

Kakaš D*, Zlatanović M.**

OTPORNOST NA HABANJE PLAZMA NITRIRANOG
BRZOREZNOG ČELIKA

WEAR RESISTANCE OF PLASMA NITRIDED
HIGH SPEED STEEL

Abstract

Samples made of high speed steels M2 and M35 were plasma nitrided at various process conditions and tested in "Pin-on-disc" machine. The wear intensity as well as the coefficient of friction have been measured. SEM micrographs taken at the surface of the samples and tools have shown that in the case of complex stresses the intensity of wear can be reduced by applying plasma nitriding process. It has been shown that the service life of tools is dependent on the depth and microhardness distribution of plasma nitrided layers.

Four groups of plasma nitriding process parameters were applied: type A (temperature 540°C, time 60 minutes, 15% of nitrogen in gas mixture), type B (480°C, 15 min and 6% of nitrogen) type C (509°C, 30 minutes and 9,5%N₂) and type D (with very intensive sputtering during ion bombardment). Metallographic analysis show that different hardness profile and depth of nitriding layer was gotten by different plasma nitriding technology.

Wear test show that very intensive sputtering process during ion bombardment heating bed influence on wear resistance of pin. Influence of pin type material also was found.

Industrial test on tool for cold backward ekstrusion shown that stress distribution in surface zone of punch, like microhardness of nitrid layer, dimension, shape and distribution could strongly influenced the durability of tools.

*Dr Kakaš Damir, vanr.prof. Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu

**Dr Zlatanović Miodrag, vanr.prof. Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu

Rad je objavljen na 2nd International Conference on Ion Nitriding/Carburizing, Cincinnati, USA, 18-20. Septembar 1989. god.

Rezime

U radu su dati rezultati analize fenomena habanja brzorenih čelika M2 (Č.7680) i M35 (Č.9680) dobijeni pri ispitivanju pomoću "Pin-on-disk" metode. Merenje intenziteta habanja je vršeno putem praćenja promene prečnika površine habanja na vrhu pina, koji je izradjen sa radijusom od 12 mm. SEM analiza je ukazala na značaj uticaja veličine i rasporeda primarnih karbida u zoni habanja, na rezultate "Pin-on-disk" testa. Takođe je ukazano da postoji značajan uticaj tvrdoće i sastava površinskog nitridanog sloja na efekte habanja i koeficijent trenja. Rezultati istraživanja fenomena habanja na "Pin-on-disk" mašini upotrebljeni su za objašnjenje efekata habanja u industrijskim uslovima, dobijenim na alatima za suprotnosmerno istiskivanje.

UVOD

Istraživanje uticaja plazma nitriranja na uzorcima od brzorenog čelika vršeno je sa namerom da se poveća trajnost u eksploataciji za alate koji rade na hladno.

Alati za istosmerno i suprotnosmerno istiskivanje koji su opterećeni na pritisne napone i do 3000 MPa uspešno se izradjuju od brzorenih čelika. Tehnologija plazma nitriranja daje dobre mogućnosti za povećanje trajnosti alata specijalno u slučajevima kada se tolerišu dosta male razlike u dimenzijama rupe kod radnog predmeta. U istraživanom slučaju dozvoljena tolerancija otvora je bila 30 μm , a to približno odgovara dubinama plazma nitriranog sloja koji se dobija pri nitriranju brzoreznog čelika /1,2,3/. Ovaj sloj treba da se sastoji samo od difuzione zone jer tada povećava trajnost alata, a istovremeno se izbegava pojava krtosti žiga /4,5/.

U želji da se izbegnu veoma skupi industrijski testovi, primenjen je "PIN-ON-DISK" test gde je habanje brzorenog čelika istraživano u laboratorijskim uslovima.

Analizirajući intenzitet habanja na alatima za suprotnosmerno istiskivanje, najkritičniji deo ovih alata je ivica koja spaja čeonu i bočnu površinu glave žiga, jer je u toj zoni najintenzivnije tečenje materijala radnog predmeta preko površine alata. Istovremeno u toj zoni dejstvuju veoma visoki pritisni naponi u toku rada alata. Uslovi visokog kontaktnog opterećenja i velika brzina "tečenja" habajućeg materijala po površini brzoreznog plazma nitriranog "Pin"-a lako se mogu ostvariti na laboratoriskom "Pin-on-disk" uređaju.

