

Nitridiranje jekla HS6-5-2 v induktivno sklopljeni plazmi

Marek Binienda¹ – Robert Pietrasik^{2,*} – Sylwester Pawęta² – Krzysztof Matczak¹ – Witold Krotewicz¹

¹ Tehnološka skupina Zemat, Poljska

² Tehniška univerza v Lodžu, Inštitut za materiale in inženiring, Poljska

V članku je predstavljena raziskava o možnostih površinskega utrjevanja jekla HS6-5-2 z nitridiranjem v induktivno sklopljeni plazmi (ICP). Zaradi nenehnega tehnološkega razvoja obstaja potreba po optimizaciji funkcionalnih lastnosti materialov, ki se uporabljajo pri proizvodnji orodij in strojnih delov. Problema se je po eni strani mogoče lotiti s proizvodnjo orodnih materialov z boljšimi lastnostmi, ki zahtevajo uporabo dragih zlitinskih dodatkov v večstopenjskih tehnoloških procesih. Po drugi strani pa potekajo tudi raziskave na področju modifikacije površinskih slojev za doseganje novih, primernejših funkcionalnih lastnosti pri orodjih, ki so takoj pripravljena za uporabo. Kljub znatnemu napredku na področju inženiringa površin pa še vedno povzročajo težave metode za izboljševanje trajnosti in zanesljivosti orodij ter konstrukcijskih elementov, zlasti tistih z majhnimi dimenzijami. Ena najbolj razširjenih tehnologij, zlasti za dele majhnih dimenzij, je nitridiranje. Nitridiranje po klasični termokemični metodi povzroči formiranje krhkih slojev ϵ (Fe_{2-3}N) in γ' (Fe_4N). Procesi v nadzorovani plinski atmosferi sicer omogočajo obvladovanje fazne sestave slojev, so pa razmeroma zamudni, tudi pri pripravi tankih slojev.

Uporaba induktivno sklopljene plazme, ustvarjene v močnem magnetnem polju s Foucaultovimi tokovi, odpravlja pospeševalno električno polje. Magnetno polje tuljave ustvarja vrtilne tokove v plinu in v obdelovancu, ti pa hkrati izpolnjujejo dve nalogi: uporovno segrevanje plina (dušika) do razelektritve in nastanka obroča plazme ter segrevanje obdelovanca do globine penetracije. Vrednost je odvisna od upornosti ioniziranega plina in obdelovanca ter od frekvence. Večkratna ionizacija delcev v nizkotemperaturni neizotermni plazmi zagotavlja učinkovit vir medija za nitridiranje in je primerna za difuzno nasičenje kovin. Uporaba inducirane plazme za nitridiranje jekel je praktično neznan, saj je objavljenih le nekaj raziskav na laboratorijski ravni.

Za preizkuse v okviru pričujoče raziskave je bilo izbrano jeklo HS6-5-2. Nitridiranje preizkušancev je bilo opravljeno v reaktorju s kvarčno cevjo v induktivno sklopljeni plazmi pri frekvenci 27,12 MHz. Delovni procesni tlak v dušikovi atmosferi s čistotjo 99,9999 % je znašal 100 Pa. Plazemski reaktor je poganjal generator z naslednjimi stopnjami moči: 500 W, 1 kW, 1,5 kW in 2 kW. Preizkušanci na delovnih mizicah iz kvarčnega stekla so bili nitridirani pri konstantnem tlaku in nastavljeni moči generatorja 15, 30 oz. 45 minut.

Mikrostruktura preizkušancev v prerezu je bila preiskana pod optičnim mikroskopom Nikon MA200 (Nikon Instech Co., Ltd., Tokio, Japonska). Mikrostruktura in kemična sestava površinskih slojev sta bili preiskani tudi pod vrstičnim elektronskim mikroskopom (SEM) JEOL JSM-6610 LV (JEOL Ltd., Tokio, Japonska), opremljenim z energijsko disperzijskim spektroskopom (EDS) X-MAX 80 Oxford Instruments (Oxford Instruments Group, Abingdon, Združeno kraljestvo). Rentgenska difrakcija (XRD) je bila opravljena z napravo PANalytical Empyrean (Malvern Panalytical Ltd, Malvern, Združeno kraljestvo). Porazdelitev trdote v nitridiranih slojih je bila izmerjena z merilnikom mikrotrdote po Vickersu NEXUS 4305 (INNOVATEST Ltd., Maastricht, Nizozemska). Površinska trdota preizkušanca, pripravljene za metalografske preiskave, je bila izmerjena na oddaljenosti 10 μm od roba preizkušanca in nato v korakih velikosti 5 μm proti notranjosti z obremenitvijo 0,98 N.

Na podlagi porazdelitve trdote po obdelavi z močjo 1 kW, 1,5 kW in 2 kW je bila določena učinkovita debelina posameznih slojev po standardu DIN 50190-3 (merilo je trdota 50 HV nad trdoto jedra).

Induktivno sklopljena plazma omogoča izdelavo nitridiranih slojev s primerno strukturo. Ta ugotovitev je pomembna s tehnološkega in ekonomskega vidika, saj postopek zagotavlja signifikantno skrajšanje časa obdelave ter popoln nadzor nad strukturo slojev, torej tudi nad območji brez nitridov. Možnost industrijskega nitridiranja v induktivno sklopljeni plazmi je zelo pomembna tudi z ekološkega stališča – v procesu je namreč namesto strupenega amoniaka uporabljen inertni plin dušik. Pri novi tehnologiji tudi ni emisij, ki bi zahtevale uporabo plinov za naknadno obdelavo. Dosežena je bila največja trdota pribl. 1100 HV, kar predstavlja 350-odstotno povečanje trdote v primerjavi z neobdelanim materialom. Čas obdelave za ustvarjanje slojev debeline 100 μm s funkcionalnimi lastnostmi je zelo kratek, komaj 45 minut.

Ključne besede: plazma, nitridiranje, površinski sloj, trdota