

<https://doi.org/10.24867/JPE-1992-09-063>

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Kakaš D.*, Mažibrada Lj.*, Škorić B.*, Jugović V.**

UTICAJ OPTEREĆENJA I TRAJANJA HABANJA NA FENOMENE
HABANJA KOD BRZOREZNOG ČELIKA SA TIN PREVLAKOM

INFLUENCE OF LOAD AND DURATION ON WEAR PHENOMENA
AT HIGH SPEED STEEL WITH TIN SURFACE LAYER

Summary

In this paper the influence of high contact load on high speed steel wear phenomenology was investigated. The wear surface was investigated on samples with and without surface hard layer of TiN. Wear test was done on Amsler universal test machine with 100% of sliding and various load. After fixed period of sliding the wear surface was investigated by scanning electron microscope and optical dimensional measuring equipment.

The wear surface dimensions changing shows that the load has most significant influence during the wear of uncoated surface, although the influence of duration is also significant but with smaller intensivity. At the coated surface intensity of wear mostly depend of duration of wear, for the load applied in this experiment. Very significant influence also has the roughness, looking throught the way of preparing before surface deposition of TiN. The better wear results have samples with polishing surface, than samples only grinded before deposition of TiN.

Scanning electron microscopy shows that exist difference between the morphology of entrance zone of wear (looking in the way of sliding) and morphology of exciting zone.

*Dr. Kakaš Damir, vanr. prof.; Mažibrada Ljiljana, dipl.ing.; Škorić Branko dipl.ing. - Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu; ** Jugović Veselin dipl.ing. - "JUGOALAT" Novi Sad.

Rezime

U radu je analizirana problematika uticaja visokog kontaktnog opterećenja na fenomene habanja površine brzoreznog čelika pre i posle nanošenja tvrde prevlake na bazi TiN. Pre nanošenje TiN prevlake primenjena je različita priprema površine (brušenjem i poliranjem). Ispitivanje habanja je vršeno na univerzalnoj habalici tipa Amsler pri suvom trenju sa 100% klizanja uz variranje trajanja procesa habanja. U određenim vremenskim intervalima meren je intenzitet habanja putem promene dimenzija površine habanja. Na kraju ispitivanja primenjena je skening elektronska mikroskopija u cilju istraživanja morfologije površine habanja pri čemu je ustanovljeno da postoji suštinska razlika između ulazne i izlazne zone ove površine. Uočeni fenomen se može objasniti izuzetno visokom tvrdoćom tankog površinskog sloja TiN.

1. UVOD

Sve teži i složeniji eksploatacioni uslovi kod različitih metalnih delova koje nameće savremena industrijska praksa doveli su do potrebe za razvojem novih materijala sposobnih da zadovolje i najteže radne uslove. Međutim, optimalno rešenje u praksi često podrazumeva primenu kombinacije postojećeg materijala, koji se i dalje može koristiti kao metalna osnova sa određenim mehaničkim i drugim osobinama, sa određenom površinskom prevlakom koja modifikuje samo osobine tankog površinskog sloja /1/.

Zahvaljujući novim plazma tehnologijama na površini različitih materijala mogu se uspešno deponovati različite tvrde prevlake koje pre svega utiču na povećanje otpornosti prema habanju ali istovremeno utiču i na smanjenje koeficijenta trenja, zatim smanjuju opasnost od lokalnog "hladnog zavarivanja" sa materijalom obratka, što je posebno značajno kod alata za obradu rezanjem /2,3/. Dosadašnji rezultati ispitivanja su pokazali da se kod alata prevučениh TiN mogu višestruko povećati trajnost u eksploataciji /4/. Posebni problem predstavlja slučaj primene alatnih čelika za izradu alata izloženih visokim kontaktnim opterećenjima, kao što su npr. alati za obradu plastičnom deformacijom na hladno. Kod ovih alata najveći značaj za trajnost alata ima otpornost na habanje pri dejstvu visokih lokalnih opterećenja uz klizanje bez podmazivanja, kao što je to slučaj kod alata za suprotnosmerno istiskivanje /5/. Za ovu primenu kao izuzetno povoljan materijal pokazao se brzorezni čelik termički obradjen na tvrdoću oko 62 HRC /6/.

