

# Nadzor oštrice reznoga alata primjenom M-funkcija

---

**Pavlović, Zoran**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2010**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:512267>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



Sveu ilište u Zagrebu  
Fakultet strojarstva i brodogradnje

## ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:

Prof.dr.sc. Toma Udiljak

Zoran Pavlovi

Zagreb, 2010.

# SADRŽAJ

Izjava.....	4
Sažetak.....	5
Popis slika.....	6
Popis tablica.....	8
1. UVOD.....	9
1.1 Obilježja suvremenih proizvodnih sustava.....	10
1.2 M – funkcije.....	11
2. TROŠENJE ALATA, METODE MJERENJA ISTROŠENOSTI.....	12
2.1 Sile rezanja kod tokarenja.....	12
2.2 Trošenje alata.....	14
2.2.1 Abrazijsko trošenje.....	16
2.2.2 Difuzijsko trošenje.....	17
2.2.3 Oksidacijsko trošenje.....	18
2.2.4 Trošenje uslijed umora.....	18
2.2.5 Adhezijsko trošenje.....	19
2.3 Metode mjerenja istrošenosti reznih alata.....	19
3. NADZOR TROŠENJA OŠTRICE REZNIH ALATA.....	21
3.1 Nadzor trošenja alata pomoću osjetila sile.....	22
3.2 Nadzor trošenja alata primjenom AE signala.....	23
3.3 Nadzor trošenja alata primjenom signala vibracije.....	24
4. TVORNICA ŽELJEZNI KIH VOZILA „GREDELJ“ d.o.o.....	25
4.1 OKUMA SPACE TURN LB3000 EX.....	28
4.2 Materijal za obradu korišten kod ispitivanja.....	32
4.3 Držač alata korišten prilikom ispitivanja.....	33
4.4 Korišteni alat prilikom ispitivanja.....	34
5. PROGRAMIRANJE CNC STROJEVA.....	36
5.1 Funkcija za nadgledanje opterećenja.....	38
5.2 DIO I Funkcija nadgledanja opterećenja.....	39
5.2.1 NC program.....	39
5.2.1-1 Format sistemske varijable VLMON.....	39

5.2.1-2 Naredba za uključivanje/isključivanje nadgledanja.....	40
5.2.1-3 Određivanje višestrukih „dijelova“ za nadgledanje.....	41
5.2.1-4 Programiranje za dvostruko opterećene modele.....	42
5.2.1-5 Funkcija zanemarivanja brzog hoda (M215, M216).....	43
5.2.1-6 Naredba za brisanje zaslona traga opterećenja (LCLEAR).....	43
5.2.2 Postavljanje razina ograničenja.....	44
5.2.2-1 Automatsko postavljanje.....	44
5.2.2-2 Izravno postavljanje razina ograničenja.....	46
5.2.3 Nadgledanje opterećenja.....	50
5.2.4 Zaslona grafa nadgledanja opterećenja (Zaslona traga opterećenja).....	51
5.2.5 Korištenje funkcije nadgledanja opterećenja u kombinaciji sa funkcijom upravljanja životnog vijeka alata.....	54
5.2.6 Parametri.....	55
5.2.6-1 Neobavezni parametri (Nadgledanje opterećenja 1).....	55
5.2.6-2 Neobavezan parametar (Riječ).....	58
5.3 DIO II Funkcija upravljanja životnim vjekom alata.....	59
5.3.1 Odabir životnih kriterija alata.....	59
5.3.2 Postavljanje podataka za upravljanje životnim vjekom alata.....	60
5.3.2-1 Postavljanje podataka.....	60
5.3.2.1-1 Informacije o alatu.....	63
5.3.2.1-2 Grupne informacije.....	64
5.3.2.1-3 Postavljanje raspona.....	64
5.3.3 Programiranje.....	66
5.3.4 Obrada kada nema dostupnih rezervnih alata.....	68
6. IZVOĐENJE EKSPERIMENTA.....	70
6.1 Ispitivanja.....	74
7. ZAKLJUČAK.....	91
8. LITERATURA.....	92

## Izjava

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, koristeći se znanjem i vještinama ste mi pružili tokom studija na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu i navedenom literaturom pod stručnim vodstvom Prof.dr.sc. Tome Udiljaka.

Prilikom izvođenja eksperimenta u Tvornici željeznih vozila „Gredelj“ d.o.o. pružana mi je stručna pomoć CNC operatera Marija Tkalca i diplomirani strojarstva te mu se ovim putem zahvaljujem na strpljenju i ukazanoj stručnoj pomoći.

Zahvaljujem se na pomoći, strpljenju, savjetima i ustupljenoj literaturi te utrošenom vremenu i trudu svome mentoru Prof.dr.sc. Tomi Udiljaku.

Također, zahvaljujem se svima u TŽV-u „Gredelj“ d.o.o. na pomoći te ustupanju CNC obradnog centra koji je bio temelj mog završnog rada, ponajviše dr. Goranu Soleni komandantu voditelju proizvodnje Željku Pršiću diplomirani strojarstva.

Na kraju, najviše zahvalnost dugujem svojoj obitelji na beskrajnoj podršci i razumijevanju koje su mi ukazali tokom dosadašnjeg dijela studija.

## Sažetak

Nadzor procesa obrade i reznoga alata sve su prisutniji zahtjevi u obradnim sustavima. Ugradnjom vanjskih osjetila esto se narušavaju karakteristike obradnog sustava pa se za nadzor procesa i alata sve više koriste signali iz upravljačkih sklopova. Stoga su mnoge tvrtke poele nuditi programske funkcije koje omogućuju praćenje nekih upravljačkih veličina koje dobro koreliraju sa stanjem reznoga alata.

U fazi obrade cilj je pratiti stupanj istrošenosti alata kako bi se spriječilo da prevelika istrošenost alata bude uzrokom oštećenja alata, obratka ili nekog dijela stroja. Zbog takvih je razloga u tvrtki TŽV „Gredelj“ d.o.o. instaliran CNC obradni centar s mogućnošću primjene M – funkcija za praćenje promjena momenta motora posmičnog prigona, a time i stupnja istrošenosti reznoga alata. Njihova najvažnija karakteristika vezana je uz mogućnost praćenja dinamike trošenja u realnom vremenu (kontinuirani režim nadzora) time se osigurava autonomnost sustava. Upravo je autonomnost jedna od najvažnijih karakteristika obradnog sustava time se nastoji u potpunosti iskoristiti radno vrijeme, ali i smanjiti utjecaj operatera na proizvodni proces.

U radu je izvršeno ispitivanje koje je pokazalo mogućnost primjene M-funkcije pri postupku završne obrade tokarenjem. Prilikom izvođenja eksperimenta mijenjali su se parametri obrade ( $a_p$ ,  $f$ ,  $V_c$ ,  $V_B$ ) te su se nadgledale sile nastale prilikom rezanja koje su kasnije poslužile za izračun nastalog momenta. Funkcija nadgledanja opterećenja omogućuje prekidanje operacije rezanja ukoliko nastali moment prelazi automatski zadani iznos te time omogućuje bolju kvalitetu obrađene površine te smanjuje oštećenje alata, obratka ili strojnog dijela.

Rad počinje pregledom razvoja alatnih strojeva, posebice u Hrvatskoj te se nastavlja opisivanjem M – funkcija kao i sažetim prikazom trošenja alata, metoda mjerenja istrošenosti te različitih vrsta nadzora trošenja rezne oštrice. Nakon toga slijedi kratki opis poduzeća TŽV „Gredelj“ d.o.o. gdje je i eksperiment izvršen kao i opis stroja na kojem je izvršen. U radu se također nalazi i detaljan opis funkcije za nadgledanje opterećenja te rezultati dobiveni provedenim eksperimentom.

# POPIS SLIKA

Slika 1. Komponente sile rezanja kod kosog rezanja.....	13
Slika 2. Shematski prikaz utjecajnih veli ina i posljedica trošenja oštrice alata.....	14
Slika 3. Mehanizmi trošenja alata.....	16
Slika 4. Inteligentni sustavi za nadzor trošenja reznih alata.....	21
Slika 5. Proizvodno okruženje TŽV-a na Vukomercu.....	25
Slika 6. Vagoni proizvedeni u „Gredelju“.....	26
Slika 7. Vlakovi proizvedeni u „Gredelju“.....	27
Slika 8. Tramvaji proizvedeni u „Gredelju“.....	27
Slika 9. Ostali proizvodi tvrtke „Gredelj“.....	28
Slika 10. „Bravice“ ra ene na CNC obradnom centru.....	28
Slika 11. CNC obradni centar OKUMA SPACE TURN LB3000EX.....	29
Slika 12. Revolverska glava sa 12 mjesta.....	30
Slika 13. Pokretni alati na revolverskoj glavi.....	30
Slika 14. Prihvat obratka nakon operacije.....	30
Slika 15. Spremište materijala za obradu.....	31
Slika 16. Katalog drža a „Kennametal“.....	33
Slika 17. Drža alata oznake PDJNL 2525M15.....	33
Slika 18. Katalog alata „Kennametal“.....	34
Slika 19. Rezni alat na drža u.....	35
Slika 20. Korištena rezna plo ica.....	35
Slika 21. Alat za mjenjanje plo ice.....	35
Slika 22. OSP-P200L.....	38
Slika 23. Tipka za uklju enje nagledanja optere enja.....	45
Slika 24. Prozor za direktno postavljanje razina ograni enja.....	46
Slika 25. Prozor nadgledanja optere enja.....	51
Slika 26. NEOBAVEZNI PARAMETAR (UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA).....	60
Slika 27. Zasloni UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA.....	60
Slika 28. Prozor POKRETANJE PODATAKA ŽIVOTNOG VJEKA ALATA.....	65

Slika 29. Zaslona NEOBAVEZNI PARAMETAR (UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA).....	68
Slika 30 Amerikaner.....	70
Slika 31. Određivanje nul točke alata.....	72
Slika 32. Automatski postavljene razine ograničenja.....	73
Slika 33. Trag opterećenja 1. ispitivanja.....	74
Slika 34. Trag opterećenja 2. ispitivanja.....	75
Slika 35. Trag opterećenja 3. ispitivanja.....	76
Slika 36. Trag opterećenja 4. ispitivanja.....	77
Slika 37. Trag opterećenja 5. ispitivanja.....	78
Slika 38. Trag opterećenja 6. ispitivanja.....	79
Slika 39. Trag opterećenja 7. ispitivanja.....	80
Slika 40. Trag opterećenja 8. ispitivanja.....	81
Slika 41. Trag opterećenja 9. ispitivanja.....	82
Slika 42. Trag opterećenja 10. ispitivanja.....	83
Slika 43. Trag opterećenja 11. ispitivanja.....	84
Slika 44. Trag opterećenja 12. ispitivanja.....	85
Slika 45. Trag opterećenja 13. ispitivanja.....	86
Slika 46. Trag opterećenja 14. ispitivanja.....	87
Slika 47. Trag opterećenja 15. ispitivanja.....	88
Slika 48. Trag opterećenja 16. ispitivanja.....	89
Slika 49. Trag opterećenja 17. ispitivanja.....	90