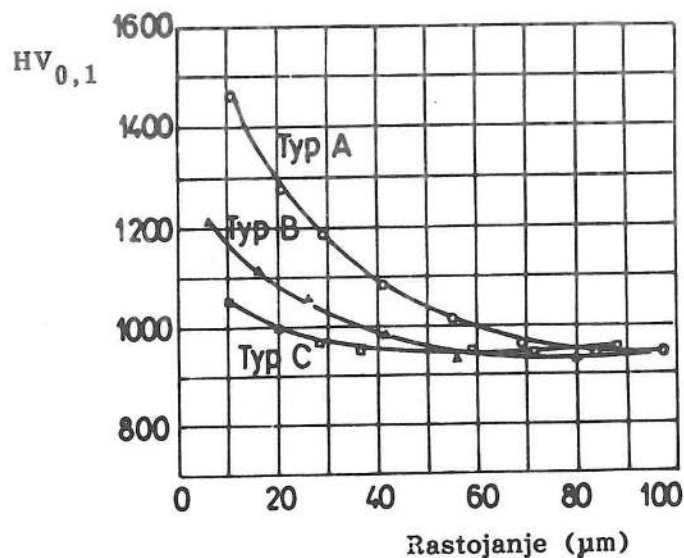
EKSPERIMENTALNI POSTUPAK

Uzorci za ispitivanje habanja (Pni-ovi) su bili izradjeni od dve različite vrste brzorenog čelika: M2 (Č.7680) - kao najčešće korišćenog brzorenog čelika i M35 (Č.9680) - kobaltnog brzorenog čelika preporučenog za alate sa najtežim radnim uslovima. U literaturi su dati podaci koji ukazuju na različitu otpornost prema habanju, usled različitih osobina ovih čelika /5/. Oba tipa čelika su kaljeni i otpušteni na tvrdoću od 62 HRc.

Plazma nitriranje je bilo izvršeno na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, u uređaju MONO 5 koji je opremljen sa kompletnom automatikom i elektronikom za upravljanje procesom. Na osnovu prethodnih iskustava /7/, izabrano je četiri različita tipa plazma nitriranja:

- Tip A - temperatura procesa 540°C, trajanje procesa nitriranja 60 minuta, sadržaj azota 15% u smeši N_2-H_2 .
- Tip B - temperatura procesa 480°C, trajanje procesa nitriranja 15 minuta, sadržaj azota 6% u smeši N_2-H_2 .
- Tip C - temperatura procesa 509°C, trajanje procesa nitriranja 30 minuta, sadržaj azota 9,5% u smeši za nitriranje.
- Tip D - veoma intenzivno "spaterovanje" u toku zagrevanja radnog predmeta (putem bombardovanja jonima), trajanje nitriranja 40 minuta i 10% azota u smeši N_2-H_2 .

Raspored mikrotvrdoće u difuzionoj zoni je prikazan na slici 1. Dubina



Sl.1. Raspored mikrotvrdoće nitriranog sloja nakon plazma nitriranja sa različitim parametrima procesa.

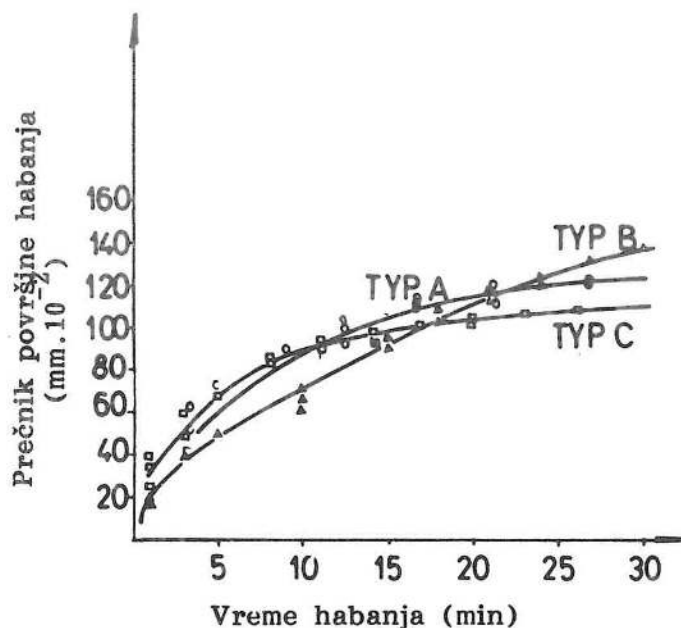
nitriranog sloja u brzoreznog čeliku M2 (Č.7680) je iznosila za plazma nitiranje - Tip A = 58 μm , za tip B = 19 μm i za Tip C = 39 μm . Rezultati Auger elektronske analize (pomoću uređaja PHILIPS model SAM 545 A) potvrdili su da postoji značajna razlika u sadržaju azota na površini uzorka, od 6 do 9% at. zavisno od tipa plazma nitiranja koje je primenjeno.