Za ispitivanje fenomena habanja mogu se koristiti različiti tipovi uređaja kao i različite metode za praćenje toka habanja, međutim, za slučajeve visokih kontaktnih opterećenja i gde se očekuje relativno mali intenzitet habanja usled prisustva tvrde površinske prevlake praćenje promene geometrije površine habanja je verovatno najpovoljnija metoda za ocenu otpornosti na habanje. U cilju ostvarenja visokog lokalnog opterećenja potrebno je definisati geometriju spregnutih epruveta, odn. kontaktne površine, kao i način ostvarenja pritiska, tako da se dobije nepromenjivi položaj habajućeg para u zoni njihovog kontakta. Na osnovu prethodnih iskustava zaključujemo da je za ovakav tip eksperimenta veoma povoljan uređaj - univerzalna habalica tipa Amsler.

Poseban značaj za kvalitet TiN prevlake ima metodologija nanošenja odn. tip opreme u kojoj se sprovodi plazma depozicija /7/. U dosadašnjoj industrijskoj praksi kao najpovoljnija tehnologija pokazala se PVD tehnologija kod koje se lučnim pražnjenjem obezbeđuje isparavanje mete i sa time velika brzina depozicije. Ova prevlaka istovremeno obezbeđuje dobru adhezivnost i optimalnu tvrdoću pri nanošenju na brzorezne čelike. Značajno iskustvo u deponovanju kvalitetnih TiN prevlaka ima Laboratorija za tvrde prevlake "JUGOALAT"-a iz Novog Sada tako da su u njihovoj opremi izvršene potrebne pripreme površina i deponovanja TiN sloja.

Za razumevanje fenomena habanja i definisanja uticaja prisustva tvrde površinske prevlake TiN poseban značaj pokazalo je istraživanje morfologije površine habanja pri čemu je korišćen skening elektronski mikroskop za istraživanje spoljnih površina ali i svetlosna mikroskopija za istraživanje prisustva promena u strukturi materijala po dubini ispod zone habanja.