# POPIS TABLICA

Tablica 1	Postavljeni raspon „mrtvog“ vremena.....	55
Tablica 2	Postavljeni raspon prosje nih kolekcija vrijednosti.....	55
Tablica 3	Postavljeni raspon trajanja alarma preoptere enja.....	55
Tablica 4	Postavljeni raspon trajanja alarma loma alata.....	56
Tablica 5	Postavljeni raspon prikazivanja vertikalne osi gornjeg kraja raspona.....	56
Tablica 6	Postavljeni raspon prikazivanja vertikalne osi donjeg kraja raspona.....	56
Tablica 7	Postavljeni raspon 1. ograni enja.....	56
Tablica 8	Postavljeni raspon 2. ograni enja.....	57
Tablica 9	Postavljeni raspon „mrtvog“ vremena za uskla eno grananje.....	57
Tablica 10	Upravljanje životnim vjekom alata.....	64
Tablica 11	Grupe upravljanja životnim vjekom alata.....	65

# 1. UVOD

Jedan od najvažnijih elemenata proizvodnog sustava jest alatni stroj. On jedini ima mogućnost i sposobnost razvitka samog sebe. Nastao je tijekom prve industrijske revolucije, kada mu je parni stroj postao glavna pokretačka snaga. Još se uvijek razvija i unaprijeđuje zahvaljujući i novim tehnologijama, posebno reznim alatima tj. optimiranjem materijala i geometrije alata. Veliku ulogu ima i razvijanje elektronike i informatike, tj. razvoj CAD/CAM sustava i raznih tehnika digitalizacije. To je dodatno omogućilo razvoj i primjenu obradnih sustava.

U svijetu danas postoji oko 50 država [1] koje se bave proizvodnjom alatnih strojeva, među kojima se našla i Hrvatska. U našim krajevima razvoj započeo je početkom 20. st. i to u Zagrebu. 1936. godine u tvornici braće Ševčik proizveden je prvi alatni stroj. U to vrijeme u svijetu nije bilo više od 20 zemalja koje su se bavile tom proizvodnjom što nam govori o značajnom utjecaju naših naroda u tom razvoju. Nakon 2. svjetskog rata izgrađena je nova tvornica alatnih strojeva „Prvomajska“ na Žitnjaku koja je postala temelj svih ostalih tvornica koje su se počele razvijati u Hrvatskoj, ali i šire kao npr: Vojvodini, Makedoniji, Bosni i Hercegovini. Zagrebačka tvornica prenela je na ostale tvornice svoje znanje, organizirala proizvodnju, uvela nove sustave proizvodnje i osposobljavala kadrove za rad.

Svi proizvođači alatnih strojeva u Hrvatskoj brzo su prihvatili znanja i primjenu automatizacije radu unala pri njihovom upravljanju radom. Prvi stroj s numeričkim upravljanjem primjenjen je u Americi 1956. godine, a prva horizontalna bušilica s istim takvim upravljanjem stavljena je u uporabu u „Prvomajskoj“ krajem 1969. godine. Početkom 80tih počela je proizvodnja obradnih centara, a na kraju i fleksibilnih proizvodnih sustava. Fleksibilni proizvodni sustavi rabe se u automobilskoj i zrakoplovnoj industriji. Prvi fleksibilni obradni sustav postavljen je u „Prvomajskoj“ sredinom 1987. godine kao poligon za izobrazbu kupaca, za proizvodnju dijelova za potrebe zagrebačke industrije, no isto tako iskorišten je za znanstvena istraživanja fleksibilne automatizacije.

Preko 85.000 alatnih strojeva proizvedenih u Hrvatskoj može govoriti o nemjerljivom doprinosu ove industrije razvoju industrijske proizvodnje i proizvodne tehnologije, poticanju znanstvenog istraživanja i razvoja, primjeni robota i svih tekovina razvoja radu unala: CAPP (ComputerAided Process Planning), projektiranje procesa

pomoću računala, CAM (ComputerAided Manufacturing), proizvodnja pomoću računala, CAD (ComputerAided Design), projektiranje i konstrukcija pomoću računala i brojne druge djelatnosti. Ovom valja dodati ispitivanje suvremenih alata, postupaka toplinske obrade metala, uporabu plastike, kompozitnih materijala, nove organizacije proizvodnje i uključivanje u globalizaciju industrijske proizvodnje. Poseban doprinos ove industrije je ostvaren na zaštiti okoliša uvođenjem proizvodnih sustava IMS (Intelligent Manufacturing Systems).

## 1.1 Obilježja suvremenih proizvodnih sustava [2]

Obilježja suvremenih proizvodnih sustava su:

- velika fleksibilnost i mogućnost brze reakcije na zahtjeve tržišta
- visoki stupanj iskorištenja radnog vremena
- smanjenje proizvodnih troškova (rentabilnost)
- održavanje kvalitete proizvoda uz minimalni otpad
- automatizacija
- autonoman rad (rad bez prisustva čovjeka)

Upravo je autonomnost sustava jedan od najvažnijih čimbenika u današnjoj proizvodnji gdje se nastoji smanjiti utjecaj čovjeka i njegovih osjetila prilikom proizvodnje te povećati utjecaj računala. Da bi se osigurao visoki stupanj iskorištenja radnog vremena, autonomnost sustava omogućava rad bez pauza, vikendima i blagdanima. Također, razna osjetila vezana uz samu autonomnost povećavaju kvalitetu obradene površine tako da smanjuju utjecaj operatera prilikom donošenja odluka kao npr. zamjene rezne oštrice alata. U tu svrhu, suvremeni CNC sustavi, mogu koristiti razne prekidačke funkcije, koje još nazivamo i M – funkcije, kako bi nadgledale moment na pojedinim osima prilikom obrade te ga uspoređivale sa automatski zadanim i prekidale operaciju ukoliko bi iznos bio veći od dopuštenog. Tako se nadgleda opterećenje na reznjoj oštrici te se time povećava kvaliteta obradene površine, a smanjuje opasnost od loma alata ili oštećenja stroja.

## 1.2 M – funkcije [2]

Kao što je već spomenuto, M – funkcijama se definiraju pomoćne funkcije. To su prekidačke funkcije, funkcije sa samo dva stanja (0 ili 1) te stoga ne opterećuju upravljačku ravnalu. Format zadavanja M – funkcija je slovo, adresa, M i dva dekadna mjesta (što znači da nam na raspolaganju stoji 100 M – funkcija).

Format zadavanja M – funkcija:

M(0) . . . – 2 dekadna mjesta; ako je na prvom mjestu 0 može se izostaviti.

Današnja upravljačka ravnala nude 3 dekadna mjesta.

### **M - funkcije**

M00 – bezuvjetno zaustavljanje programa

M01 – uvjetno zaustavljanje programa

M02 – zaustavljanje glavnog programa i “povratak” na početak

M03 – rotacija glavnog vretena u smjeru kazaljke na satu

M04 – rotacija glavnog vretena suprotna smjeru kazaljke na satu

M05 – zaustavljanje rotacije glavnog vretena

M06 – automatska izmjena alata

M07 – uključivanje SHIP-a 2

M08 – uključivanje SHIP-a 1

M09 – isključivanje SHIP-a

M19 – orijentirano (pod određenim kutem) zaustavljanje glavnog vretena

M30 – završetak glavnog programa i “povratak” na početak

M66 – automatska izmjena obradaka

## 2. Trošenje alata, metode mjerenja istrošenosti

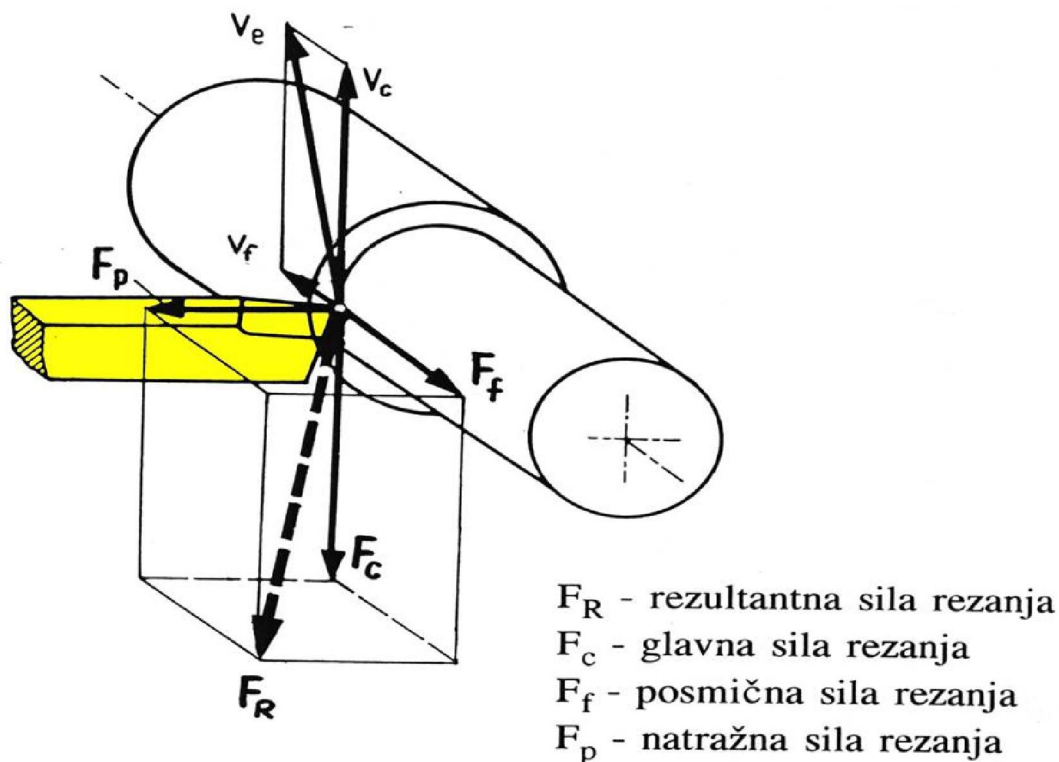
Sigurnost i pouzdanost rada industrijskih proizvodnih procesa vrlo je važan preduvjet ekonomske produktivnosti [3]. Poremećajni procesi, kao što su kolizije, preopterećenja, lom i trošenje alata, još uvijek nisu u potpunosti razumljivi te su stoga uzroci kvarova sustava proizvodnje. Kako bi se spriječio djelovanje pretjeranog trošenja ili eventualnog loma alata, moderni tehnološki sustavi obrađuju posebnu pozornost na predviđanje stanja alata. Brojne teorije nadgledanja nastoje klasificirati i objasniti trošenje alata, ali nitko još ne daje zadovoljavajuće rezultate.

