Resulting residual stresses are already compressive ones whose maximum value is moved into the deep of the superficial surface of hardened layer.

1. Introducere

Ca rezultat al cercetării procesului de durificare a pieselor în stratul fluidizat magnetic (SFM) cu descărcări electrice și pulbere experimental s-a demonstrat că în straturile superficiale se formează tensiuni remanente de comprimare [1]. O legitate ce se observă în cazul dat este faptul ca maximumul acestor tensiuni este deplasat în adâncul stratului durificat (fig.1).

Procesul are la bază efectul fluidizării magnetice a unor particule de formă cilindrică (bucăți din sârmă de oțel) cu raportul dintre lungimea către diametrul lor $l/d = 8 \div 14$ la acțiunea unui câmp magnetic rotativ. La fluidizarea completă, aceste bucăți de sârmă, pe care le vom numi în continuare particule feromagnetice, obțin viteze de rotație și de translație foarte mari. Totodată fiind amplasate între doi electrozi conectați la o sursă de curent continuu particulele creează o mulțime de descărcări electrice în volumul de lucru al camerei. Vom menționa că unul din electrozi, și anume catodul, reprezintă piesa supusă durificării, iar celălalt – anodul - este peretele din inox al camerei. Pulberea, care de asemenea este amplasată în interiorul camerei, nimerind în arcul descărcărilor electrice se topește și ca rezultat al unor procese micrometalurgice se depune pe suprafața piesei - catodului. Astfel, în procedeul de durificare examinat acționează

concomitent doi factori, și anume: cel termic, ce este caracterizat prin încălzirea locală a zonelor suprafeței de către descărcările electrice multiple și cel mecanic, determinat de ciocnirea particulelor SMF cu suprafața piesei durificate.

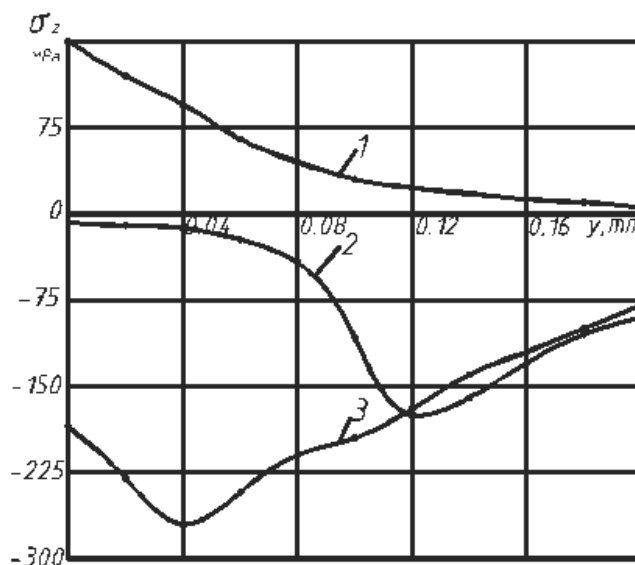


Figura 1. Repartiția tensiunilor remanente axiale în stratul superficial al mostrelor șlefuite (1) și durificate cu descărcări electrice și pulbere ПГ-10Н-01 în SMF (2,3)

2. Sugestii referitor la mecanismul formării tensiunilor remanente

Legitățile formării tensiunilor remanente de comprimare în procesul de durificare cu descărcări electrice și pulbere în SFM sunt în legătură directă cu particularitățile apariției și dezvoltării deformațiilor neuniforme ireversibile în volumul straturilor durificate. Tensiunile remanente apar ca rezultat al acțiunii concomitente a trei factori. Vom examina pe etape procesul de deformare plastică a stratului durificat la încălzirea prin impuls cu răcirea ulterioară a lui [2], cât și la bombardarea stratului cu particule feromagnetice în SMF. La încălzirea prin impuls, care este un proces foarte intens și nestăionar are loc dilatarea bruscă a materialului din cauza gradientilor mari de temperatură. Creșterea volumului materialului încălzit este împiedicată de straturile reci de material, care înconjoară zona încălzită. Astfel apar tensiunile de comprimare temporare. Valoarea maximă a acestor tensiuni se află la o anumită adâncime de la suprafață. Mai spre suprafață tensiunile se relaxează ca rezultat al scurgerii plastice, iar în zona metalului topit de pe suprafață lipsesc. Creșterea tensiunilor de comprimare temporare are loc până ce materialul expus încălzirii devine plastic. La dispariția descărcării electrice și deci a comunicării de căldură, straturile superficiale de metal încep a se răci intensiv, iar temperatura straturilor inferioare continuă să