2. POSTAVKA EKSPERIMENTA

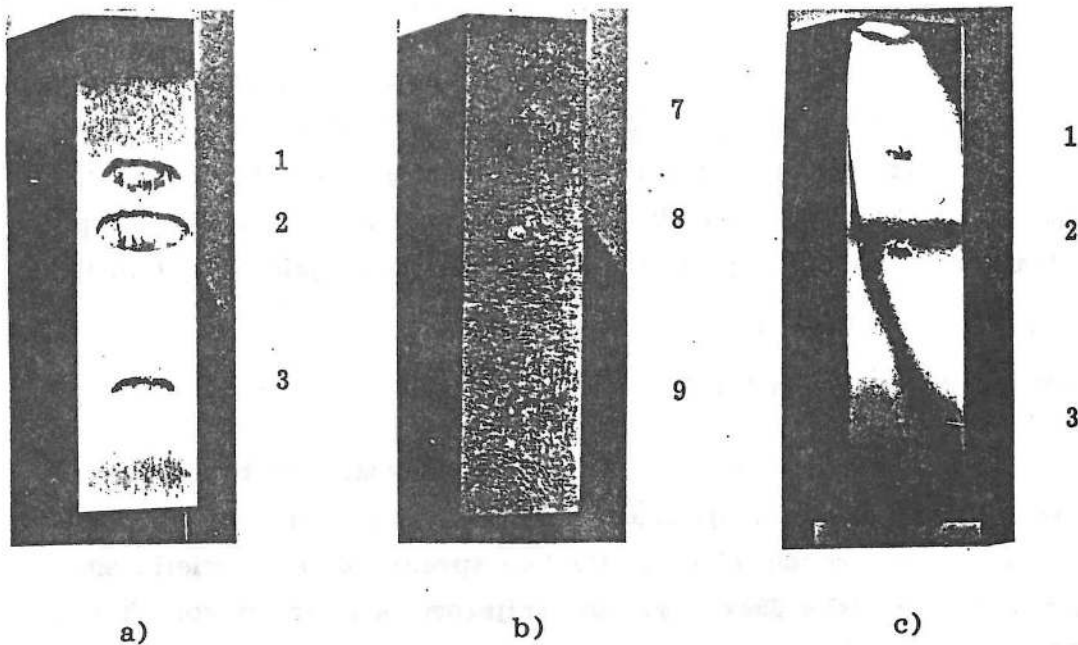
Epruvete za ispitivanje habanjem su izradjene od brzoreznog čelika tipa Č.7680 sa dimenzijama \square 38x10 mm. Nakon termičke obrade epruvete su imale tvrdoću od 65 HRC. Kao spregnuto telo koristili smo epruvetu oblika diska \emptyset 50x10 mm sa radijusom na površini kontakta $R=120$ mm. Na ovaj način postignut je kontakt u obliku elipse u zoni habanja. Spregnute epruvete su izradjene od čelika za cementaciju Č.4320 koji je cementiran na dubinu od 0,8 mm i termički obradjen na tvrdoću 60-61 HRC. Površina habanja je obrušena neposredno pre ispitivanja na habanje da bi se izbeglo eventualno prisustvo korozije.

Ispitivanje otpornosti na habanje vršeno je u laboratoriji Instituta za proizvodno mašinstvo pri čemu je neposredno uz površinu habanja bio postavljen termopar sa ciljem da se izmeri temperatura u blizini zone habanja nastala pri suvom trenju uz 100% klizanja. Intenzitet habanja je praćen na taj način da se pri istom opterećenju na spregnutu epruvetu variralo vreme trajanja (2 min; 5 min; 20 min). U ovom eksperimentu korišćena su dva različita opterećenja - 5 i 20 kg, putem regulisanja sile na opruzi. Dve površine su bile samo obrušene a druge dve površine su bile i prepolirane pre nanošenja tvrde TiN prevlake.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovu praćenja toka habanja pri dejstvu različitog opterećenja dobijeni su rezultati prikazani u tabeli T-1.

Kao što se vidi iz dobijenih rezultata kod uzoraka bez nanese-
ne tvrde prevlake znatno veći značaj na rezultate habanja ima veličina opterećenja iako je i trajanje procesa pokazalo signifikantan uticaj na brzinu povećanja dimenzija zone habanja. To ukazuje da se pri visokim kontaktnim opterećenjima veoma brzo formira krater uz istovremeno smanjenje specifičnog pritiska u samoj zoni habanja (sl.1a.). Kod uzoraka



Sl.1. Makro izgled zone habanja: a) kod neprevučenog uzorka; b) uzorak sa TiN na brušenoj površini; c) uzorak TiN na poliranoj površini

Fig.1. Wear zone: a) ancoated surface; b) TiN deposited on grinded surface; c) TiN deposited on polished surface