### 2.1 Sile rezanja kod tokarenja [4]

Trošenje reznog alata, kao i utrošak energije pri rezanju zavise od sile rezanja, pa ako su pri obradi određenog materijala manje sile rezanja onda je isti bolje obradiv. Također, prilikom nadgledanja opterećenja na CNC obradnom centru ono se prikazuje preko nastalog momenta koji se definira kao umnožak nastale sile i kraka na kojem djeluje. Odvajanje površinskih slojeva materijala s reznim alatom moguće je ako se na alat narine sila  $F_R$  koja je jednaka vrstici i silama trenja. Najčešće se vektor rezultatne sile rezanja rastavlja na komponente sile rezanja prema slici 1. Tako kod kosog rezanja imamo tri komponente sile rezanja:

- $F_c$  - glavna sila rezanja koja se poklapa s pravcem vektora glavne brzine rezanja,
- $F_f$  - posmična sila rezanja koja djeluje u pravcu posmičnog gibanja alata,
- $F_p$  - natražna sila rezanja koja djeluje u smjeru okomitom na sile  $F_c$  i  $F_f$

Odnosi pojedinih komponenti sile rezanja značajno se mijenjaju sa promjenom odnosa dubine i posmaka, geometrije alata, istrošenjem alata i mehaničkim svojstvima alata.



Slika 1:Komponente sile rezanja kod kosog rezanja [4]

$$F_R = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2}$$

Nema jedinstvene specifične sile ovisne o materijalu obratka, već se ona, pored ostaloga, mijenja i s parametrima obrade.

Najčešće se primjenjuje Kienzle-ov model izražavanja sile rezanja:

$$F_c = k_{c1 \times 1} \cdot b \cdot h^{1-z} \quad k_{c1 \times 1} \text{ - specifična glavna sila (dobije se pri } b=h=1\text{mm)}$$

$$F_f = k_{f1 \times 1} \cdot b \cdot h^{1-x} \quad k_{f1 \times 1} \text{ - specifična posmična sila (dobije se pri } b=h=1\text{mm)}$$

$$F_p = k_{p1 \times 1} \cdot b \cdot h^{1-y} \quad k_{p1 \times 1} \text{ - specifična pasivna sila (dobije se pri } b=h=1\text{mm)}$$

$$b \text{ - širina odvojene estice} \quad b = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}$$

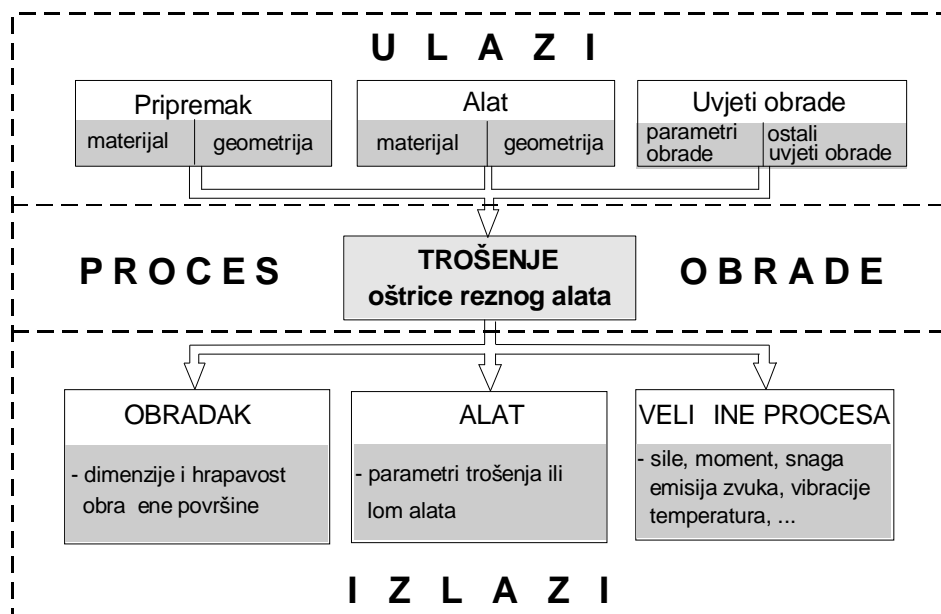
$$h \text{ - debljina odvojene estice} \quad h = f \cdot \sin \kappa_r$$

1-z, 1-x, 1-y = eksponenti ovisni o materijalu obratka

## 2.2 Trošenje alata

Sve procese obrade odvajanjem neizbježno prati i proces trošenja oštrice reznog alata [5]. Proces trošenja nastaje kao posljedica opterećenja kojima je alat izložen tijekom procesa obrade. Proces obrade je determiniran ulazima, odnosno me usobnim odnosom ulaznih veličina, a kao jedna od posljedica opterećenja kojima je alat izložen tijekom procesa obrade, nastaje i proces trošenja (slika 2). Obzirom na veliki broj ulaznih veličina, složenost i broj mogućih interakcija je vrlo velik. Ulazni parametri mogu se podijeliti u 3 skupine:

- parametri vezani uz pripremak
- parametri vezani uz alat
- parametri vezani uz uvjete obrade



Slika 2 Shematski prikaz utjecajnih veličina i posljedica trošenja oštrice alata [5]

Važnija svojstva kojima se opisuje obradak i koja imaju utjecaja na trošenje alata svrstavaju se u dvije skupine:

- fizikalno – mehanička svojstva obratka
- geometrijske značajke obratka

Od fizikalno – mehaničkih svojstava najznačajniji utjecaj imaju tvrdoća, vrstoća, žilavost, kemijska stabilnost, inertnost površine, adhezija prevlake (ili osnovnog

materijala ako alat nema prevlaku), toplinska provodljivost, toplinsko rastezanje, toplinska obrada i stanje, mikrostruktura i geometrija. Veće vrijednosti mehaničkih svojstava uzrokuju veća naprezanja na alatu, a time i intenzivnije i veće trošenje.

Geometrija obradaka može dovesti do toga da neke, inače kontinuirane obrade, dobiju karakteristike prekidnih obrada što utječe na dinamičke karakteristike opterećenja alata, a time i na trošenje.

Utjecajne veličine alata dijele se u dvije skupine:

- skupina veličina kojima se karakteriziraju svojstva materijala alata (i prevlake)
- skupina veličina kojima se karakterizira geometrija alata

Broj utjecajnih veličina alata je iznimno velik iz razloga što postoji sve veći broj novih materijala i geometrije alata, ali i stalna usavršavanja prevlaka i osnova alata.

Uvjeti obrade su ulazna kategorija koja je iste tehnološke prirode i oni su pod neposrednom kontrolom projektanta tehnološkog procesa.

Promatrajući obradni proces, postojanost oštrice alata je ulazna veličina neophodna za planiranje procesa obrade, a trošenje alata je posljedica obradnog procesa koja zbog svoje stohastičnosti, ukoliko se ne prati, može uzrokovati nasilni prekid procesa, oštećenje ili lom alata i obratka. Značaj trošenja i postojanosti oštrice alata očituje se:

- u fazi planiranja tehnološkog procesa
- u fazi praćenja i upravljanja procesom

U fazi obrade cilj je pratiti stupanj istrošenosti alata kako bi se spriječilo da prevelika istrošenost alata bude uzrokom oštećenja alata, obratka ili nekog dijela stroja. Pored toga, praćenje stanja oštrice je preduvjet za složenije razine numeričkog upravljanja, prije svega za adaptivno upravljanje obradnim strojevima i sustavima.

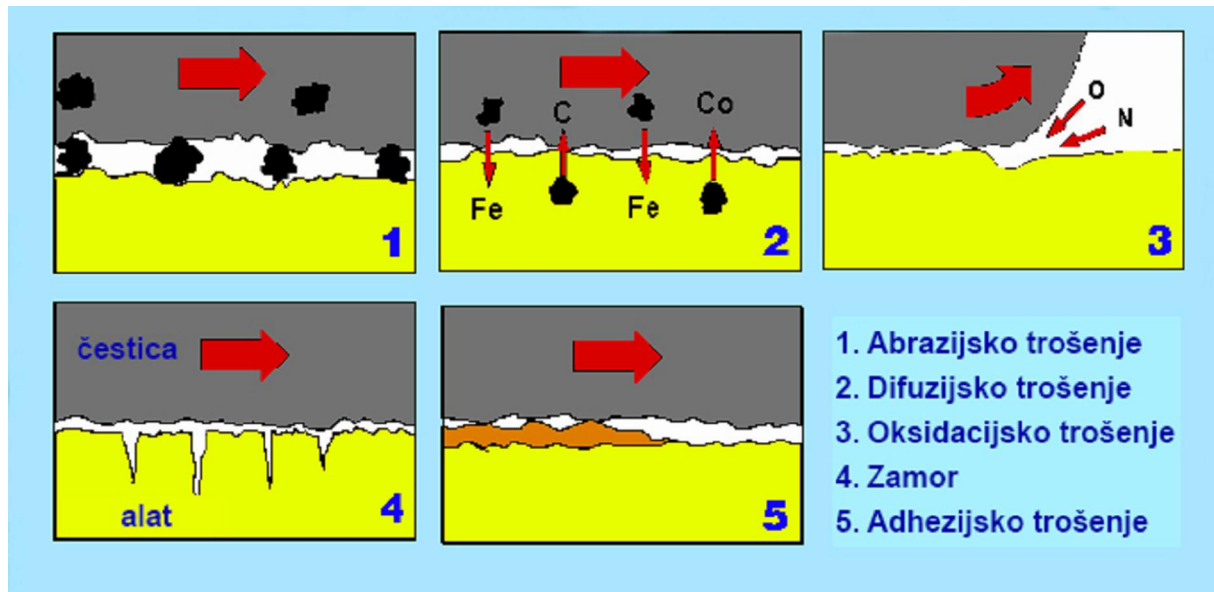
Trošenje alata odvija se u svim uvjetima obrade, jer je trošenje rezultat interakcije između alata, obratka i ostalih uvjeta obrade (SHIP, stezanje..)

