

UTICAJ HABANJA ALATA NA SPEKTAR SIGNALA VIBRACIJA I POPREČNI
PRESEK STRUGOTINE

INFLUENCE OF TOOL WEAR ON VIBRATION SIGNAL SPECTRUM AND CHIP
CROSS SECTION

Marina Zahorec, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Mašinstvo – PROIZVODNO MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazano eksperimentalno ispitivanje uticaja habanja alata na poprečni presek strugotine i spektar signala vibracija. Mikroskopskom analizom poprečnog preseka strugotine jasno je utvrđen oblik nastale strugotine u korelaciji sa stepenom pohabanosti alata. Tokom procesa obrade praćene su vibracije na nosaču alata, u bliskom području zone rezanja. Analiza generisanih signala vibracija tokom obrade potvrdila je da promene u stepenu habanja alata direktno utiču na oblik strugotine i tip segmentacije.

Ključne reči: Habanje alata, oblik strugotine, signal vibracija

Abstract – The paper presents an experimental research of the influence of tool wear on the chip cross section and the spectrum of vibration signals. Microscopic analysis of the chip cross section clearly determined the shape of the resulting chip in correlation with the tool wear. During the machining process, vibrations were monitored on the tool holder, close to the cutting zone. Analysis of the generated vibration signals during machining confirmed that changes in the tool wear directly influence on the chip shape and the type of segmentation.

Keywords: Tool wear, chip shape, vibration signal

1. UVOD

Postupak obrade metala rezanjem je proces oblikovanja (promene oblika, dimenzija, hrapavosti obradene površine i karakteristika površinskog sloja) postepenim uklanjanjem viška materijala mehaničkim dejstvom reznog alata na predmet obrade.

Ovaj postupak se izvodi radi postizanja potrebnih ili predviđenih dimenzija i tačnosti oblika i završne obrade površine, kako bi se proizvodu omogućilo ispunjenje osnovnih funkcionalnih zahteva, poboljšanje performansi, dugi radni vek.

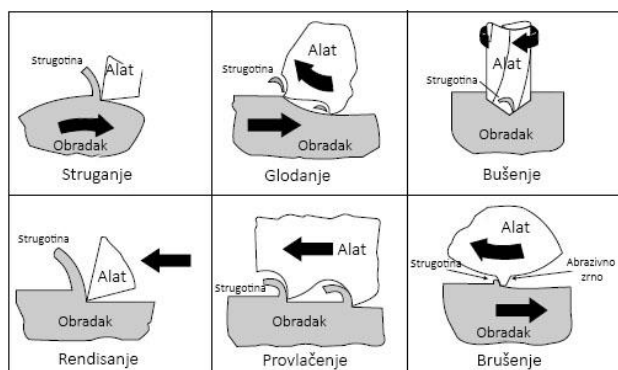
Alat za rezanje odvaja višak materijala od obratka u obliku strugotine, kako bi materijal obrade dobio željeni oblik i veličinu (slika 1). Dostupan je veliki izbor alata za rezanje, od kojih je svaki dizajniran za efikasno obavljanje određenog posla ili grupe operacija rezanja obratka.

Procenjuje se da precizan i pouzdan sistem za identifikaciju i praćenje stanja pohabanosti alata može doprineti: povećanju brzine rezanja za 10-50%, smanjenju zastoja u proizvodnji pravovremenim predviđanjem zamene alata doprinoseći ukupnim uštedama u proizvodnji između 10% i 40% [1].

Oblik (geometrija), materijal i položaj alata u odnosu na obradak imaju značajan uticaj na sposobnost obrade i kvalitet proizvoda. Najvažniji geometrijski elementi, u odnosu na formiranje strugotine, su položaj rezne ivice i orijentacija površine alata u odnosu na obradak i smer rezanja.

Pri obradi materijala rezanjem, međusobnim dejstvom alata i obratka javljaju se vibracije. Jedan od primarnih izvora vibracija u toku obrade je proces formiranja strugotine, tj. lamela strugotine. Drugi tipični izvori vibracija na mašini su rezultat periodičnih ili povremenih sila u sistemu kao što su sila od pogona zupčanika, neravnoteže, neusklađenosti ili labavi spojevi komponenti alatnih mašina itd. [2, 3].