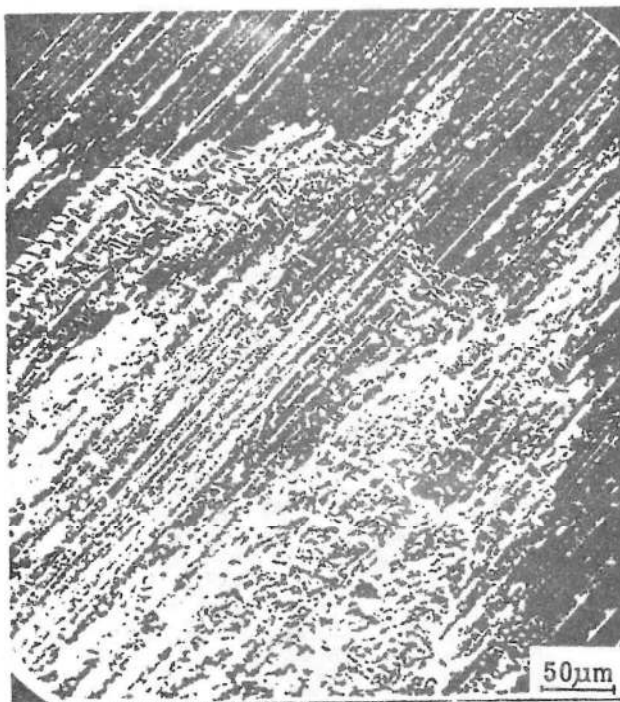
Tabela T-1. Promena geometrije zone habanja u zavisnosti od opterećenja

| oznaka epruvete | mesto habanja | opterećenje /kg/ | vreme hab. /min/ | dužina otiska /mm/ | širina otiska /mm/ | max.šir. otiska /mm/ | min.širina otiska /mm/ | dubina otiska /un/ | stanje površine * |
|-----------------|---------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------------------|--------------------|-------------------|
| Neprevučena | 1 | 20 | 5 | 6,3 | 1,7 | 1,9 | | | B |
| | 2 | 20 | 20 | 8,0 | 2,7 | 2,8 | | 46 | B |
| | 3 | 20 | 2 | 5,5 | 1,5 | 1,6 | | | B |
| | 4 | 5 | 5 | 5,0 | 1,0 | 1,1 | | 23 | B |
| | 5 | 5 | 20 | 5,4 | 1,7 | 1,9 | | | B |
| | 6 | 5 | 2 | 4,5 | 0,9 | 1,0 | | | B |
| Prevučena | 1 | 5 | 5 | 2,5 | 0,8 | 1,0 | 0,4 | | P |
| | 2 | 5 | 20 | 2,0 | 0,9 | 1,2 | 0,3 | 6 | P |
| | 3 | 5 | 2 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 0,4 | | P |
| | 4 | 5 | 5 | 3,3 | 0,9 | 1,1 | 0,3 | | B |
| | 5 | 5 | 20 | 3,4 | 1,0 | 1,1 | 0,4 | 10 | B |
| | 6 | 5 | 2 | 3,2 | 0,9 | 1,0 | 0,3 | | B |
| | 7 | 20 | 5 | 3,0 | 0,9 | 1,2 | 0,5 | | B |
| | 8 | 20 | 20 | 3,0 | 1,3 | 1,2 | 0,5 | 5 | B |
| | 9 | 20 | 2 | 2,8 | 0,7 | 1,0 | 0,4 | | B |
| | 10 | 20 | 5 | 3,3 | 0,9 | 1,1 | 0,3 | | P |
| | 11 | 20 | 20 | 3,5 | 1,2 | 1,4 | 0,1 | 11 | P |
| | 12 | 20 | 2 | 2,9 | 0,6 | 0,9 | 0,3 | | P |