Procesi trošenja dijele se u dvije skupine:

- procesi koji su posljedica mehaničkih opterećenja (abrazija i adhezija)
- procesi koji su posljedica kemijskog djelovanja između alata, obratka i okoline (oksidacija i difuzija)



Abrazija i adhezija uvijek su prisutne, a dominiraju kod nižih temperatura obrade dok su oksidacija i difuzija karakteristične za povišene temperature obrade.



Slika 3: Mehanizmi trošenja alata

### 2.2.1 Abrazijsko trošenje

Kod nižih temperatura obradnog procesa prevladavaju efekti mehaničkog opterećenja alata, a trošenje je u najvećoj mjeri uzrokovano abrazijom materijala alata uključujući i obratku, što neki autori uspoređuju s procesom brušenja. Abrazijsko trošenje je uvijek prisutno zbog postojanja velikog broja tvrdih čestica. Ono se najčešće smatra glavnim procesom trošenja u trošenju stražnje površine alata, a sudjeluje pri nastajanju i drugih oblika trošenja. Sposobnost otpora abrazijskom trošenju je u najvećoj mjeri uvjetovana tvrdošću. Alati velike tvrdošće mogu dobro podnositi abraziju (odnosno abrazija je vrlo mala). Poželjno je da alat zadrži tvrdošću i na povišenim temperaturama.

Skupinu alata koji imaju dobru otpornost abrazijskom trošenju čine alati od keramike, dijamanta, CBN-a (kubnog bornog nitrida), PCD-a. Da bi se alatima od brzoreznog elika i tvrdog metala povećala otpornost na abrazijsko trošenje prevlače se slojevima od TiC ili TiN. Kod obrade keramičkim alatima, koji su uglavnom puno veće tvrdošće od materijala obratke, abrazija najčešće nije značajan mehanizam trošenja, ali tvrdi dijelovi obratke ili krhotine alata ipak uzrokuju abrazijsko trošenje na stražnjoj površini alata.

Može se zaključiti da abrazivno trošenje alata još nije potpuno razjašnjeno i da se vrše daljnja istraživanja u cilju modeliranja abrazivnog trošenja i dobivanja alata s velikim stupnjem otpornosti.

### 2.2.2 Difuzijsko trošenje

Pored trošenja uvjetovanog mehaničkim djelovanjem, u trošenju alata sudjeluju i kemijski procesi koji se javljaju na povišenim temperaturama obrade. Svakako je jedna od prepoznatljivih značajki suvremenih obradnih procesa težnja sve većim brzinama obrade, a glavni fizikalni parametar koji se mijenja s brzinom je temperatura. Ako se izuzmu visokobrzinske obrade, kao kategorija obrada kojoj su svojstvene drugačije zakonitosti, porast brzine ujedno znači i porast temperature. Porastom brzine, a time i temperature, kontrolu nad trošenjem preuzimaju toplinski aktivirani procesi, među kojima značajno mjesto ima difuzija.

Difuzijsko trošenje je uzrokovano kemijskim opterećenjima koja se pojavljuju na povišenim temperaturama, a uvjetovano je i afinitetom materijala alata prema materijalu obratka, dok tvrdoća materijala nema značajnog utjecaja. Uvažavajući mišljenja i rezultate mnogih autora može se utvrditi da proces difuzijskog trošenja nije u potpunosti objašnjen i da postoje značajne razlike u procjeni sudjelovanja difuzijskog trošenja u ukupnom trošenju. Sigurno je da je difuzijsko trošenje prisutno kod alata od tvrdog metala i keramike. Tradicionalni TM imaju dobra mehanička svojstva do 800 °C, ali kod viših temperatura im naglo padaju. Keramički materijali zadržavaju dobra svojstva do 1200 °C, dok na višim temperaturama nastupa keramičko trošenje. WC i Ti imaju mekšan afinitet što uzrokuje razvoj difuzijskog trošenja. "Razmjena" atoma ide dvosmjerno, difuzija Fe iz obratka u alat, te difuzija C iz alata u Fe na odvojenoj površini.

Difuzijsko trošenje se smatra glavnim uzrokom kraterskog trošenja, pa je poželjno detaljno poznavanje tog procesa trošenja, kako bi ga se moglo izbjeći, odnosno predvidjeti. Obzirom da svi alatni materijali nemaju istu sklonost difuziji, pravilnim izborom materijala alata i/ili prevlaka može se mnogo uiniti u cilju sprečavanja ovog procesa trošenja.

### 2.2.3 Oksidacijsko trošenje

Oksidacijsko trošenje se svrstava u kemijske, toplinski aktivirane, procese trošenja. Visoka temperatura i prisutnost zraka za većinu metala znače oksidaciju, a nastali oksidi su različitih svojstava. Volfram i kobalt formiraju porozne oksidne filmove koji se lako skidaju dok estica klizi po takvom filmu dovode i do trošenja. Neki oksidi, kao aluminijev oksid, su puno vrš i i tvrdi. Neki alatni materijali su skloniji oksidacijskom trošenju, koje je najjače na dijelu oštrice gdje završava dodir (tamo zrak ima najlakši pristup). Tamo oksidacija dovodi do zarezanog trošenja, a na alatu su takva zarezna djelovanja uočljiva na mjestima gdje je poletak (glavna oštrica) i završetak (pomoćna oštrica) kontakta alata i obratka.

Dobra kontrola oksidacijskih procesa postiže se pravilnim odabirom alata. Kod alata od TM otpornost oksidaciji može se povećati promjenom veziva pa tako bolju otpornost koroziji pruža TM kod kojega se umjesto Co kao vezivo koriste Ni, Cr ili Mo. Međutim u prevlakama koje se najčešće koriste (TiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiN), aluminijev oksid najviše doprinosi toplinskoj i kemijskoj stabilnosti alata.

### 2.2.4 Trošenje uslijed umora

Trošenje uslijed umora materijala alata može biti značajan oblik trošenja. Nastupa kao posljedica periodički promjenjivih mehaničkih i toplinskih opterećenja. Obzirom na uzroke umora, prekidne obrade su sklonije generiranju ovog oblika trošenja. Prekidni rez uzrokuje stalno grijanje i hlađenje te udarce kod ponovnog ulaska alata u zahvat. Među alatnim materijalima ima onih koji imaju bolju otpornost na trošenje umorom, kao i onih koji lakše podliježu tom obliku trošenja. Iste mehanički umor može nastati kao posljedica sila koje su prevelike za vrstu u oštrice alata. To može nastati kod obrade vrstih i tvrdih materijala, velikih posmaka ili kod male tvrdoće alatnog materijala.

Pukotine uslijed mehaničkog umora mogu nastati kod velikih udarnih opterećenja. To je zapravo lom izazvan kontinuiranim promjenama opterećenja te su takve pukotine najčešće paralelne s oštricom.

### 2.2.5 Adhezijsko trošenje

Javlja se uglavnom kod nižih temperatura i to na su eljima alata i obratka te alata i odvojene estice. Ovaj mehanizam je esto u sprezi sa stvaranjem naslage – naljepka. To je dinami ki proces s uzastopnim zavarivanjem i otvrdnjavanjem estica na prednjoj površini alata ime naslaga postaje dio alata. Naslaga se trga i ponovno nastaje, a pri trganju može sa sobom nositi i sitne djeli e alata. Neke kombinacije materijala alata i materijala obratka su sklonije ovom “tla nom-zavarivanju” , npr. žilavi elici. Kod ve ih temperatura obrade uglavnom nestaju uvjeti za stvaranje naslage.

Odre ena temperaturna podru ja, afinitet izme u materijala alata i obratka te optere enja silama, svojom kombinacijom uzrokuju adhezijsko trošenje. Kod obrade materijala koji otvrdnjavaju deformacijom, npr. austenitni nehr aju i elici, ovaj mehanizam trošenja dovodi do brzih lokalnih trošenja na granicama dodira.

Adhezijsko trošenje se javlja na nižim temperaturama i svojstveno je alatima od brzoreznog elika i alatima od tvrdog metala kod rada na manjim brzinama, a sudjeluje u oblicima trošenja na prednjoj površini alata, vrhu alata te pomo noj oštrici. Veliko adhezijsko trošenje narušava kvalitetu obra ene površine kd završne obrade i donekle slabi oštricu. Kod obrade velikim brzinama slabi utjecaj adhezijskog trošenja.

## 2.3 Metode mjerenja istrošenosti reznih alata [6]

U svrhu preciznog odre ivanja stupnja istrošenosti reznih alata, danas se koristi niz razli itih vrsta mjernih sustava, metoda obrade signala te izdvajanja i odabira zna ajki trošenja.

Na mjerne se sustave postavlja niz zahtjeva s obzirom na konstrukcijom definirane zna ajke alata i alatnog stroja te karakteristike obradnog procesa. Oni bi trebali zadovoljiti sljede e kriterije:

- visok stupanj osjetljivosti na trošenje alata u razli itim uvjetima obrade
- veliku otpornost na ne isto e, odvojene estice te mehani ke, elektromagnetske i toplinske utjecaje
- mogućnost prigušenja šumova
- jednostavnu gra u uz malu potrebu za održavanjem
- jednostavnu integraciju u postoje e strukture alatnih strojeva

Metode mjerenja stupnja istrošenosti reznih alata mogu se općenito kategorizirati u skupinu direktnih i indirektnih metoda. U direktne metode spadaju sve one tehnike mjerenja pomoću kojih se izravno identificira stanje oštrice alata, tj. kvantificira aktualna vrijednost razmatranog parametra trošenja. Ovim se metodama mjerenja dolazi do vrlo preciznih spoznaja o stupnju istrošenosti alata. Nedostatak direktnih metoda predstavlja moguća osjetljivost utjecaja raznih elemenata obrade (npr. odvojenih estica ili sredstava za hlađenje) na kvantifikaciju istrošenosti alata, relativno visoka cijena i komplicirana instalacija. Kako većina direktnih metoda spada u skupinu prekidnih metoda mjerenja (nadzora) koje se primjenjuju u situacijama kada alat nije u zahvatu, u ozbiljniji nedostatak može im se ubrojiti i kašnjenje u procjeni stupnja istrošenosti.