crească pe contul căldurii transferate prin conducție de la straturile superioare. La o răcire intensivă are loc micșorarea bruscă a volumului încălzit de metal. Aceasta conduce la dezvoltarea tensiunilor de întindere temporare, care după răcirea completă se transformă în tensiuni remanente de întindere. Deoarece gradientii vitezelor de încălzire și răcire depind de puterea sursei de căldură, durata descărcării electrice, cât și de proprietățile termofizice a materialului stratului durificat și dimensiunile piesei, valorile finale a tensiunilor remanente de întindere depind de regimurile procesului de durificare cu descărcări electrice și pulbere în SMF (fig.2, curba 1).

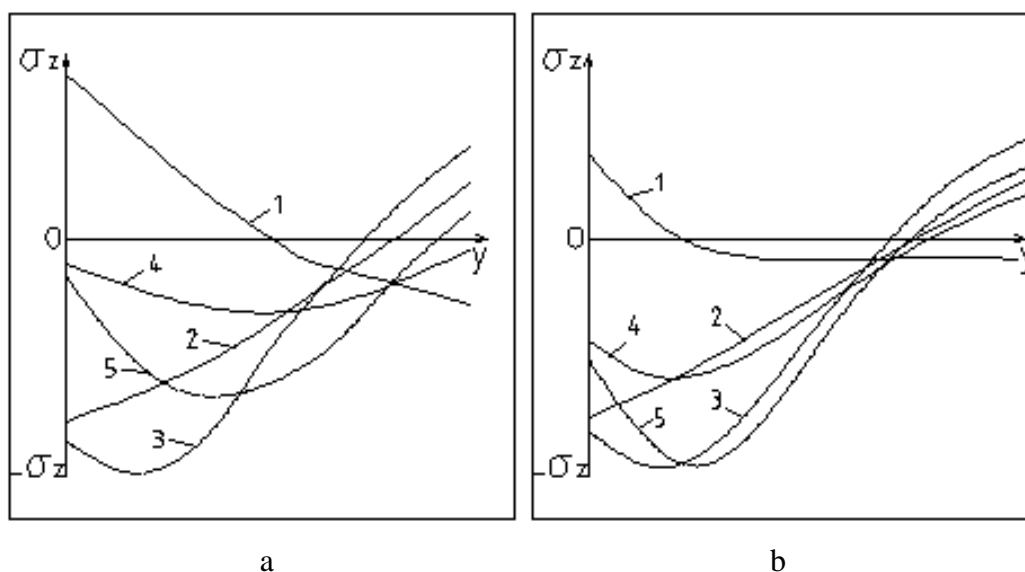


Figura 2. Schema formării tensiunilor remanente la durificarea cu descărcări electrice și pulbere în SMF pentru diverse valori ale tensiunii electrice inițiale la electrozi (a și b):

1 – tensiunile remanente ce apar ca rezultat al încălzirii și răcirii materialului la descărcări electrice cu puteri diverse; 2, 3 – tensiunile remanente ce apar la deformația plastică superficială ca rezultat al ciocnirii cu particulele SMF cu valoarea maximă a tensiunilor la suprafață (2) și respectiv deplasată în adâncul stratului (3); 4,5 – tensiunile remanente de comprimare rezultante.