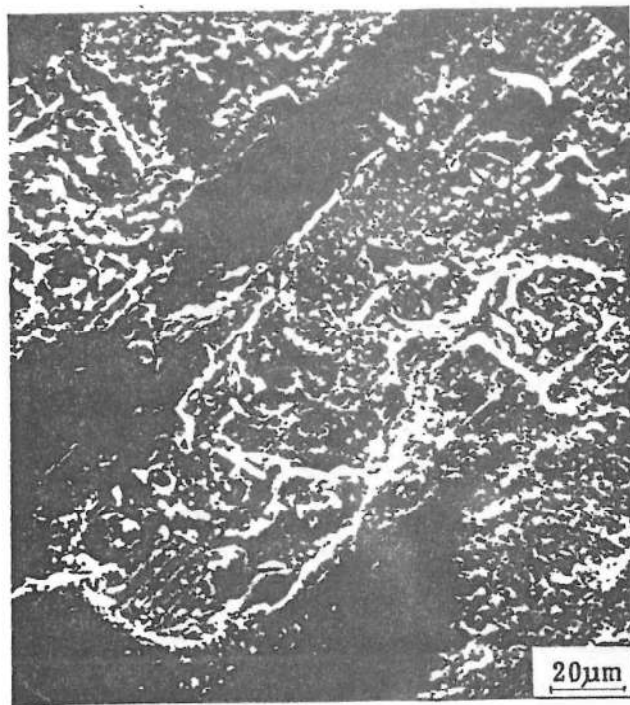
*B - brušeno; P - polirano

koji imaju nanesenu TiN prevlaku primećuje se daleko veći uticaj trajanja opterećenja a relativno manji uticaj intenziteta opterećenja za opseg sila koji je primenjen u ovom eksperimentu (sl.1b i 1c) pri istom opterećenju i pri istom trajanju habanja značajne razlike u rezultatima se dobijaju ako se površina brzoreznog čelika prethodno polira pre pozicije TiN u odnosu na rezultate dobijene pri ispitivanju na brušenoj površini.

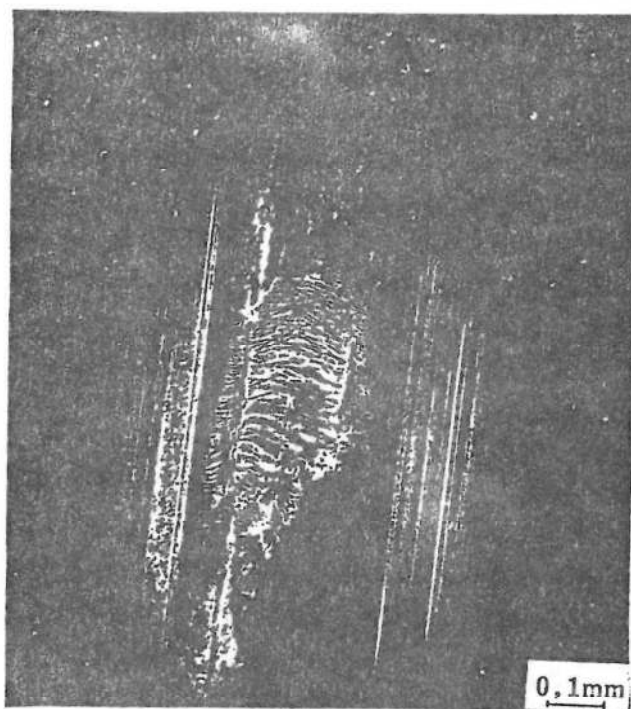
Kod neprevučениh uzoraka već na samom početku habanja zona habanja ima relativno pravilan oblik približan elipsi. Na ulaznoj površini pojavljuje se intenzivan nalep koji se veoma teško otklanja pranjem u alkoholu. Daljim produžavanjem habanja samo se menjaju dimenzije ovog kratera dok je oblik identičan polaznom (uočeno već nakon 2 min habanja). Kod prevučениh uzoraka posebno na samom početku pojavljuje se veoma nepravilan oblik površine habanja koji je uglavnom posledica prisustva izuzetno tvrdog površinskog sloja. Na ulaznom delu kratera pojavljuje se značajan nalep i pukotine na površini kao posledica lokalne plastične deformacije podloge od brzoreznog čelika koje ne može da prati tvrd površinski sloj TiN već puca paralelno sa ulaznom ivicom kratera. Istovremeno se na izlaznom delu kratera otkidaju čitavi delići tvrde prevlake TiN i izbacuju se iz zone habanja usled rotacije spregnute epruvete. Izgled ulazne i izlazne zone kratera je prikazan na sl. 2. i 3. Primenom skening elektronske mikroskopije uočen je mehanizam početka stvaranja kratera kod uzoraka sa prethodno poliranom a zatim TiN površinom. Pri manjem opterećenju već nakon 2 min. trajanja habanja mogu se uočiti dve različite zone na površini habanja (sl.4.). U samoj sredini površine habanja na mestu gde je najveće lokalno specifično opterećenje, a samim tim i najveća lokalna plastična deformacija podloge, uočljiv je jako izražen efekat nabiranja i pucanja TiN sloja gde se prsline prostiru normalno na pravac rotacije epruvete (sl.5.). U toj zoni je intenzitet habanja najveći jer se nakon nabiranja i pucanja TiN prevlake tvrdi delići ubacuju na površinu rotirajuće spregnute epruvete izazivajući čupanje i iznošenje materijala metalne osnove brzoreznog čelika. U bočnim zonama gde je specifično opterećenje nešto manje nema efekata pucanja i nabiranja TiN prevlake već se habanje odvija isključivo unutar sloja TiN a kao efekti habanja uočljivi su veoma plitki žljebovi usmereni u pravcu rotacije spregnute epruvete (sl.6.).