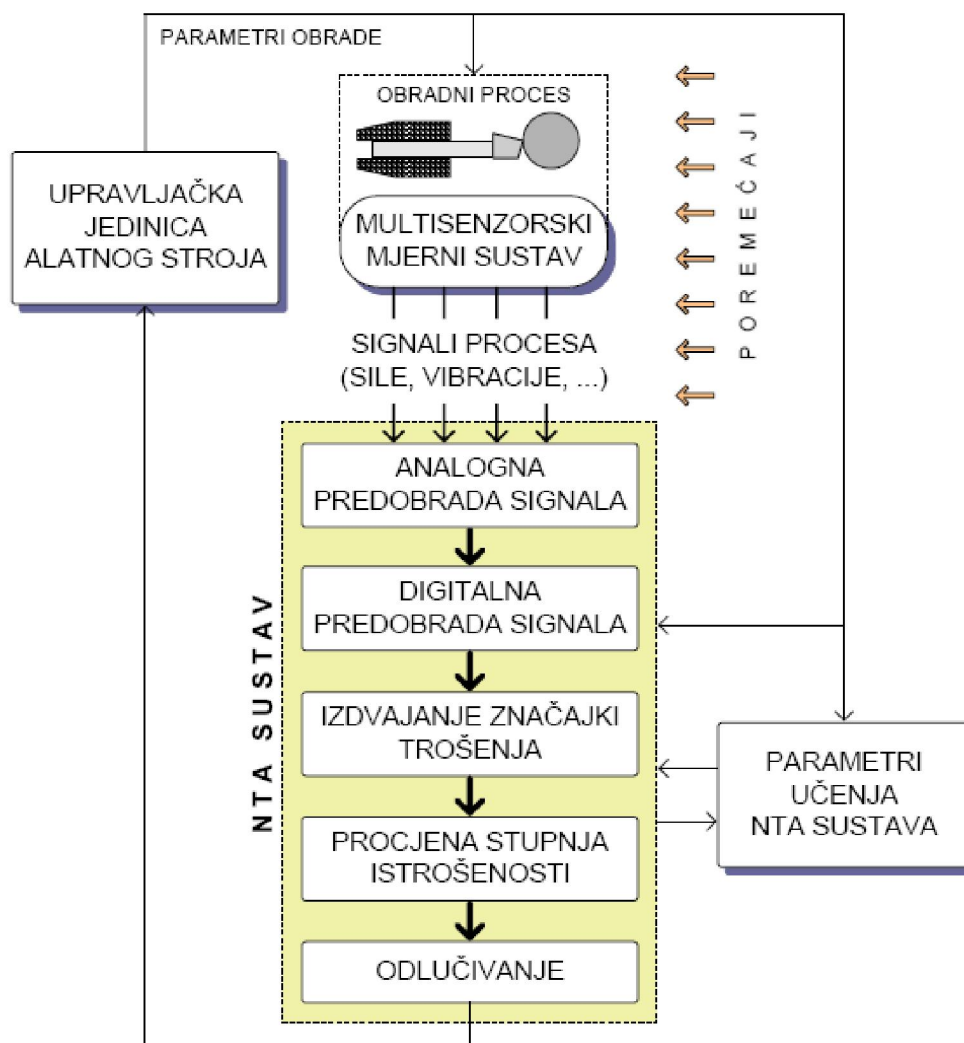
Kod indirektnih se metoda procjena parametara trošenja vrši tijekom rezanja i to posrednim putem primjenom različitih parametara procesa vezanih uz trošenje alata (sile rezanja, vibracije). Budući da se u ovom slučaju parametri trošenja ne mjere direktno, iz snimljenih je signala nužno izlučiti niz različitih tipova značajki trošenja pomoću kojih se zatim procjenjuje stupanj istrošenosti reznog alata. Jednostavnost u instalaciji i postupcima mjerenja, s jedne strane, te u realnom smislu često vrlo zahtjevna obrada signala, s druge strane, spadaju među osnovne karakteristike indirektnih tehnika mjerenja. Njihova najvažnija karakteristika vezana je uz mogućnost praćenja dinamike trošenja u realnom vremenu (kontinuirani ili "on-line" režim nadzora), čime se osigurava nužan preduvjet inteligentnog vođenja alatnog stroja te doprinosi autonomnosti sustava. Stoga su indirektni mjerni sustavi danas najčešći izbor u konstrukciji i prevladavajući trend razvoja automatiziranih sustava nadzora trošenja reznih alata.

Kako svaka vrsta signala ima svoje prednosti i nedostatke može se ustvrditi da je preduvjet uspješnog nadzora trošenja reznih alata primjena različitih vrsta signala i značajki trošenja te odabir onih značajki koje su ostvarile najveće i stupanj korelacije sa stupnjem istrošenosti alata u razmatranom koraku procjene.

### 3. Nadzor trošenja oštrice reznih alata

Primarni oblici nadzora trošenja reznih alata pretpostavljaju vidne, slušne i intelektualne kapacitete operatera [5], pomo u kojih se nastoji izbje i ili prepoznati lom alata. Savremeni inteligentni sustav za nadzor trošenja reznih alata [6] (NTA-slika 4) trebao bi svojim karakteristikama zamijeniti i nadograditi ljudske napore i kapacitete u smislu kontinuiranog, robusnog, brzog i preciznog određivanja parametara trošenja oštrice alata. Time bi se:

- poveao stupanj sigurnosti rada stroja, što posebno dolazi do izražaja u situacijama visokog stupnja istrošenosti alata ili prilikom njegovog loma
- osigurala potrebna dimenzijska postojanost obratka i kvaliteta obrađivane površine
- dodatno racionalizirali proizvodni troškovi



Slika 4: Inteligentni sustav za nadzor trošenja reznih alata [6]

Kontinuirani nadzor trošenja oštrice alata potreban je zbog pravodobne zamjene alata. Neovisno da li je riječ o konvencionalnim obradnim strojevima, kod kojih se zamjena alata vrši na temelju intuitivnog osjećaja operatera ili o serijskoj proizvodnji na CNC strojevima, kod kojih se zamjena alata najčešće vrši na temelju predviđene (projektirane) postojanosti, zamjena alata najčešće nije pravodobna, tj. alati se mijenjaju prerano ili prekasno. Nadzor alata treba omogućiti izbor optimalnog smjera djelovanja tj. dati odgovor na pitanje da li nastaviti obradu, promijeniti neki parametar ili zamijeniti alat. Stoga je problem nadzora alata vrlo značajan izazov i u fokusu je mnogih znanstvenika. Stupanj autonomnosti obradnih strojeva i sustava bitno je ograničen bez funkcije nadzora nad stanjem alata. Jedna od važnijih tendencija suvremene proizvodnje jest smanjenje troškova uz istodobnu težnju većoj kvaliteti i kraćem vremenu obrade. Općenito je mišljenje da je inteligentna i na osjetilima zasnovana proizvodnja presudna za ostvarenje tog cilja. To stavlja nove zahtjeve na sigurnost rada i primjenjivost osjetilnih sustava za nadzor alata.

Trenutno su najvažniji osjetilni sustavi oni koji koriste posredna, kontinuirana mjerenja s osloncem na korelaciju koja postoji između u mjerljivih veličina procesa obrade i trošenja alata. Među njima je najzastupljenije osjetilo sila rezanja ili veličina izvedenih od sila (deformacija, moment, snaga).

### 3.1 Nadzor trošenja alata pomoću osjetila sile [5]

Najčešći i najvažniji osjetilni sustavi za posredni, kontinuirani nadzor trošenja temelje se na silama rezanja ili veličinama izvedenim od sila (deformacija, moment, snaga). Svi ovakvi sustavi za nadzor koriste činjenicu da trošenje alata uzrokuje promjene (uglavnom porast) sila rezanja. Da bi se kontinuiranim mjerenjem sila rezanja omogućilo određivanje trošenja alata u svakom trenutku, potrebno je poznavati točan odnos između sila rezanja i trošenja. Za to su potrebna sustavna istraživanja odnosa između sila rezanja i trošenja, kod različitih postupaka obrade i kod različitih oblika trošenja. Između trošenja alata i sila rezanja postoji korelacija, ali se potvrđuje u određenoj mjeri da je nadzor stanja alata, koristeći samo sile rezanja, vrlo težak.

Glavni problem kod nadzora stanja alata mjerenjem sila su sljedeći:

- sile rezanja variraju s nekoliko varijabli kao što su tvrdoća materijala, homogenost (struktura) i parametri obrade

- kombinirani u inak kraterskog trošenja i trošenja stražnje površine alata teško se može kvantificirati i na sile rezanja djeluje na in koji je “nepredvidiv”
- kod nekih vrsta prevu enog TM sile rezanja se jako malo mijenjaju s trošenjem
- nema fizikalne osnove kojom bi se opravdalo pove anje omjera sila s porastom trošenja.

Rezultati mnogih radova potvr uju injenicu da promjena glavne sile rezanja s trošenjem podliježe slujanim promjenama i nema stalan trend. Druge komponente sile su pokazale znaajan porast s porastom trošenja, premda se podaci, ovisno o uvjetima eksperimenta, bitno razlikuju. Istraživanja na alternativnim signalima za nadzor alata nisu dala bolje rezultate pa u usporedbi sa drugim veli inama koje se koriste za nadzor alata, sile rezanja imaju najve i potencijal, a i do sada su imale najve u primjenu. U uporabi su i osjetila kod kojih se nadzor temelji na snimanju neke od veli ina koje su posljedica sila rezanja. To se prvenstveno odnosi na osjetila deformacije, momenta, snage i struje. Premda se, u ve ini situacija, može pokazati da je ugradnja takvih osjetila jednostavnija i jeftinija, treba zapamtiti da što idemo dalje od procesa obrade to je manja pouzdanost.

## 3.2 Nadzor trošenja alata primjenom AE signala

Emisija zvuka je po primjenjivosti u istraživanjima i po potencijalu koji pruža za nadzor alata odmah do veli ina sile. Ona je posljedica elasti nih naprezanja i deformacija koje nastaju tijekom procesa obrade i prenose se na strukturu sloja. Kao i kod drugih pojava važnih za teoriju rezanja, najvažnije zone za emisiju zvuka su smi na ravnina, prednja površina alata te stražnja površina alata. Kako su krhanje i lom alata izvori emisije zvuka, onda je AE signal povoljan za njihovu detekciju, odnosno za nadzor tih oblika trošenja. Zvu na (akusti na) energija može se opisati kao prijelazna elasti na energija koja se osloba a u materijalu koji doživljava deformaciju, lom ili oboje.