Probabil, că odată cu sporirea duratei de prelucrare (când temperatura zonelor de material din vecinătatea celor superficiale este relativ mică), acțiunea termică se resimte neînsemnat asupra aspectului general al deformației plastice. La bombardarea învelișului creat cu particulele SMF are loc deformația plastică superficială a lui. Ca rezultat sporește numărul de obstacole la alunecare și densitatea dislocațiilor până la valorile lor critice. Aceasta se întâmplă din cauza frânării mișcării structurilor de dislocații ca rezultat al interacțiunii dislocațiilor

între ele și cu atomii impurităților, creșterii gradului de dezorientare a fragmentelor și blocurilor de material, încovoierea suprafețelor de alunecare și altor bariere. La deformarea plastică se mărește considerabil volumul specific al materialului ca rezultat al sporirii densității dislocațiilor. Straturile inferioare de material împiedică acest proces și astfel în straturile exterioare se formează tensiuni de deformare de comprimare, iar în cele inferioare – tensiuni de întindere de echilibru. La ciocnirea particulelor SMF cu suprafața învelișului are loc comprimarea locală a materialului și zona tensiunilor tangențiale maxime se va situa la o anumită adâncime de la suprafață. Dacă în zona din vecinătatea suprafeței deformarea plastică decurge mai slab, atunci valoarea maximă a tensiunilor remanente de comprimare poate fi deplasată în adâncul stratului. Schema deformăției plastice prezentate este justă în cazul când deformarea are loc în direcția normală a acțiunii forței de comprimare [3]. La o distanță de la punctul de acțiune a acestei forțe aspectul repartiției deformățiilor plastice se va schimba. Când vectorul forței este îndreptat sub un unghi față de direcția normală la suprafață (lovitură oblică a particulei feromagnetice cu posibilitatea alunecării ei pe suprafață) zona deformăției plastice va cuprinde straturile exterioare. De aceea, în dependență de regimul procesului de durificare cât și de proprietățile fizice și mecanice a materialului pulberii și a piesei tensiunile de deformare de comprimare se pot forma având valoarea maximă atât la suprafață, cât și deplasată în adâncul stratului durificat. Existența gradientului de temperatură în secțiunea transversală a piesei de la încălzirea în urma descărcărilor electrice multiple, cât și a căldurii degajate în rezultatul deformăției plastice superficiale conduc la apariția tensiunilor termice temporare. Deoarece straturile inferioare de material ce sunt mai puțin încălzite se opun dilatării straturilor superioare, în ele apar tensiuni temporare de comprimare. Ultimele se însumează cu tensiunile ce apar în urma deformăției plastice. Dacă tensiunile termice ating valoarea limitei de fluiditate a materialului pentru temperatura curentă de încălzire, atunci după răcire în stratul exterior apar tensiuni remanente de întindere, care însumându-se cu tensiunile de comprimare de la deformare dau epura rezultantă a tensiunilor remanente. În cazul când apar tensiuni de deformare cu valoarea maximă la suprafață, atunci în dependență de valoarea și gradientul tensiunilor obținute în urma deformățiilor plastice și celor termice, cea mai mare valoare a tensiunilor remanente rezultante numai de la deformarea plastică poate fi situată sau în stratul superficial exterior sau deplasată în adâncul lui (fig.2, curbele 2 și 3). Aceasta se întâlnește și la alte metode de durificare prin deformarea plastică superficială [4]. Dacă tensiunile ce apar în urma deformățiilor plastice au valoarea maximă situată în adâncul stratului durificat, atunci tensiunile termice vor micșora valoarea lor. Totuși, necătând la aceasta, maximul acestor tensiuni rămâne situat la o anumită adâncime de la suprafață. Totodată, tensiunile ce apar ca rezultat al ciocnirii particulelor SMF cu suprafața se vor micșora cu atât mai mult, cu cât mai mare va fi diferența dintre temperaturile straturilor superioare și a celor inferioare. Această

diferența de temperatură depinde de conductivitatea termică a materialului durificat [5]. La mărirea duratei de prelucrare în SMF crește gradul de ecruisare și temperatura straturilor, de aceea într-o oarecare măsură pot decurge și procese de revenire dinamică. Ca rezultat sporește rolul alunecării transversale a dislocațiilor și a anihilării lor, fapt ce micșorează densitatea dislocațiilor și reduce corespunzător tensiunile de comprimare în urma deformațiilor, mai ales în zona superficială.