Kao kontratelo za ispitivanje habanja korišćen je disk izradjen od čelika za cementaciju Č.4320 koji je cementiran na dubinu 0,8 mm i otvrdnut na površini, tako da ima tvrdću od 60 HRC. Radi ujednačenosti hrapavosti, radne površine diskova su bile prebrušene nakon kaljenja i otpuštanja.

"Pin-on-disk" test je vršen uz korišćenje opterećenja na pin od 15 N, dok je brzina klizanja pin-a po disk-u bila 0,2 m/s. Otpornost na habanje je bila ispitivana u uslovima trenja bez podmazivanja. Merenje otpornosti na habanje je vršeno putem određivanja promene prečnika površine habanja na vrhu pina. Vrh pina je izradjen u obliku zaobljenja sa radijusom od 12 milimetara.

REZULTATI I DISKUSIJA

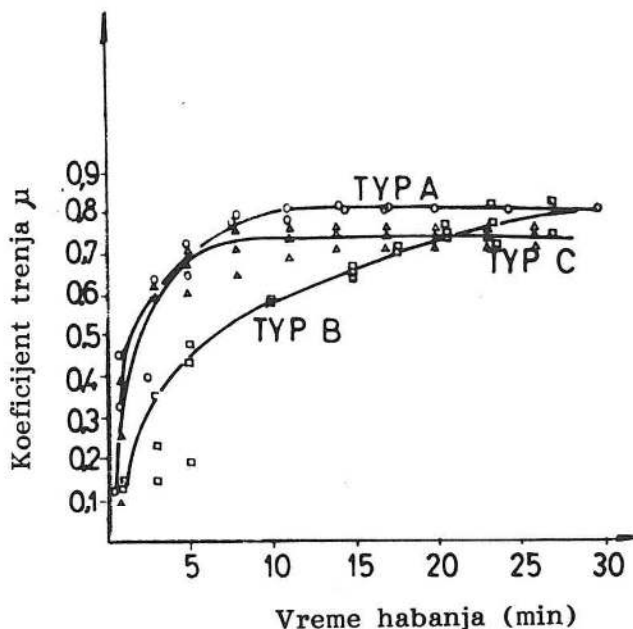
Rezultati ispitivanja habanja kod uzoraka od istog brzorenog čelika ukazuju da intenzitet habanja bitno zavisi od parametara procesa plazma nitiranja. Naprimer, na slici 2. je prikazana otpornost na habanje za tri različita tipa procesa plazma nitiranja, pri čemu je svaka kriva dobijena kao srednja vrednost iz tri merenja.



Sl.2. Otpornost na bahabanje kod čelika M2 plazma nitriranog pod različitim uslovima.

Takodje je utvrđen uticaj razlike u procesu plazma nitriranja na izmenu koeficijenta trenja u toku ispitivanja habanjem (slika 3.).

Poprečni presek uzduž ose pina, tačno po sredini zone habanja (slika 4) pokazuje da u toku ispitivanja habanjem nije istrošen nitrirani sloj, već da je habanje vršeno samo unutar površinskog ojačanog sloja. Razlike u debljini nitriranog sloja na slici 4. potiču samo od efekta habanja, koje je najintenzivnije na vrhu pina, tačno u osi.

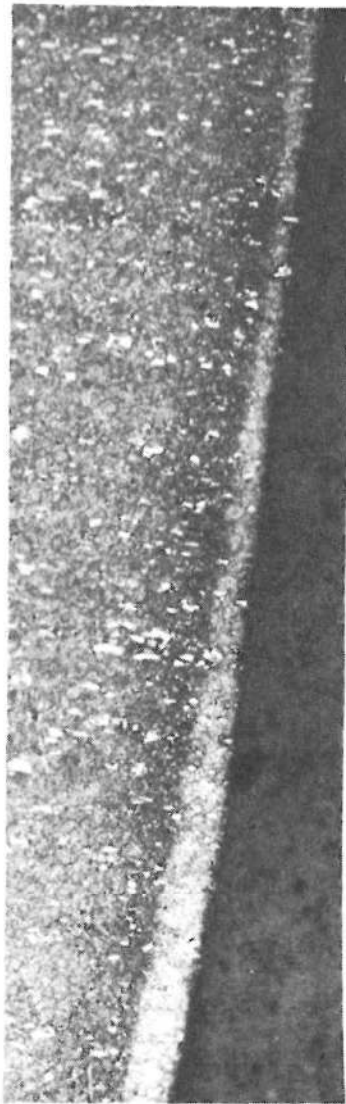


Sl.3. Koeficijent trenja za ispitivani par: plazma nitrirani pin - cementirani disk, za različite tipove plazma nitriranja čelika M2.