AE osjetilo se esto koristi u sprezi sa osjetilom sile. Pri tome se koristi spoznaja da neposredno prije loma alata, sila rezanja ima blagi porast, da bi odmah zatim naglo pala. Uzrok porastu sile je zaglavljivanje otrgnutog dijela alata izme u alata i obratka, a kad taj dio otpadne nastupa nagli pad sile. Sama promjena sile



rezanja može biti dobar indikator loma alata, ali sama sila rezanja je funkcija parametara obrade i mijenja se kako se mijenjaju uvjeti obrade, a zna ajno se mijenja kada alat ulazi i izlazi iz zahvata. Usporedbom AE signala i signala sile, utvr eno je da skok AE signala nastupa prije naglog pada sile rezanja. Skok AE signala pokre e ispitivanje sile rezanja kako bi se utvrdio lom alata. Ako sila rezanja, nakon skoka AE signala, naglo padne, može se utvrditi da je došlo do loma (ispada) alata. U protivnom, rije je normalnoj obradi.

U zaklju nom dijelu može se re i da je najve a aktivnost osjetilne tehnologije za nadzor trošenja alata prisutna kod AE signala, koji se esto kombinira s osjetilom sile. Postoji mnogo pokušaja da se sila i AE signal koriste za nadzor alata. Obje veli ine se ponašaju razli ito pri pojavi kraterskog trošenja i pri trošenju stražnje površine. I kod jedinstvenog tipa trošenja mogu se pojaviti velike nepravilnosti kod AE signala i signala sile, št i ih ini nesigurnim kao samostalne veli ine za nadzor trošenja.

### 3.3 Nadzor trošenja alata primjenom signala vibracija

Uz silu rezanja, snagu, struju, AE signal i dimenzije obratka i vibracije spadaju u skupinu veli ina koje se esto koriste za nadzor alata. Premda je signal vibracija pokazao dobru korelaciju sa trošenjem, posebno s lomom alata, vrlo malo se koristi za nadzor kao pojedina no osjetilo. Zna ajnijom primjenom višeosjetilnih sustava možda e porasti i primjena osjetila vibracije.

*U nastavku biti e opisan nadzor rezne oštrice primjenom M-funkcija (to su jedna vrsta prekida kih funkcija kao što je i ranije objašnjeno) kao i pripadaju i rezultati dobiveni eksperimentom koji se sastojao od korištenja funkcije koja omogu ava nadgledanje optere enja posmi ne osi prilikom finog tokarenja na stroju OKUMA LB3000 EX.*

## 4. Tvornica željeznih vozila „Gredelj“ d.o.o.

U tvrtci TŽV „Gredelj“ d.o.o. Zagreb instalirana je CNC tokarilica s mogućnošću primjene M-funkcija za praćenje promjena momenta motora posmičnog prigona, a time i stupnja istrošenosti reznog alata. U ovom završnom projektu bilo je potrebno izvršiti ispitivanja koja su pokazala mogućnosti primjene spomenutih funkcija pri postupku završne obrade tokarenjem. Prije nego se detaljno opiše cijeli postupak i obrazlože se rezultati koji su dobiveni samim provođenjem ispitivanja, potrebno je spomenuti tvrtku TŽV „Gredelj“ d.o.o. te opisati njene glavne značajke kao i stroj koji je korišten pri eksperimentu.

Tvornica željeznih vozila Gredelj utemeljena je 1894. godine [7] kao glavna radionica Maarskih državnih željeznica za popravak i glavni pregled parnih lokomotiva. Ubrzo nakon osnivanja proširuje svoju djelatnost na izradu dijelova i alata potrebnih za održavanje željeznih vozila. Kao nositelj tehnološkog razvoja toga vremena, uspijeva okupiti kvalitetnu skupinu tehničkih stručnjaka koji su trasirali put budućem razvoju tvornice.



Slika 5: Proizvodno okruženje TŽV-a na Vukomercu [7]

Proizvodni program TŽV-a „Gredelj“ može se podijeliti u 3 glavne skupine:

- projektiranje i proizvodnja svih vrsta vagona, tramvajskih vozila, okretnih postolja, električnih lokomotiva, sanduka, posuda pod tlakom, vretenastih dizalica raznih nosivosti, otkivaka svih oblika i kakvoće, odljevaka sivog lijeva i obojenih kovina, samohodnih vozila za brušenje tramvajskih tračnica i drugo.
- remont i održavanje dizelskih i električnih lokomotiva, dizel-motornih i elektromotornih vlakova, putničkih, službenih i poštanskih vagona, teretnih vagona, posuda pod tlakom, vretenastih dizalica, alatnih strojeva i tramvajskih vozila.
- usluge termičke obrade, ispitivanja materijala, kovanja, graviranja i umjeravanja opreme. Na raspolaganju su također kemijski i mehanički laboratorij.

U nastavku se nalaze slikoviti prikazi nekih dijelova proizvodnog programa:



a (vagon 1.razreda At)



b (vagon 2.razreda Bee)



c (vagon za spavanje WI)



d (putnički Belt vagon)



e (specijalni vagon)

Slika 6: Vagoni proizvedeni u „Gredelju“ [7]



a (elektromotorni vlak serije 6111)



b (diesel-motorni vlak serije 7121)



c (elektri na lokomotiva 1141)



d (lokomotiva 1061)



e (lokomotiva DB V220)



f (lokomotiva 2062)



g (lokomotiva DHL 2132)



h (lokomotiva tipa 732)

Slika 7: Vlakovi proizvedeni u „Gredelju“ [7]



a (niskopodni TMK 2200)



b (TMK 2100)

Slika 8: Tramvaji proizvedeni u „Gredelju“ [7]



a (vretenasta dizalica VD-25t)



b (okretno postolje Y25 Lsd 1)



c (osovinski sklopovi)

Slika 9: Ostali proizvodi tvrtke „Gredelj“ [7]

## 4.1 OKUMA SPACE TURN LB3000 EX

Kao što je i ranije spomenuto, u TŽV-u „Gredelj“ d.o.o. instalirana je CNC tokarilica tj. tokarski obradni centar marke OKUMA tipa SPACE TURN LB 3000 EX (slika 11). Stroj je u vlasništvu „Gredelja“ približno 2 godine, a me u zadnjim poslovima koji su na njoj rađeni, prije demontaže te preseljenja na novu lokaciju na Vukomerec, bili su izrada svornjaka ili takozvanih „bravica“ (slika 10) koje su korištene u proizvodnji novih niskopodnih tramvaja TMK 2200.



Slika 10: „Bravice“ rađene na CNC obradnom centru

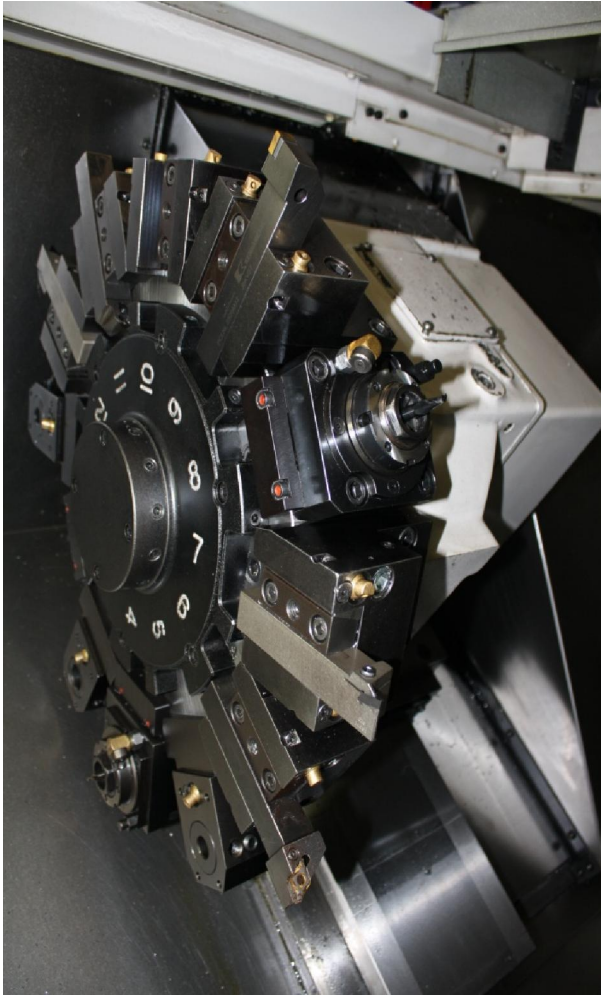


Slika 11: CNC obradni centar OKUMA SPACE TURN LB3000 EX

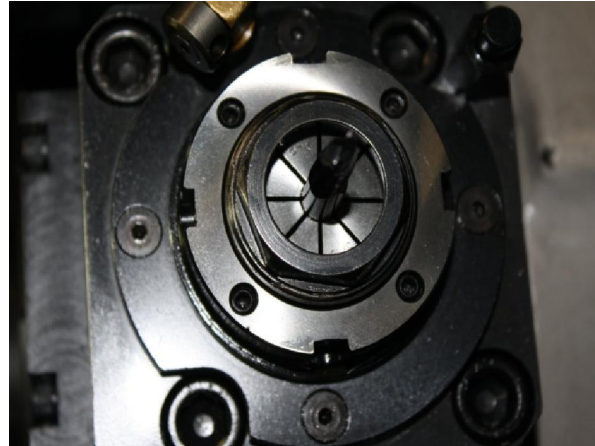
Karakteristike obradnog centra su sljedeće [8]:

- maksimalni promjer tokarenja – 410 mm
- maksimalna duljina obrade – 250, 500, 1000 mm
- maksimalni broj okretaja glavnog vretena –  $5000 \text{ min}^{-1}$
- maksimalni broj mjesta za alate na revolverskoj glavi – 12 (slika 12)
- snaga motora – 22 kW

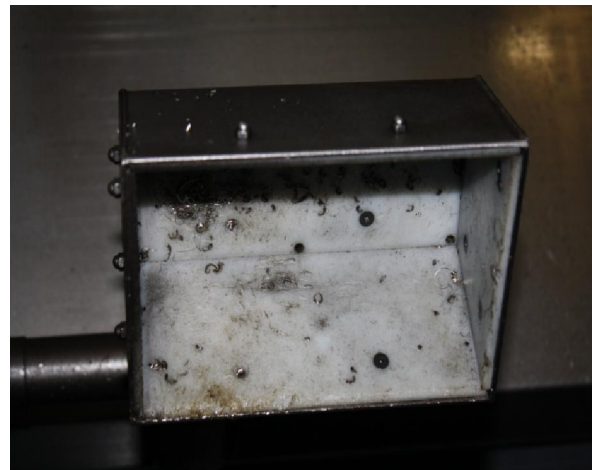
OKUMA SPACE TURN LB3000 EX je stroj koji se odlikuje visokom točnom preciznosti kao i stabilnosti pri povišenim temperaturama zahvaljujući korištenju dijelova visoke kvalitete te zbog tehnološke inovativnosti u odnosu na CNC obradne centre prethodnih serija.