Dacă pe lângă procesele menționate, în material se mai produc și transformări de fază, care conduc la variația volumelor specifice de metal, atunci acest factor poate provoca apariția tensiunilor remanente cu valori și semn diferit. Sporirea volumului rețelei cristaline la transformările de fază neuniforme conduce la apariția tensiunilor remanente de comprimare. Deoarece în procesul de aliere cu scânteii electrice a pieselor din oțel cu electrozi compacți din nichel și crom factorul termic prevalează în procesul de formare a tensiunilor remanente de întindere [6], atunci, probabil că aportul transformărilor de fază la formarea tensiunilor remanente de comprimare în procesul de durificare cu descărcări electrice în SFM în cazul utilizării pulberii ПГ-10H-01 și crom este neânsemnat.

Influența comună a factorilor menționați mai sus, care acționează în sensuri opuse, conduce la aceea, că tensiunile remanente de comprimare remanente (curbele 4 și 5 din fig.2) depind de regimul tehnologic al durificării cu descărcări electrice în SMF și rolul principal în formarea lor îi revine deformării plastice superficiale a învelișului creat la ciocnirea cu particulele SMF.

3. Concluzii

S-au prezentat sugestiile privind mecanismul de formare a tensiunilor remanente de comprimare la durificarea pieselor cu descărcări electrice și pulbere în SFM. Mecanismul expus trebuie privit ca o schemă aproximativă de interacțiune a proceselor termice și de deformare plastică superficială în procesul de durificare cu descărcări electrice și pulbere în SFM. La o astfel de durificare fiecare zonă a stratului superficial este expusă concomitent la o acțiune termică multiplă și la o deformare termică și plastică, care conduce de fiecare dată la creșterea temperaturii și la variația gradului de durificare. Ca rezultat valoarea și gradientul tensiunilor termice și de deformare ce apar la începutul deformărilor termoplastice în învelișul creat se schimbă. Dependența lor de parametri tehnologici ai procesului cercetat este descrisă de modelele matematice prezentate în lucrarea precedentă [1]. Dirijarea cu nivelul tensiunilor remanente de comprimare prin alegerea parametrilor tehnologici optimi ai procesului de durificare face posibil sporirea considerabilă a caracteristicilor de duritate a suprafețelor pieselor metalice.

Bibliografie:

1. Gonciaruc V. Cercetarea tensiunilor remanente în piesele durificate prin descărcări electrice în stratul magnetofluidizat. Conf.șt.int. Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului. Chișinău, 15-16 noembrie 2012, Vol.II, pag.148-154.
2. Morganiuc V., Cobasco N., Alexanean V. Rasceot teplovogo i napreajenno-deformorovannogo sostoeania stalinâh izdelii pri poverhnostnoi obrabotche sosredocenâm istocinicom ânerghii. Conf.șt.int. Metode electrice de prelucrare, M.,1986, pag.149-152.
3. Cobrin N. Âpiurâ ostaticinâh napreajenii pri contactnoi i contactno-sdvigovoi shemah poverhnostnogo plasticescogo deformorovania//Vestnic mașinostroenia, 1963, №1, pag.56-60.
4. Papșev D. Otdelocino-uprocineaiușceaea obrabotca poverhnostnâm plasticeschim deformirovaniiem.- M., 1978.
5. Pavlov V. Vlieanie teplofiziceschih haracteristic materiala na raspredelenie ostaticinâh napreajenii u poverhnosti detali//Vestnic mașinostroenia, 1985, №5, pag.23-24.
6. Ignaticov D., Parcanshii N., Ghitlevici A. Ostaticinâe napreajenia v pocrâtieah, polucennâh âlectroiscrovâm naneseniiem poroșcovâh materialov, i ustalostnaea procinosti leghirovannâh detalei//Âlectronnaea obrabotca materialov, 1980, №4, pag.32-36.