Na slikama 5. i 6. su prikazani rezultati "Pin-on-disk" testa za tri epruvete od čelika M2 (Č.7680) za slučaj da je plazma nitriranje vršeno po tehnologiji tipa D, odnosno uz veoma intenzivno otprašivanje u toku procesa bombardovanja jonima. Jasno se vidi da ovaj tip plazma nitriranja utiče na veliko rasipanje rezultata habanja.

Slični rezultati su dobijeni i pri ispitivanju habanja plazma nitriranog čelika M35 (Č.9680), odnosno uzorci plazma nitrirani po tehnologiji tipa A imaju primetno manji intenzitet habanja od uzoraka plazma nitriranih po tehnologiji tipa B (slika 7.).

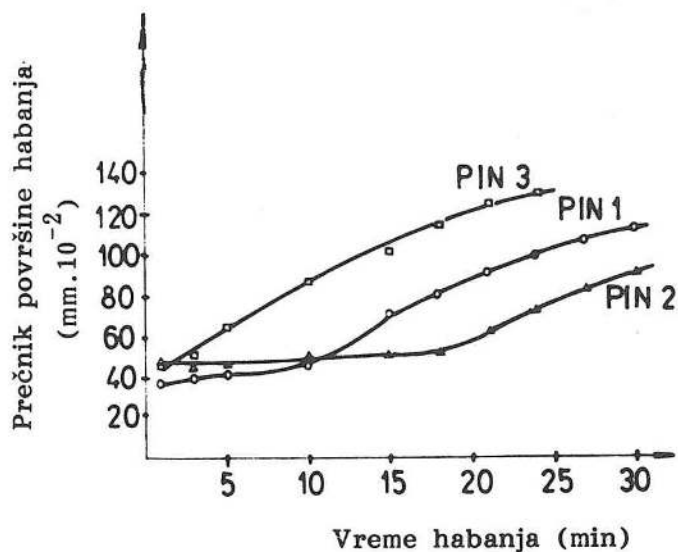
Uočene razlike u pogledu otpornosti na habanje, mogu se objasniti putem rezultata SEM analize izvršene na površini habanja kod pin-a. Pin plazma nitriran po tehnologiji tipa A ima najdeblji nitrirani sloj ali i najviši



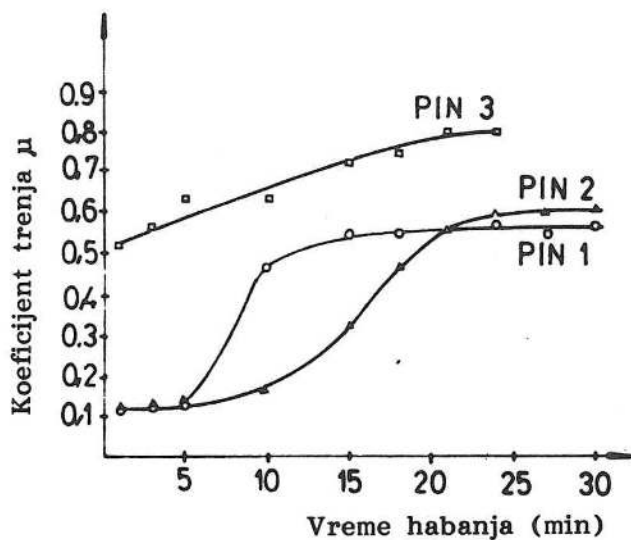
Sl.4. Poprečni presek po sredini zone habanja pin-a

tvrdocu same površine. Površina habanja je kod njega relativno ravna (slike 8. i 9.) sa određenim brojem rupa različite veličine i dubine (slika 10). Ove rupe su najverovatnije posledica izbacivanja primarnih karbida iz metalne osnove, do čega je došlo u toku procesa habanja. Izgled ispučenog primarnog karbida koji samo što nije izbačen iz metalne osnove, označen je strelicom na slici 11.

Ovi rezultati pokazuju da dimenzije i oblik karbida (posebno onih u tankom površinskom sloju) veoma utiču na fenomene habanja brzoreznog čelika. Značajan uticaj na habanje uzorka ima i tvrdoća nitrirane osnove pin-a, kao i čvrstoća veze između karbidnih čestica i metalne osnove.