Slika 12: Revolverska glava sa 12 mjesta



Slika 13: Pokretni alati na revolverskoj glavi



Slika 14: Pihvat obratka nakon operacije

Posudica prikazana na slici 14 služi za neometanu izmjenu obradaka tj. nakon što je ciklus obrade završio, stezne eljusti otpuštaju radni komad te on ispada sa amerikanera u posudu koja tada prebacuje izradak izvan radnog prostora kroz otvor na vratima stroja.

CNC obradni centar na kojem je vršeno ispitivanje, dakle, ima mogućnost automatske izmjene obradaka (AIO). Da bi to bilo moguće, potrebno je i spremište materijala za obradu koje se nalazi lijevo od stroja (slika 15), a dodavanje materijala do steznih eljusti omogućeno je kroz glavno vreteno.



*Slika 15: Spremište materijala za obradu*



## 4.2 Materijal za obradu korišten kod ispitivanja

Prilikom ispitivanja, koje je provedeno na spomenutoj CNC obradnom centru, korišten je nehr aju i elik X5CrNi18-10. Ovo je daleko najkorištenija vrsta nehr aju ih elika. Prednosti ovog materijala leže u tome da se može oblikovati i dobro zavarivati. Ta svojstva omogu avaju izvedbu složenih oblika, oštih rubova i nevidljivih varova.

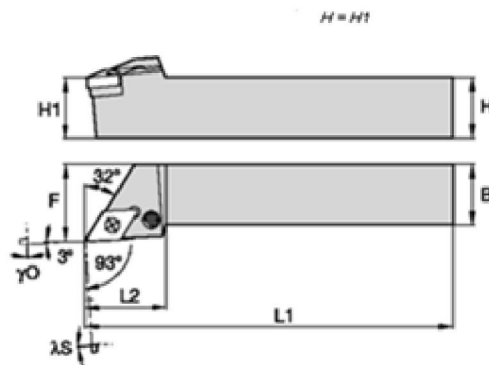
Karakteristike materijala X5CrNi18-10 [9]:

- austenitna mikrostruktura
- 0,07% C
- 1,00% Si
- 2,00% Mn
- 0,045% P
- 0,030% S
- 0,11% N
- 17,5% - 19,5% Cr
- 8,0% - 10,5% Ni
- na in proizvodnje – hladno oblikovanje
- gusto a – 8000 kg/m<sup>3</sup>
- specifi na toplina – 500 J/KgK
- temperatura taljenja – 1450 °C
- toplinska vodljivost – 16 W/mK
- vla na vrsto a – 580 do 760 Mpa

### 4.3 Drža alata korišten prilikom ispitivanja

Prilikom ispitivanja na obradnom centru korišten je drža alata proizvođača Kennametal (slika 17) sa oznakom PDJNL 2525 M15.

#### KENLEVER™ drža i alata KENLOCT™



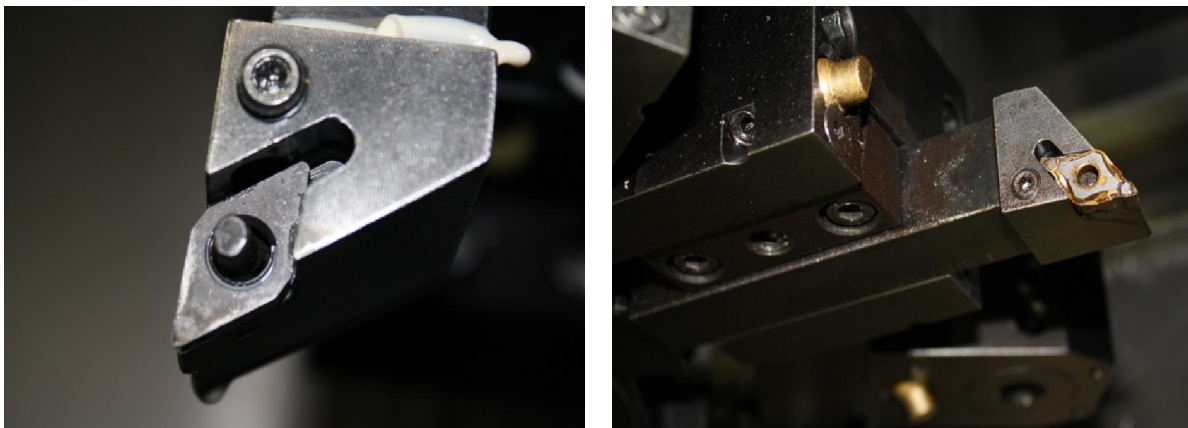
#### ■ PDJN 93°

catalog number	H	B	F	L1	L2	FA	L1A	λS*	γ0*
PDJNL2525M15	25	25	32,0	150	36,0	-	-	-7.0	-6.0

gage insert	shim	shim pin	punch pin	lever	lever screw
DN..150608	512.153	513.023	515.018	511.024	514.128

Slika 16 : Katalog drža a Kennametal [10]

Kao što je iz slike vidljivo, visina i širina drža a iznose po 25 mm što se može zaključiti i sa oznake drža a 2525. Na drža u se također nalazi i podložna plo čica.



Slika 17: Drža alata oznake PDJNL2525M15

## 4.4 Korišteni alat prilikom ispitivanja

Alat koji je korišten prilikom ovog ispitivanja također je proizvođača Kennametal sa oznakom DNMG 150604 CT KC5010 (slika 20).



**KENLOC** rezne pločice

■ DNMG-CT

ISO catalog number	ANSI catalog number	D		L10		S	
		mm	in	mm	in	mm	in
DNMG150604CT	DNMG441CT	12,70	1/2	15,50	.610	6,35	1/4

Rr		D1		ISO catalog number	ANSI catalog number
mm	in	mm	in		
0,3	.013	5,16	.203	DNMG150604CT	DNMG441CT

Slika 18: Katalog alata Kennametal [10]

Duljina rezne oštrice korištenog alata iznosi 15,5 mm, debljina iznosi 6,35 mm, a polumjer vrha alata iznosi 0,3 mm što se i djelomično može očitati sa alatne oznake 150604. Materijal alata je tvrdi metal tvrdoće 1500 HV.

Alat ima 4 rezne oštrice:

- 1 kod CT
- CT kod 04
- CT kod 1
- 04 kod CT



Slika 19: Rezni alat na drža u



Slika 20: Korištena rezna plo ica



Slika 21: Alat za mijenjanje plo ica

## 5. Programiranje CNC strojeva

Programiranje CNC strojeva je kodiranje geometrijskih i tehnoloških informacija [2] potrebnih za izradu nekog dijela na CNC stroju.

Na ini programiranja su:

- ru no programiranje
- automatizirano programiranje (korištenje programski orjentiranih jezika, procesora)
- programiranje u CAD/CAM sustavima
- ekspertni sustavi i tehnike AI

Program je skup kodiranih geometrijsko – tehnološko – funkcionalnih naredbi kojima se putem razli itih medija daju upravlja koj jedinici numeriki upravljanog stroja unaprijed zamišljene radnje.

Prve upravlja ke jedinice bile su bez ra unala i nosile su naziv NC upravlja ke jedinice (Numerical Control), a budu i da se program sastojao od brojaka i slova nazvano je Numeriki upravljanje. Današnje upravlja ke jedinice gra ene su na principu korištenja mikroprocesora tj. malog elektroni kog ra unala koje se može programirati i time ostvariti proces numeriki upravljanja. Zbog toga se te upravlja ke jedinice nazivaju CNC (Computer Numerical Control) upravlja ke jedinice.

Osnovne razlike izme u klasi nih i CNC strojeva su sljede e [11]:

- pogon stroja – kod klasi nih strojeva radi se o skupnom pogonu tj. jedan motor pogoni i glavno vreteno i ostala gibanja radnog stola, dok kod CNC strojeva postoji jedan glavni motor za pogon glavnog vretena, a gibanje po osima ostvaruju posebni istosmjerni motori.
- upravljanje stroja – izvodi se kod klasi nih strojeva ru no ili strojno preko ru ica za upravljanje dok CNC strojevi imaju upravlja ku jedinicu (tastatura i monitor) i rade automatski preko programa
- mjerni sustav stroja – kod klasi nih strojeva sastoji se od skale dok CNC stroj ima precizni linearni sustav mjerenja
- pomak radnog stola – ostvaruje se trapeznim navojem ili kugli nim navojnim vretenom kod CNC stroja

Samom programiranju prethodi odgovarajuća priprema koja se sastoji od izrade tehnološke dokumentacije u tehnici koju pripremi. Pri tome je potrebno prikupiti podatke o steznim i reznim alatima, stroju i režimima rada. Programiranje i sam ispis programa slijedi nakon što se izradi plan rezanja, koji je najvažnija tehnološka dokumentacija. Prije same izrade prvog komada na stroju vrši se simulacija programa.

Neki strojevi kao npr. OKUMA sadrže dodatne funkcije u svojim upravljačkim sustavima koji imaju sustav za nadzor obradnog stroja naziva CAS – „Collision Avoidance System“ koji služi kako bi tijekom izvođenja simulacije nadgledao putanju pokretnih dijelova alatnog stroja te zaustavio operaciju ukoliko bi došlo do kolizije između dijelova stroja.

Proces izrade dijelova na CNC strojevima sastoji se od sljedećih aktivnosti:

- razrada tehnologije i utvrđivanje redosljeda zahvata, alata i režima rada
- priprema alata
- programiranje
- priprema stroja
- simulacija programa
- izrada prvog komada u seriji
- serijska proizvodnja

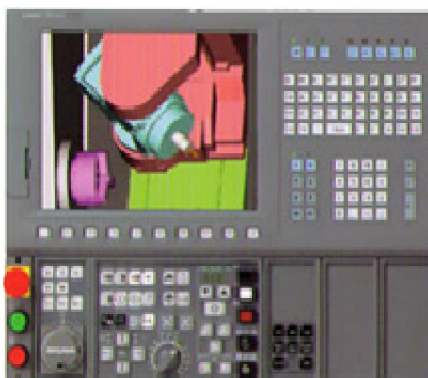
Uz nabrojane aktivnosti postoji i kod klasičnih alatnih strojeva, međutim ono što je svojstveno CNC strojevima to je programiranje. Programiranje pomoću računala podrazumijeva automatsko programiranje samog računala na osnovu izabranih parametara programera kao što su dimenzije sirovca, put alata, izbor alata, režima rada u posebnim softverima kao što su CATIA, MASTERCAM, SOLIDCAM i dr. Ovime se skraćuje vrijeme i smanjuju troškovi izrade programa te je brža izrada prvog komada na stroju.