Habanje alata direktno utiče na postojanost, kvalitet i ekonomičnost procesa obrade, a kako su razvoj računarske opreme i automatizacija procesa doveli do postizanja veće fleksibilnosti i produktivnosti u toku procesa obrade rezanjem, kvalitetna informacija o stepenu pohabanosti alata u realnom vremenu predstavlja neophodan uslov za identifikaciju postojanosti alata [4]. Veoma je bitno zameniti alat na vreme, čime se u značajnoj meri podiže kvalitet obradnog procesa.



Slika 1. Skica delovanja alata na obradak, različitim postupcima obrade rezanjem [2]

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aco Antić, red. prof.

2. EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE

2.1. Postavka eksperimenta

Eksperimentalno ispitivanje izvršeno je na strugu CNC GU 600, proizvođača INDEX, koji je instaliran u laboratorijama Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Tokom procesa rezanja registrovan je signal vibracija na dršci alata. U okviru ovog istraživanja, početna pretpostavka je bila da neki deo frekvencionog spektra sadrži informacije koje se mogu izdvojiti kako bi se omogućilo otkrivanje trenutnog stanja istrošenosti alata za rezanje. U tu svrhu, na držač alata za rezanje pričvršćen je akcelero­metar, koji je korišćen kao sistem senzora i prikupljao je informacije o vibracijama, a nakon filtriranja signala ih prenosio u sistem za akviziciju. Signal vibracija i sila rezanja su uzorkovani frekvencijom od 625 kHz, pomoću A/D konvertora NI625 USB "National Instruments". Tokom eksperimenta, merenja ubrzanja vibracija su praćena pri svakom prolazu sečenja, u trajanju od 1 s. Snimljeni signali su analizirani da bi se procenio uticaj habanja alata na signal vibracija, i promena spektra signala.

Postojale su dve brzine rezanja tokom izvođenja eksperimenata, 180 do 250 m/min i brzina pomoćnog kretanja 0,15 i 0,3 mm/o. Poprečni presek drške alata korišćenog u eksperimentu bio je 20x20 mm. Obrada je izvedena sa reznim pločicama P25 oznake TNMM 110408. Materijal obratka je garantovanih mehaničkih i hemijskih karakteristika oznake 42CrMo4, tvrdoće od 270 HB.

Pored praćenja signala vibracija, pomoću mikroskopa posmatrani su oblici dobijenih strugotina u toku procesa obrade, u cilju upoređivanja tipa formirane strugotine u odnosu na stepen pohabanosti alata.

2.2. Analiza eksperimentalnih rezultata

Rezultati ispitivanja dobijeni su upoređivanjem oblika strugotine na elektronskom mikroskopu i primenom indirektnih merenja senzorskih signala sile i vibracija.

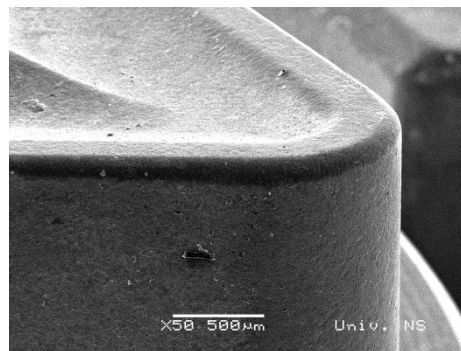
Rezultati dobijeni direktnom mikroskopskom analizom dali su dobar uvid u oblik lamela i formiranu strugotinu u zavisnosti od stepena pohabanosti alata.

U toku obrade je korišćen novi alat, slika 2, pri čemu je formirana kontinualna strugotina, slika 3. Kontinualni oblik strugotine nastaje smicanjem materijala u primarnoj zoni rezanja bez jasno uočljivih granica segmenta u poprečnom preseku i bez izraženih vrhova formiranih segmenata na slobodnoj površini strugotine. Visina segmenata na slobodnoj površini strugotine je veoma mala i odgovara širini pojedinačnog segmenta. Gornja zona strugotine, bliže slobodnoj površini, blago je talasastog oblika sa veoma malim naznakama početka formiranja lamela.