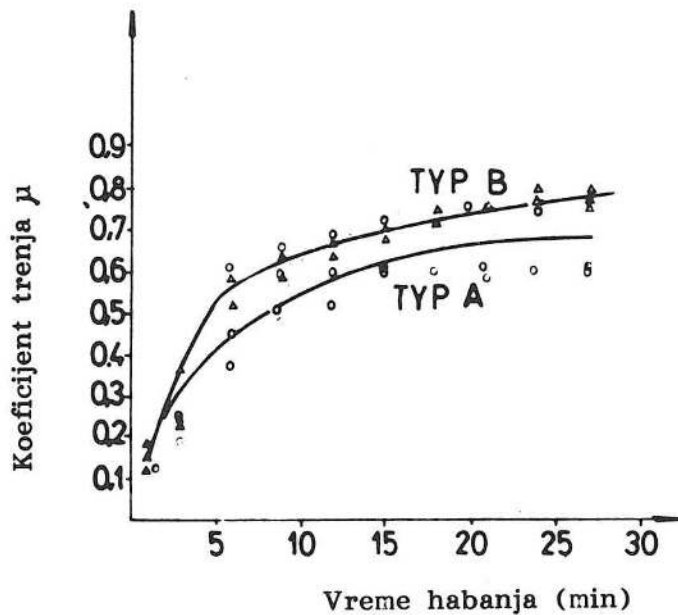
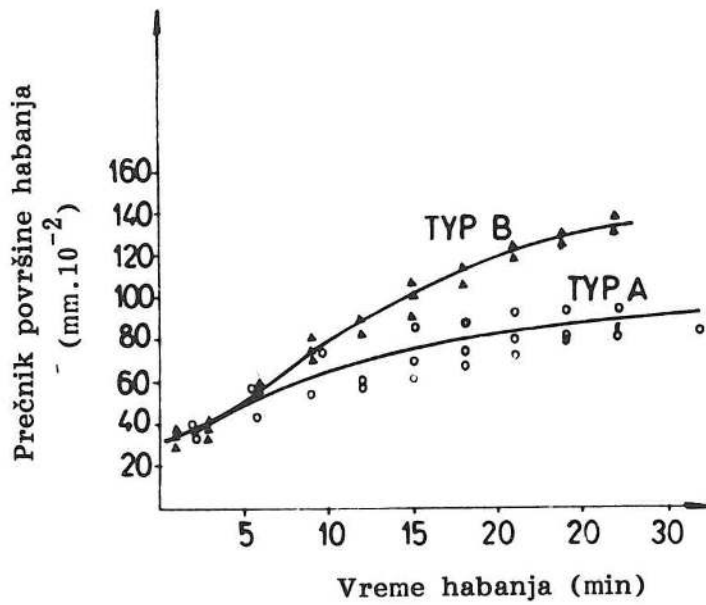


Sl.5. Otpornost na habanje merena na površini plazma nitriranog pin-a izradjenog od brzoreznog čelika M2 (proces tipa D).



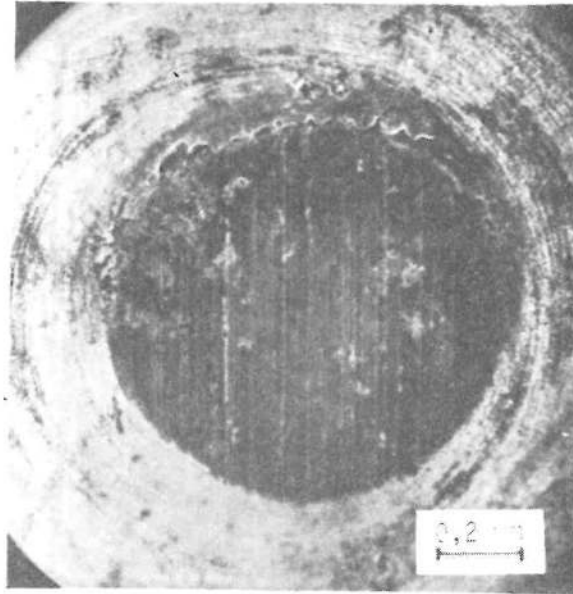
Sl.6. Koeffcijent trenja za ispitivani par: plazma nitrirani pin (proces tipa D) od čelika M2 - cementirani disk.

