

<https://doi.org/10.24867/JPE-1986-03-061>

ORIGINALNI NAUČNI RAD

D.Kakaš\*, D.Lupuljev\*\*

ISTRAŽIVANJE UTICAJA PARAMETARA PROCESA JONSKOG NITRIRANJA  
NA BRZOREZKOM ČELIKU

Rezime

*U radu je analizirana problematika jonskog nitriranja na brzoreznom čeliku Č.7680. Izvršen je izbor osnovnih uticajnih parametara procesa, a zatim su oni varirani u odredjenim granicama u skladu sa metodom planiranog inženjerskog eksperimenta. Dobijeni rezultati su obradjeni kompjuterski i izvedeni su zaključci o mogućnosti uticaja na rezultate jonskog nitriranja putem promene odredjenih parametara.*

THE RESEARCH OF NITRIDING PROCESS PARAMETERS INFLUENCE  
APPLIED ON A HIGH SPEED STEEL

Summary

*In this paper it was analysed the ion nitriding technology applied on high speed steel Č.7680. The most significant parameters of process were varied in the determined region according to methodology of experimental design. The results have been analysed by computer. Conclusions about possibilities how to influence on ion nitriding results by changing the parameters of process have been given.*

1. U V O D

Jonsko nitriranje je postupak termohemijske obrade sa kojim se bitno može uticati na izmenu sastava površinskog sloja brzoreznog čelika a samim tim i na eksploatacione karakteristike alata izradjenih od brzoreznih čelika [1,2,3]. Pri tome je neophodno da se zadrže sve dobre osobine brzoreznog čelika, a da se samo u površinskom sloju poboljšaju:

- otpornost na habanje
- tvrdoća na povišenim temperaturama
- frikzione osobine
- otpornost na kontaktnu plastičnu deformaciju radnog dela alata.

Sve ovo je moguće postići jonskim nitriranjem [4,5] ali

\*Kakaš dr Damir, dipl.ing., docent, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, Vladimira Perića-Valtera 2, 21000 Novi Sad, V.Perića-Valtera 2.

\*\*Lupuljev Dragiša, dipl.ing., asistent, Livnica željeza i tempera, 23300 Kikinda

je isto tako poznato da se pri tome moraju dobiti optimalne debljine, sastavi i tvrdoće površinskih slojeva na brzoreznom čeliku, za svaki konkretan uslov primene alata. Postoje različite preporuke vezano za izbor parametara procesa jonskog nitriranja ali se svi autori slažu da se kod brzoreznih čelika optimalne osobine alata postižu samo u slučaju da se na površini dobije nitrirani sloj, sačinjen samo od difuzionog sloja, dok se sloj jedinjenja ne sme pojaviti.

Da bi se dobio samo difuzioni sloj na površini brzoreznog čelika, potrebno je u toku procesa jonskog nitriranja održavati određeni odnos između osnovnih parametara procesa i to su:

- temperatura procesa
- trajanje procesa
- sastav atmosfere gasnog pražnjenja.

Cilj ovog rada je da se utvrdi uticaj variranja ovih parametara na rezultate procesa jonskog nitriranja kod brzoreznog čelika č.7680.

## 2.0. POSTAVKA EKSPERIMENTA

Uzorci za ispitivanje su izradjeni od čelika č.7680 koji je termički obradjen u vakuumu:

- kaljenjem sa 1200<sup>0</sup>C
- dvostruko otpuštanje (po 120 minuta) na 560<sup>0</sup>C.

Nakon otpuštanja uzorci su imali tvrdoću 62,5±0,5 HRC, dok se hrapavost površine kretala u granicama Ra=0,2-0,3 μm. Dimenzije uzorka su Ø10x20 mm.

Jonsko nitriranje je izvršeno u uređaju MONO 5, na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Uredjaj za jonsko nitriranje je snabdeven opremom za aztomatsku kontrolu temperature, trajanja procesa, sastava gasne smeše u komori, pritiska atmosfere u komori i protoka gasa.

Sam proces jonskog nitriranja je izveden po sledećem postupku:

- Uzorci za nitriranje su odmašćeni, osušeni i zatim ravnomerno rasporedjeni na katodi
- U jedan uzorak je postavljen termopar u prethodno izbušenu rupu Ø2,2 mm.