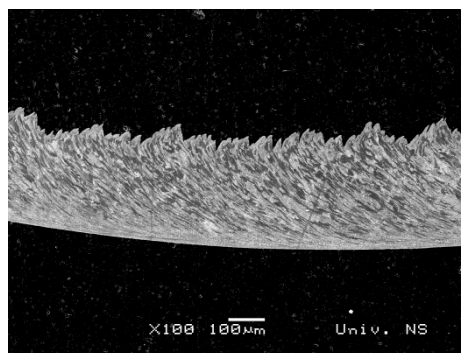
Kako pojas habanja i kratera habanja na grudnoj površini alata postepeno rastu, tj. povećava se stepen degradacije rezne geometrije (slika 4), dolazi do promene tipa formirane strugotine (slika 5). Formirani segmenti su nastali kroz ciklični proces stvaranja (od prvog do poslednjeg segmenta). Nakon određenog vremena obrade, usled promene stepena pohabanosti alata, tj. rezne geometrije, strugotina takođe počinje svoju transformaciju geometrije, menja mehanizam stvaranja i oblik. Sa

makroskopske tačke gledišta, strugotina postaje ravnija i sa izraženijim klizanjem materijala duž osnovne ravni. Leđna površina strugotine je postala valovita, neravna i neujednačena u odnosu na onu dobijenu obradom novim alatom.

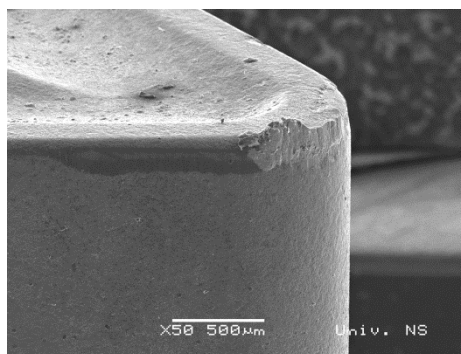
Kako se stepen pohabanosti alata dalje raste (slika 6), stepen deformacije strugotine nastale u procesu rezanja se povećava. Strugotina se sastoji od segmenata, čije se granice mogu jasno uočiti, tj. formira se strugotina testerastog oblika (slika 7).



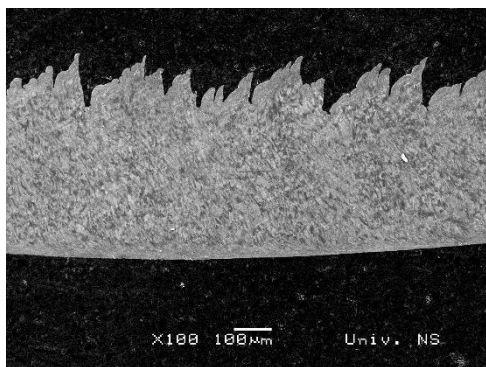
Slika 2. Stanje rezne pločice alata na početku obrade



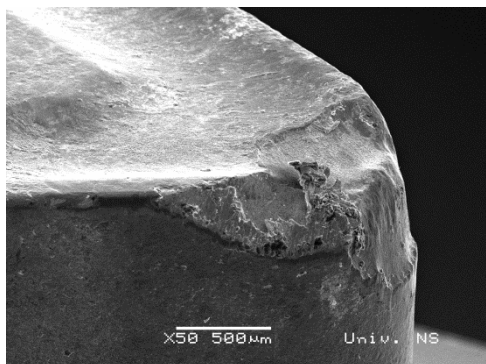
Slika 3. Izgled kontinualne strugotine pod mikroskopom nastale obradom novim alatom



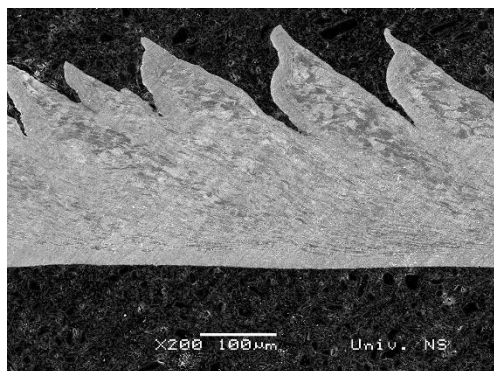
Slika 4. Stanje pohabanosti alata prilikom formiranja izraženijih segmenata na strugotini