Deo našin istraživanja je bio usmeren na istraživanje uticaja različitih parametara plazma nitriranja na promenu kvaliteta karbidnih čestica u površinskom (nitriranom) sloju. Ispitivanja su vršena na čelcima M2 i M35 a rezultati su dati u radu /8/.

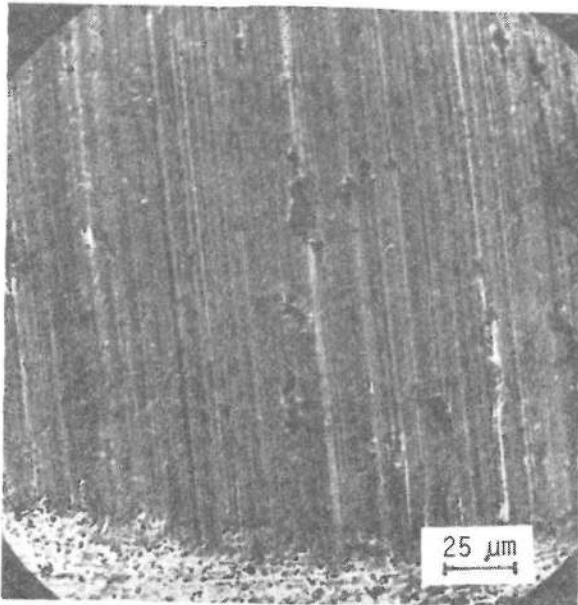


Sl.7. Otpornost na habanje i koeficijent trenja za čelik M35 (Č.9680) nakon plazma nitriranja po tehnologijama tipa A i tipa B.

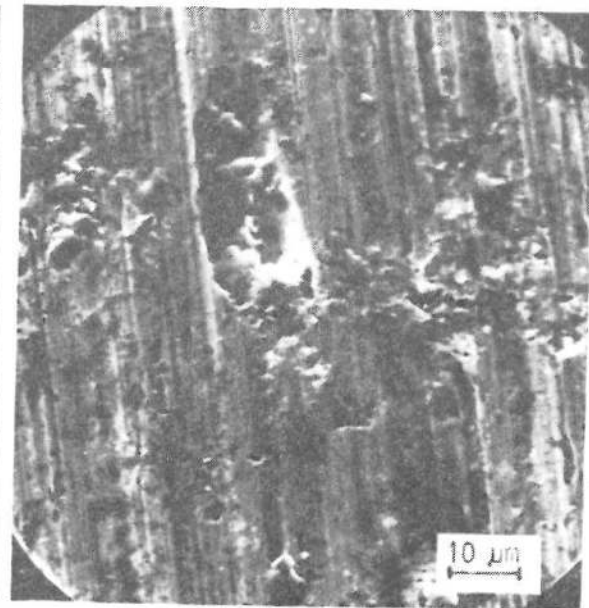
Pin nitriran po tehnologiji tipa B ima najmanju debljinu nitriranog sloja i najnižu mikrotvrdoću na površini. Uočljive su različite zone na površinu



Sl.8. Površina habanja na vrhu pina (materijal pina M35 - tehnologija nitiranja tip A)

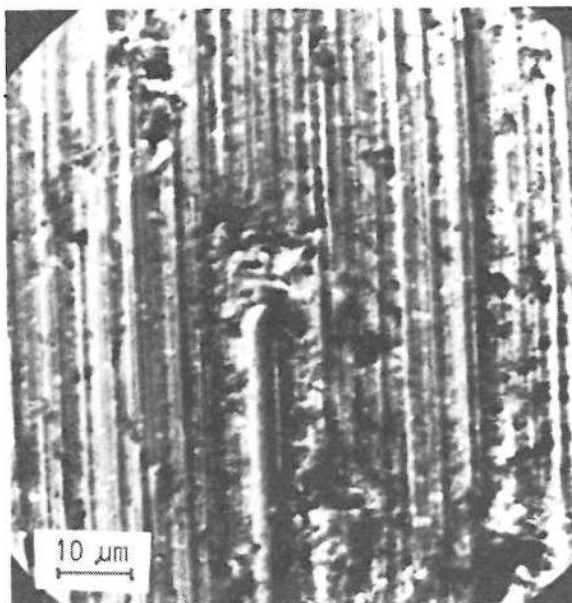


Sl.9. Relativno ravna površina habanja (M35 - tip A)