- Izvršena je evakuacija vazduha iz radnog prostora peći do vakuuma 0,05 mbar zatim ispiranje 3-5 minuta i ponovna evakuacija do 0,05 mbar.
- Podešen je sastav gasne smeše u skladu sa prethodno izradjenim planom eksperimenta, a zatim je izvršeno "čišćenje" uzoraka.
- Nakon "čišćenja" izvršeno je zagrevanje uzoraka na radnu temperaturu u trajanju oko 90 minuta.
- Nakon dostizanja radne temperature vršeno je jonsko nitriranje u skladu sa planom eksperimenta.
- Hladjenje uzoraka je vršeno u radnoj komori pri čemu je bio vakuum od 0,4 mbar u toku celog hladjenja.

Za jonsko nitriranje je napravljen plan eksperimenta u obliku polureplike [6] gde su kao promenljivi faktori usvojeni: temperatura jonskog nitriranja (T), trajanje procesa jonskog nitriranja (t) i sastav atmosfere (S). Ovi parametri su varirani u granicama

- temperatura (T) - od 480<sup>0</sup>C do 540<sup>0</sup>C
- trajanje procesa (t) - od 15 min. do 60 min.
- sastav atmosfere (S), odnosno sadržaj azota u mešavini H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> - od 6% do 15%.

Ove granice su izabrane na osnovu prethodno stečenog iskustva ali i na bazi literaturnih podataka [7,8] a u cilju postizanja čisto difuzionog sloja, bez prisustva sloja jedinjenja, na površini uzorka.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Na uzorcima koji su nitrirani u šest različitih šarži, u skladu sa planom eksperimenta za prvu polurepliku trofaktornog eksperimenta, izvršena su merenja dubine nitriranog sloja (DN). Dobijeni rezultati su dati u tabeli T-1.

Tabela T-1.

Br.uzorka	Randomizacija	Parametri procesa			DN, μm	
		T, <sup>0</sup> C	T,min	S,%N <sub>2</sub>	Izmereno	Izračunato
1	5	1	-1	-1	36	36,99
2	1	-1	1	-1	42	43,16
3	4	-1	-1	1	19	19,52
4	6	1	1	1	58	59,60
5	3	0	0	0	38	36,92
6	2	0	0	0	40	36,92

Rezultati disperzione analize, kao i vrednosti disperzi-  
onih odnosa prikazani su u tabeli T-2.

Tabela T-2.

Izvor varijacije	Stepen slobode	Sume kvadrata	Disperzija	Disperzioni odnosi		Primedba
				rač.vredn.	tab.vr.	
$b_0$	1	$7,8 \cdot 10^1$	$7,8 \cdot 10^1$	$5,9 \cdot 10^4$	161	signifik.
$b_1$	1	$2,3 \cdot 10^{-1}$	$2,3 \cdot 10^{-1}$	$1,7 \cdot 10^2$	161	signifik.
$b_2$	1	$4,0 \cdot 10^{-1}$	$4,0 \cdot 10^{-1}$	$3,1 \cdot 10^2$	161	signifik.
$b_3$	1	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^1$	161	hesignifik.
Rezidualna suma	2	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$5,1 \cdot 10^{-3}$	-	-	
Greška eksperim.	1	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	-	-	
Adekvatn. modela	1	$8,9 \cdot 10^{-3}$	$9,9 \cdot 10^{-3}$	6,77	161	Adekvatan

Dobijeni matematički model ima oblik:

$$DN = 1,016 \cdot 10^{-10} \cdot T^{4,08} \cdot t^{0,458} \cdot S^{-0,17}$$

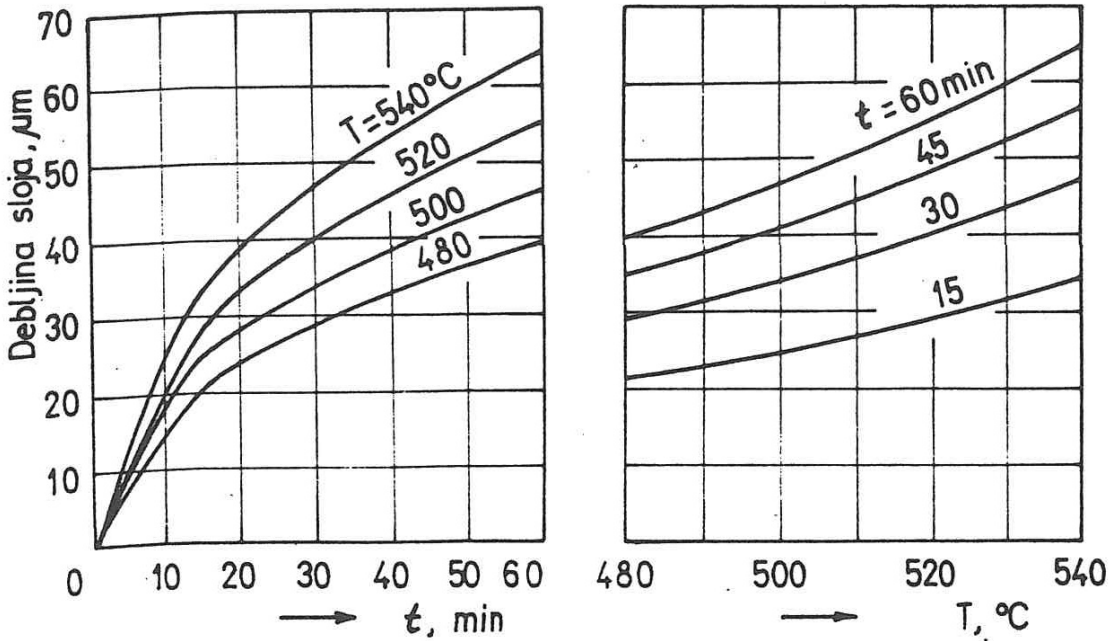
Disperziona analiza je pokazala da je pretpostavljeni ma-  
tematički model adekvatan i da su dva faktora signifikantna, dok  
treći nije (tabela T-2). To omogućuje da se prethodna relacija na-  
piše u nešto izmenjenom obliku:

$$DN = \frac{T^{4,08} \cdot t^{0,458}}{1,016 \cdot 10^{10}}$$

Grafički prikaz uticaja temperature i trajanja procesa  
jonskog nitriranja na č.7680 može se pretstaviti u dvodimenzio-  
nalnom (slika 1.) ili trodimenzionalnom koordinatnom sistemu  
(slika 2.).

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da po-  
rast temperature i trajanja procesa dovodi do porasta debljine  
nitriranog sloja, dok sastav gasne smeše praktično ne utiče na  
dubinu nitriranog sloja, ako se ovi parametri variraju u datim  
granicama.

Metalografskom analizom površinskog sloja uzorka nije us-  
tanovljeno ni kod jednog uzorka prisustvo sloja jedinjenja na  
površini.



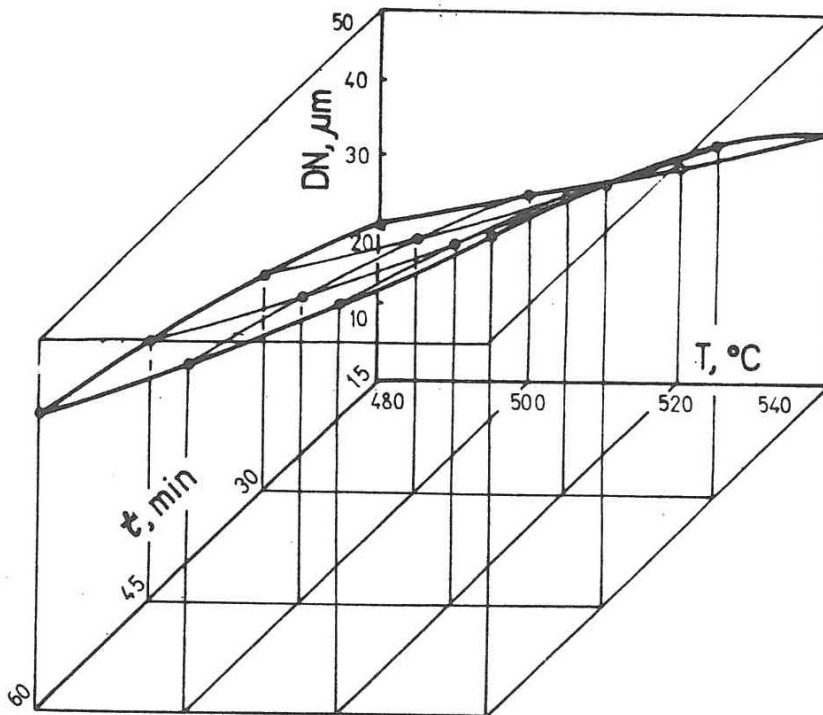
Sl.1. Uticaj temperature (T) i trajanja procesa (t) debljine nitriranog sloja (DN)