Sl.2. Izgled ulazne zone kratera uzorka sa TiN prevlakom, gde je jasno vidljivo prisustvo nalepa
Fig.2. Entrance zone of wear surface at TiN sample

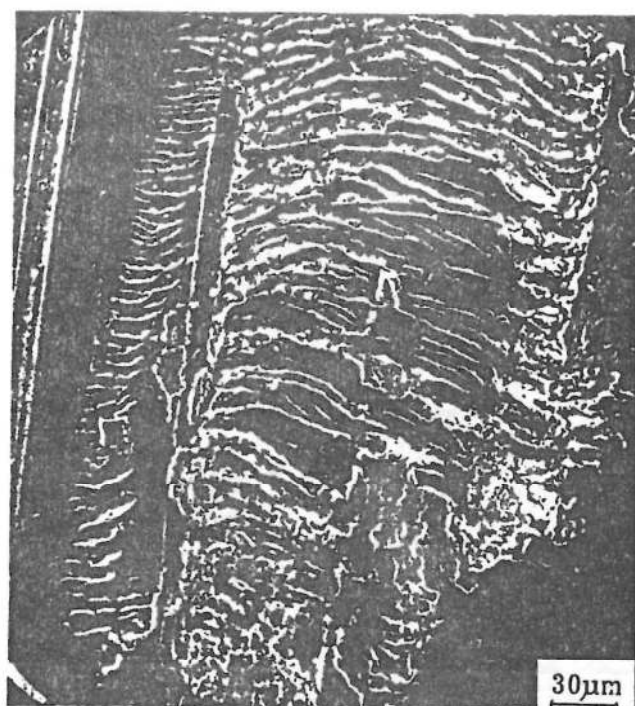


Sl.3. Izgled izlazne zone kratera uzorka sa TiN prevlakom sa jasno vidljivim efektima čupanja prevlake
Fig.3. Exciting zone of wear surface at TiN sample