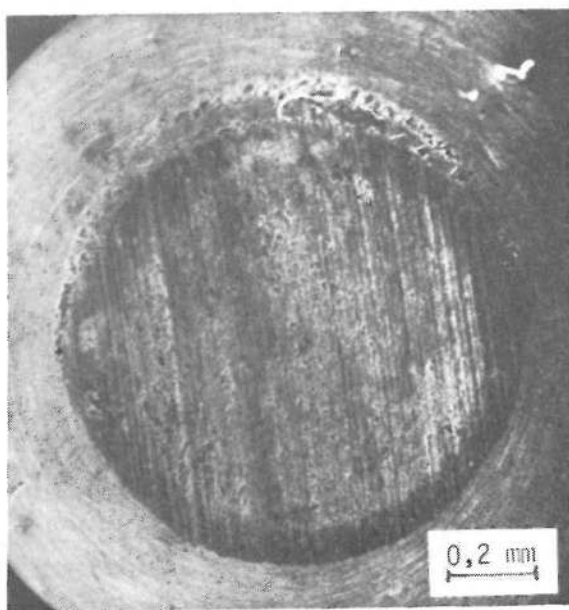
Sl.10. Rupe na habajućoj površini pina (M35 - tip A)

habanja nakon izvršenog "pin-on-disk" testa (slika 12.). Prva zona ima oblik prstena i relativno je ravna (zona I) dok se u sredini površine habanja (zona II) možemo uočiti da su prisutne veoma izražene neravnine.

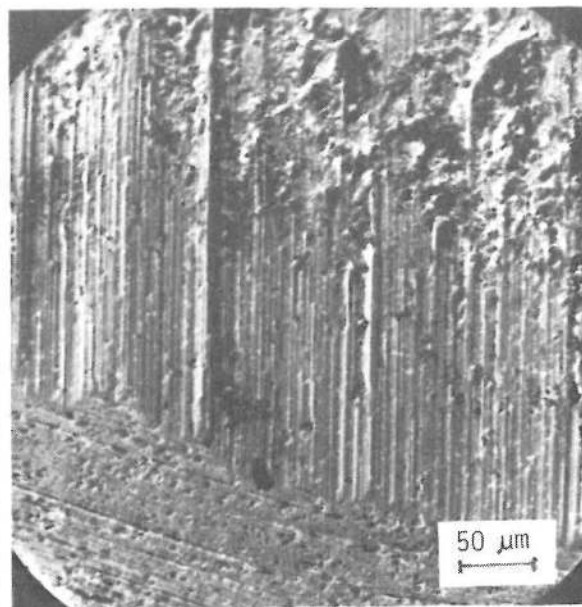


Sl.11. Mesto na površini habanja gde se vidi ispupčeni karbid (označen strelicom) koji samo što nije izbačen iz metalne osnove.

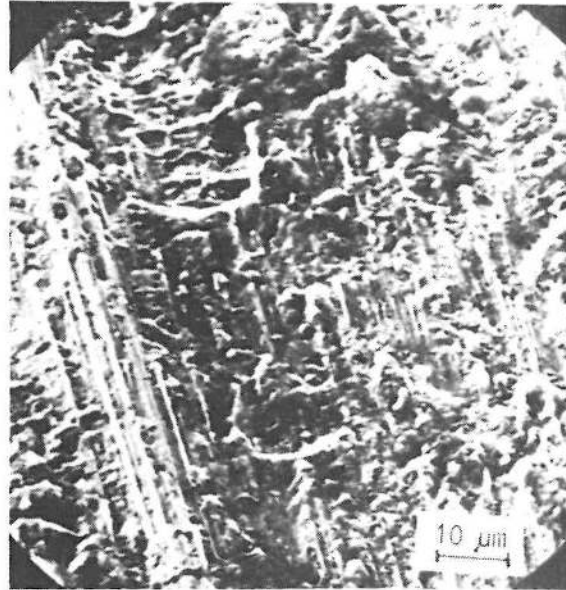
Izgled ovog dela površine je detaljnije prikazan na slici 14.



Sl.12. Površina habanja kod uzorka pina od čelika M35 nitriranog po tehnologiji tipa B.