Da bi se potvrdio ovaj nalaz, izvršena je rentgenografska difrakciona analiza pomoću  $\text{CoK}\alpha$  zračenja. Utvrđeno je prisustvo samo difrakcionih maksimuma koji odgovaraju  $\alpha$ -Fe i karbidnim fazama brzoreznog čelika č.7680, dok maksimumi vezani za jedinjenje azota nisu zapaženi.

Na uzorcima su izmerene i tvrdoće pomoću Vickersove metode sa opterećenjem od 1 N. U tabeli T-3 je dat pregled maksimalnih izmerenih vrednosti tvrdoća u površinskom sloju kod svakog uzorka kao i vrednost minimalnih izmerenih tvrdoća (što odgovara tvrdoćama jezgra).

Tabela T-3.

Oznaka uzorka	Izmerena tvrdoća $\text{HV}_{0,1}$		DN ( $\mu\text{m}$ )
	Max.	Min.	
1	1465	960	58
2	1030	960	19
3	1065	950	42
4	1140	940	36
5	1160	940	38
6	1215	940	40



S1.2. Uticaj variranja temperature i trajanja procesa jonskog nitiranja na debljinu nitiranog sloja (DN) kod brzoreznog čelika č.7680.

#### 4. ZAKLJUČAK

Variranjem parametara procesa jonskog nitiranja u intervalima datim u prethodnom tekstu, može se znatno uticati na debljinu i tvrdoću površinskog (nitiranog) sloja.

Uticaj trajanja procesa je nešto veći od uticaja temperature, dok variranje sadržaja azota u  $N_2-H_2$  smeši u granicama od 6 do 15% praktično ne utiče na debljinu nitiranog sloja.

Dobijeni nitrirani sloj se sastojao samo od tankog difuzionog sloja, dok prisustvo sloja jedinjenja nije uočeno.

Uticaj parametara procesa na dubinu jonski nitiranog sloja kod č.7680 može se opisati sa dobijenim matematičkim modelom uz zadovoljavajuću podudarnost eksperimentalnih i izračunatih vrednosti za DN.

## LITERATURA

- [1] Kakaš D., Lupuljev D. i dr.: Influence of the ion nitriding parameters on cold forming tools quality, 5th International Congress on Heat Treatment of Materials, Budimpešta, 1986.
- [2] Lupuljev D., Kakaš D. i dr.: Istraživanje uticaja jonskog nitriranja na trajnost alata za rad na hladno, JUSTOM '86, Plitvice, 1986.
- [3] Kakaš D. i dr.: Istraživanje tehnologija površinske termičke obrade, Naučnoistraživačka tema radjena za SIZNR Vojvodine, Novi Sad, 1986.
- [4] Zlatanović M. i dr.: Osobine površinskog sloja dobijenog postupkom jonskog nitriranja na brzoreznom čeliku č.6980, JUSTOM '83, Novi Sad, 1983.
- [5] Avramović-Cingara G., Kakaš D., Zlatanović M.: Istraživanje uticaja jonskog nitriranja na kvalitet alata za glodanje mesinga, JUSTOM '86, Plitvice, 1986.
- [6] Pantelić I.: Uvod u teoriju inžinjerskog eksperimenta, R.Ćirpanov, Novi Sad, 1978.
- [7] Meyer G.: Jonitriranje - postupak sa velikom paletom primene, Simpozijum, Zagreb, 1979.
- [8] Geler Ju.A.: Instrumentaljnije stali, Metallurgija, Moskva, 1983.
- [9] Kakaš D.: Prilog istraživanju procesa jonskog nitriranja na brzoreznom čeliku, Savetovanje o termičkoj obradi metala, Bled, 1980.