Slika 5. Izgled strugotine pod mikroskopom, nakon porasta stepena pohabanosti alata



Slika 6. Izgled degradirane, pohabane, rezne pločice

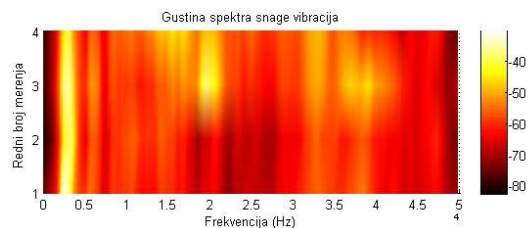


Slika 7. Izgled strugotine testerastog oblika nastala obradom pohabanim alatom

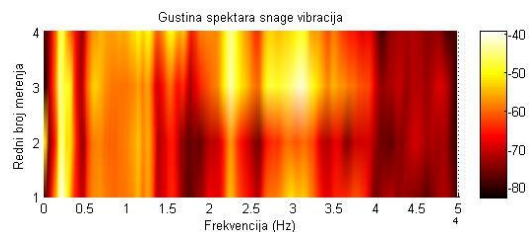
Posmatrajući spektre snage signala vibracija, za više merenja sa različitim stepenom pohabanosti alata, može se uočiti jasna promena spektra, kako je prikazano na slikama 8, 9 i 10. Sve prirodne frekvencije alata i mehaničkih struktura nosača alata nalaze se unutar donjeg spektra vibracija, čija je gornja granica 5 do 10 kHz. Zbog toga su pobude iz zone rezanja u ovom delu spektra izobličene, pa akcelorometar dobija signal jačeg intenziteta, što se odražava na pojačanje na nekim frekvencijama, a potiskuje na drugima. Dakle, iako je u nekim delovima opsega frekvencija signala koji merimo, na frekvencijama ispod 5 kHz prisutan visok intenzitet, on se pripisuje vibracijama obradnog sistema, tj. Same mašine i celokupnog sklopa mašina alat kada nije u zahvatu obrade.

Pretpostavlja se da se pri razmatranim brzinama rezanja segmentacija lamela vrši na većim frekvencijama (preko 15 kHz) i predstavlja jedan od dominantnih izvora vibracija tokom mašinske obrade, i može se primetiti da

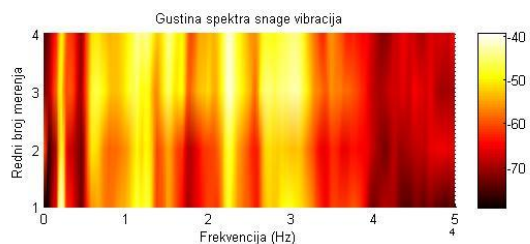
se na višim frekvencijama (preko 15 kHz) stanje rezne pločice više odražava na spektralni sastav signala nego na nižim fekvencijama. Posmatranjem spektra može se primetiti velika razlika u delu od 25 do 35 kHz, što ukazuje na važne promene u procesu formiranja strugotine i promenu geometrije rezne ivice alata. Promena stepena habanja dovodi do povećanog trenja klizanja između površine alata i strugotine koja se evakuše tokom sečenja, što je izazvalo dodatne vibracije sistema delova alatnih mašina.



Slika 8. Promena spektra snage vibracija za različite stepene pohabanosti alata



Slika 9. Promena spektra snage vibracija za različite stepene pohabanosti alata

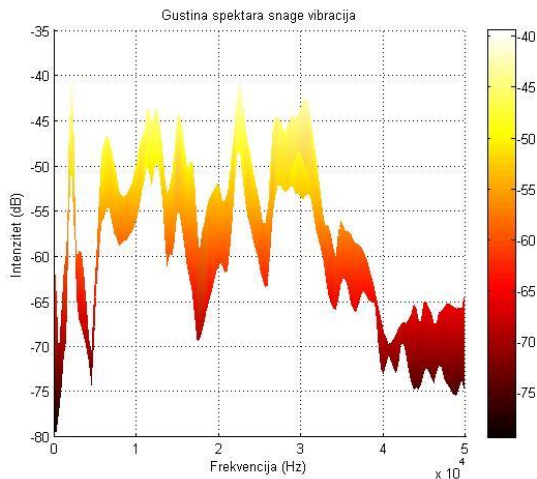


Slika 10. Promena spektra snage vibracija za različite stepene pohabanosti alata

Analizom rezultata eksperimentalnog ispitivanja primenjeno je da frekventni odziv obradnog sistema menja karakter u zavisnosti od tipa generisane strugotine.