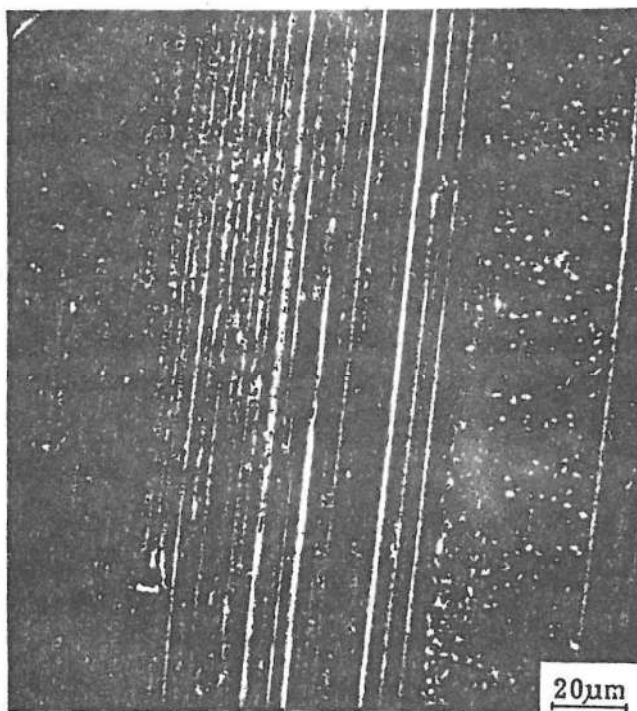
Sl.4. Izgled površine habanja pri malom opterećenju u početnom trenutku habanja

Fig.4. Wear surface at TiN sample after short time of wear, under low specific load



Sl.5. Izgled sredine zone habanja sa prisutnim nabiranjem i pucanjem TiN sloja

Fig.5. Wear zone with cracking of TiN layer



Sl.6. Izgled bočnog dela zone habanja sa veoma plitkim žljebovima usmerenim u pravcu rotacije spregnute epruvete

Fig.6. Wear zone with very shallow channel oriented to direction of rotation of sliding sample

4. ZAKLJUČAK

Na bazi dobijenih rezultata u ovom istraživanju može se zaključiti da habanje pri čistom klizanju u velikoj meri zavisi od toga da li je površina brzoreznog čelika prevučena sa tvrdom prevlakom TiN.

Kod neprevučених uzoraka oblik zone habanja praktično ne zavisi od trajanja i opterećenja, primenjenog u ovom eksperimentu. Kod uzoraka sa površinom prevučenom TiN slojem, uočljive su bitne razlike u morfologiji zone habanja zavisno od trajanja habanja. Značajan uticaj ima i kvalitet obrade površine uzorka pre deponovanja tvrde prevlake TiN, pri čemu se poliranje pokazalo povoljnijim od brušenja.

Visoko lokalno kontaktno opterećenje bitno utiče na plastičnu deformaciju metalne osnove, koja je približno tri puta mekša od tvrdoće TiN sloja, tako da se već na samom početku procesa habanja javlja pucanje i nabiranje TiN sloja. Ovaj efekat ukazuje da se određeno smanjenje habanja, kod prevučених uzoraka, može postići na račun povišenja tvrdoće podloge (naprimер putem plazma nitriranja) što bi smanjilo intenzitet lokalne plastične deformacije na mestu kontakta tribološkog para.

5. LITERATURA

- /1/ Kakaš D.: Pravci razvoja plazma tehnologije i nove mogućnosti njene primene, V Jugoslovenski simpozijum o metalurgiji - Zbornik radova, 1992, str. 24-39.
- /2/ Zlatanović M., Stošić P.: Vacuum, vol 39., No.6, 1989, p.557-562.
- /3/ Zlatanović M., Münz W.D.: Wear resistance of plasma nitrided and sputter ion plated hobs, Surface and Coatings Technology, vol.41, 1990, p.17-30.
- /4/ Kakaš D., Zlatanović M.: Some properties of steel specimens with TiN and (Ti,Al)N coatings, 7th International Congress on Heat Treatment of Materials, Moskva 1990.
- /5/ Lupuljev D., Kakaš D. i dr.: Istraživanje uticaja jonskog nitriranja na trajnost alata za kovanje na hladno, 4. Jugoslovenski simpozijum o toplinskoj obradi metala, Plitvička jezera 1986.
- /6/ Kakaš D., Lupuljev D. i dr.: Influence of ion nitriding parameters on cold forming tools quality, 5th International Congress on Heat Treatment of Materials, Budimpešta 1986.
- /7/ Robinson P., Matthews A.: Surface and Coat. Techn., vol43/44, 1990, p.288-298