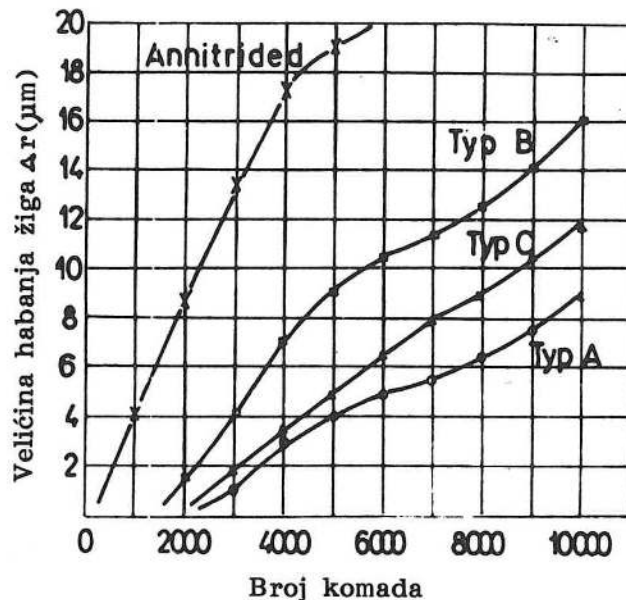


Sl.13. Površina habanja kod istog uzorka (sl.12.) sa jasno vidljivim zonama I i II.



Sl.14. Tipičan izgled Zone II kod istog uzorka (sl.12.)

Ovi rezultati se mogu iskoristiti u cilju objašnjenja rezultata industrijskog ispitivanja ponašanja alata za suprotnosmerno istiskivanje izradjenog od brzoreznog čelika. Kao kriterijum za ocenu otpornosti na habanje alata izabrano je smanjenje prečnika žiga alata (Δr dato u μm). Dobijeni rezultati su prikazani na slici 15. gde su upoređeni rezultati habanja nitriranog uzorka alata i uzoraka nitriranih po tehnologijama tipa A, B i C.



Sl.15. Otpornost na habanje žigova za suprotnosmerno istiskivanje (čelika M2) plazma nitriranih sa različitim tipom procesa (tip A, B i C)

ZAKLJUČAK

"Pin-on-disk" test pokazuje da su fenomeni habanja na površini kontakta: plazma nitrirani pin od brzoreznog čelika - cementirani disk; zavisni od veoma malih razlika u debljini i tvrdoći nitriranog sloja. Takođe je uočen uticaj vrste brzoreznog čelika na efekte habanja, prilikom ispitivanja u uslovima trenja bez podmazivanja.

Prisustvo zrna karbida na kontaktnoj površini habajućeg para značajno utiče na fenomene habanja kod ispitivanog tipa uzoraka, te se preporučuje da ovi karbidi budu što manjih dimenzija, bar u površinskom sloju pina. Ravnomerna distribucija karbidnih čestica je takođe poželjna.

U cilju povećanja trajnosti alata za rad na hladno, izradjenog od brzoreznog čelika, poželjno je postići takav raspored napona u površinskom sloju alata koji će obezbediti čvršću vezu između karbida i metalne osnove. Plazma nitriranje može da obezbedi ovakav tip rasporeda napona, odnosno adekvatne pritisne napone u nitriranom sloju, koji smanjuju intenzitet izbacivanja karbidnih čestica. Važno je pažljivo podesiti parametre plazma nitriranja da se izbegne nastanak krtosti površinskog sloja alata.

Na osnovu rezultata istraživanja zaključujemo da se prilikom izbora optimalne tehnologije plazma nitriranja mora voditi računa o eksploatacionim uslovima za svaki konkretan tip alata izradjenog od brzoreznog čelika.

LITERATURA

- /1/ Zlatanović M.: Osobine površinskog sloja dobijenog postupkom jonskog nitriranja na brzoreznom čeliku Č.6980, JUSTOM 83, Novi Sad, 1983.
- /2/ Bell T., Dearnley P.A.: Plasma surface engineering, First Int.Sem on Plasma Heat Treatment, Senlis, 1987.
- /3/ Lahtin Ju.M., Kogan Ja.D.: Azotirovanie stali, Mašinstroenie, Moskva, 1976.
- /4/ Kakaš D., Lupuljev D., Veselinović Č., Zlatanović M.: Influence of the ion nitriding parameters on cold forming tools quality, 5 Int.Con. on Heat Treatment, Budapest, 1986.
- /5/ Kakaš D., Lupuljev D., Zlatanović M.: Contribution to investigation of plasma nitriding on tools for cold working, First int.Sem. on Plasma Heat Treatment, Senlis, 1987.
- /6/ Hoyle G.: High Speed Steels, Butherwoth, 1988.
- /7/ Kakaš D., Zlatanović M., Rac A.: Istraživanje uticaja plazma tehnologije na rezultate habanja brzoreznog čelika, JUSTOM 89, Vrnjačka Banja, 1980.
- /8/ Jordović B., Kakaš D., Zlatanović M.: Prilog istraživanju izmene strukture površinskog sloja plazma nitriranog brzoreznog čelika, JUSTOM 89, Vrnjačka Banja, 1989.