Slika 11 predstavlja raspodelu energije signala po frekventnoj osi u zavisnosti od stepena pohabanosti alata. Donja deo trake odgovara novoj reznoj pločici alata, dok se gornji deo odnosi na istrošeni alat. Na frekvencijama nižim od 5 kHz signal je relativno konstantan, što potvrđuje da je na nižim frekvencijama uticaj obradnog sistema dominantan.

Na frekvencijama većim od 5 kHz stepen pohabanosti pločice se više odražava na spektralni sastav signala, odnosno, u visokofrekventnom delu spektra dolazi do povećanja intenziteta generisanog signala. Na delu frekvencija od 27 kHz do 33 kHz, poređenjem nove i stare rezne pločice, može se primetiti razlika u intenzitetu signala i do 10 dB. Razlika u intenzitetu signala povezana je sa oslobađanjem povišene energije pri formiranju diskontinualnog oblika strugotine i povećanim trenjem na kontaktnoj površini između strugotine i alata.



Slika 11. Promena intenziteta spektra snage vibracija za različite stepene pohabanosti alata

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata mikroskopske analize formirane strugotine, u početnoj fazi obrade, korišćenjem novog alata, formirana strugotina je ravnog oblika sa glatkom leđnom površinom, koja je bila u punom kontaktu sa grudnom površinom alata, a slobodna površina strugotine je bez izraženih zuba segmenata. Porastom pojasa habanja i kraterskog habanja alata strugotina menja oblik, postaje grublja, valovita i krzana na krajevima, dok se oblik strugotine menja u diskontinualnu sa veoma izraženim zubima na slobodnoj površini strugotine. Daljim trošenjem alata, povećavanjem bočnog habanja, segmentacija strugotine postaje izraženija, testerastog oblika, te je uočena dobra korelacija učestalosti segmentacije strugotine sa stepenom pohabanosti reznog alata. Promenom stepena pohabanosti menja se i oblik segmentacije strugotine, od kontinualne do strugotine sa jako izraženim vrhovima lamela na slobodnoj površini strugotine, tj. diskontinualne strugotine testerastog oblika.

Pored boljeg razumevanja mehanizama formiranja strugotine, morfologija strugotine može biti dobar indikator stanja pohabanosti alata u teškim uslovima obrade. Takođe, znanje morfologije i menjanje oblika strugotine može da poboljša produktivnost proizvodnje, gde habanje alata i dimenzionalna tačnost obratka treba da se prate.

Rezultati spektra snage vibracija u procesu rezanja su u korelaciji sa oblikom segmentacije strugotine i sa razvojem kraterskog i bočnog habanja na alatu. Promena oblika strugotine se odražava na signal vibracija, kvalitet obrađene površine i, posledično, na ukupni utrošak energije pri obradi.

4. LITERATURA

- [1] V. C. Venkatesh, Sudin Izman "Precision Engineering", McGraw-Hill Professional, 2008.
- [2] Serope Kalpakjian, Steven Schmid, "Manufacturing Engineering and Technology", 6th edition, Pearson, 2008.
- [3] H. K. Toenshoff and B. Denkena, "Basics of Cutting and Abrasive Processes" Lecture Notes in Production Engineering, Berlin-Heidelberg, 2013.
- [3] Aco Antić, "Prepoznavanje stanja pohabanosti alata za obradu rezanjem primenom neuro-fazi klasifikatora", doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.

Kratka biografija:



Marina Zahorec rođena je u Novom Sadu 1995. god. Diplomski rad pod naslovom "Nadzor habanja alata praćenjem otpora rezanja pri obradi struganjem" odbranila je 2019. godine. Nakon toga upisala je Master akademske studije – Računarom podržane tehnologije na Departmanu za proizvodno mašinstvo, Fakulteta tehničkih nauka. kontakt: zahorecmarina@gmail.com