Suvremeni strojevi posjeduju niz specijalnih funkcija koje poboljšavaju rad alatnog stroja, kvalitetu obradene površine, smanjuju vrijeme izrade i troškove proizvodnje te tako čine poduzeće rentabilnije i konkurentnije na tržištu. Jedna od tih funkcija je i funkcija nadgledanja opterećenja koja je detaljnije opisana u nastavku.

## 5.1 Funkcija za nadgledanje optere enja

CNC obradni centar koji je instaliran u Gredelju pruža mogućnost nadgledanja optere enja na svojim osima preko specijalnih funkcija koje su na taj stroj instalirane.

Upravljanje koje OKUMA koristi ima oznaku OSP-P200L (slika 22). Moderne tvornice za proizvodnju elektroni ke opreme proizvele su računalo sa tankim zaslonom i izvrsnim performansama za potrebe proizvodnje visoke kvalitete.



Slika 22: OSP-P200L [13]

U nastavku je opisan način na koji funkcija za nadgledanje optere enja radi te način na koji se programira i kako se sa njom upravlja na CNC obradnom centru. Potrebno je posebno proučiti uputstva za uporabu jer u protivnom krivi način rukovanja i programiranja rezultira netočnim rezultatima nadgledanog procesa.

## 5.2 Dio I Funkcija nadgledanja optere enja [12]

Funkcija nadgledanja optere enja nadgleda silu rezanja na posmi noj osi, vretenu i pokretnim alatima na revolverskoj glavi. Optere enje je nadgledano u skladu sa nadgledanim rasponima (nadalje „dijelovi“) i nadgledanim naredbama za osi navedenim u NC programu. Ako otkrivena sila rezanja premašuje prethodno postavljenu 1. granicu, javlja se alarm C koji ozna uje preoptere enje. Ako premašuje prethodno postavljenu 2. granicu, javlja se alarm A koji ozna uje lom alata.

Prije nego se može provesti nadgledanje optere enja mora se napisati NC program i moraju se postaviti razine ograni enja. Kada se stvara NC program, tada treba dodijeliti brojeve „dijelovima“ i odrediti osi koje e se nadgledati za dijelove programa u kojima je potrebno nadgledanje. Za svaki revolver može biti odre eno do 64 „dijela“. 1. i 2. granica može se postaviti za svaki nadgledani raspon i os pomo u automatskog ili ru nog postavljanja potrebnih vrijednosti. Nadgledanje je izvršeno uspore ivanjem tih razina ograni enja sa otkrivenim silama rezanja.

### 5.2.1 NC program

Svi programi koji su povezani sa nadgledanjem optere enja napisani su koriste i sistemsku varijablu VLMON.

#### 5.2.1-1 Format sistemske varijable VLMON

VLMON [broj dijela] = broj nadgledane osi

Broj dijela : 1 do 64

Broj nadgledane osi

0	...	nadgledanje optere enja isklju eno za sve osi
1	...	uklju eno nadgledanje optere enja X osi
2	...	uklju eno nadgledanje optere enja Z osi
4	...	uklju eno nadgledanje optere enja C osi
8	...	uklju eno nadgledanje vretena
16	...	uklju eno nadgledanje pokretnih alata na revolverskoj glavi
32	...	uklju eno nadgledanje W osi



64	...	uklju eno nadgledanje pomo nog vretena
128	...	uklju eno nadgledanje Y osi
256	...	uklju eno nadgledanje B osi

Da bismo nadgledali optere enje na dvije ili više osi istovremeno, treba navesti sumu brojeva nadziranih osi.

#### Primjer 1:

Da bismo istovremeno nadgledali optere enje na X i Z osi kod revolvera A, pomo nog vretena i W osi treba navesti sljede e:

$$\text{VLMON [ ]} = 1+2+32+64 = 99$$

#### Primjer 2:

Da bismo istovremeno nadgledali optere enje na X i Z osi kod revolvera B, pokretnih alata na revolverskoj glavi i C osi treba navesti sljede e:

$$\text{VLMON [ ]} = 1+2+4+16 = 23$$

### 5.2.1-2 Naredba za uklju enje/isklju enje nadgledanja

Nadgledanje je uklju eno i isklju eno pomo u sistemske varijable VLMON koju je potrebno odrediti prije i poslije programa za dio koji se nadgleda. Primjer programa 1, koji se nalazi u nastavku, prikazuje naredbe u kojima se odre uje uklju ivanje i isklju ivanje nadgledanja Z osi u dijelu 1.

#### Primjer programa 1:

```
N010 VLMON [1] = 2    ...    nadgledanje uklju eno
    ... rezni program    ...
N020 VLMON [1] = 2    ...    nadgledanje isklju eno
```

### 5.2.1-3 Određivanje višestrukih „dijelova“ za nadgledanje

Na svakom revolveru može se odrediti do 64 „dijela“ za nadgledanje. Potrebno je isključiti nadgledanje dijela koji se trenutno nadgleda prije prelaska na drugo nadgledanje. Također treba prekinuti prethodno određeni dio prije mijenjanja nadgledane osi unutar istog dijela. Primjer programa 2, koji se nalazi ispod, prikazuje naredbe u kojima se određuje nadgledanje sljedećim redoslijedom: Z-os u dijelu 1, X-os u dijelu 2 i Z-os u dijelu 3.

Primjer programa 2:

```

N09          G00   X Z
N010  VLMON [1] = 2   G01   X Z F
      : rezni program      :
N020  VLMON [1] = 0   G00   X Z
N021  VLMON [2] = 1   G01   X Z F
      : rezni program      :
N030  VLMON [2] = 0   G00   X Z
N031  VLMON [3] = 2   G01   X Z F
      : rezni program      :
N040  VLMON [3] = 0           X Z

```

[Dodatak]

- 1) Nema nikakvih zabrana na odnosu između brojeva „dijelova“ i brojeva alata, ali se programi mogu napraviti tako da se lakše prate osnivanjem takve vrste odnosa kakav je prikazan ispod:

Alat 1:

```

grubo tokarenje ... dio 1
fino tokarenje   ... dio 11

```

Alat 2:

```

grubo tokarenje ... dio 2
fino tokarenje   ... dio 22

```

- 2) Nadgledanje se ne može uključiti ili isključiti za pojedinačni „dio“ u LAP ciklusu. Da bismo nadgledali samo dijelove LAP ciklusa koji uključuju posmak, treba koristiti funkciju zanemarivanja brzog hoda (odnosi se na funkciju zanemarivanja brzog hoda, M215, M216).
- 3) Kada je naredba za uključivanje ili isključivanje nadgledanja određena u bloku koji sadrži naredbe za gibanje osi, ona počinje utjecati sa tog bloka.

### 5.2.1-4 Programiranje za dvostruko opterećene modele

Sile rezanja mogu biti nadgledane neovisno na dvostruko opterećene tako da se određene različite sistemske varijable nadgledanog opterećenja u G13 i G14 programiranju. Primjer programa 3 koji se nalazi ispod prikazuje naredbe koje su određene za nadgledanje X-osi u dijelu 1 u G13 operacijama i Z-osi u dijelu 1 u G14 operacijama.

Primjer programa 3:

```
N001 G13
N001 G00 X Z
N010 VLMON [1] = 1 G01 X Z F
      : rezni program
N020 VLMON [1] = 0 G00 X Z
N001 G14
N009 G00 X Z
N010 VLMON [1] = 2 G01 X Z F
      : rezni program
N020 VLMON [1] = 0 G00 X Z
N021 M02
```

### 5.2.1-5 Funkcija zanemarivanja brzog hoda (M215, M216)

Da bismo nadgledali optere enje samo tijekom posmaka u LAP ciklusu ili u programu u kojem se posmak i brzi hod mijenjaju, naredbe za uklju ivanje i isklju ivanje nadgledanja trebaju se esto odre ivati prije i poslije slijeda posmaka. Funkcija zanemarivanja brzog hoda olakšava takav na in programiranja. Kada je M216 unaprijed odre en, nadgledanje je isklju eno tijekom izvršenja svih blokova brzog hoda unutar nadgledanog raspona.

Primjer programa 4:

```
N000 G13 (naredba za zanemarivanje brzog hoda)
N010 G00 X Z
N011 VLMON [1] = 3 G01 X Z F
      : rezni program
N020 VLMON [1] = 0 G00 X Z
N021 VLMON [2] = 1 G01 X Z F
      : rezni program
N030 VLMON [2] = 0 G00 X Z
N031 M02 (naredba za prekid zanemarivanja brzog hoda)
```

Ovdje, blokovi brzog hoda nisu nadgledani u rasponu izme u M216 i M215 naredbe. M216 i M215 mogu se tako er koristiti kada se automatski namještaju podaci za nadgledanje. Za detaljniji opis pogledati „Namještanje razina ograni enja“

### 5.2.1-6 Naredba za brisanje zaslona traga optere enja (LCLEAR)

Trag optere enja (graf slomljene linije) u na inu rada koji ga prikazuje (opisan poslije) može biti obrisan odabirom [F6] (obrisano) sa funkcijskog izbornika ili promjenom prikazanog zaslona. Može se tako er obrisati koriste i naredbu za brisanje traga prikaza optere enja u programu. Da bi se izbrisao trag optere enja, treba odrediti LCLEAR u programu ili u MDI operaciji.

## 5.2.2 Postavljanje razina ograničenja

Postoje dvije metode za postavljanje razina ograničenja. Jedna od njih je automatsko postavljanje koji se temelji na pokusnom rezanju. Druga je direktno postavljanje na prozoru zaslona opterećenja u modulu za postavljanje alata.

### 5.2.2-1 Automatsko postavljanje

Da bi se izvelo automatsko postavljanje (dijagram toka 1) koje se temelji na pokusnom rezanju, potrebno je slijediti kako je navedeno ispod:



- 1.) Pritisnuti tipku [NADGLEĐANJE OPTEREĆENJA] (slika 23) na tipkovnici stroja (blok 1) da bi se prikazao izbornik za nadgledanje opterećenja. Nakon toga pritisnuti [F2] (blok 2) da bismo koristili na in rada koji služi za automatsko postavljanje nadgledanja opterećenja.



Slika 23: Tipka za uključivanje nadgledanja opterećenja

- 2.) Izvršiti pokusno rezanje (blok 3) pomoću programa za nadgledanje opterećenja kreiranom u 1. poglavlju = „programi“. Razine ograničenja su automatski izračunate i postavljene u referencu sa maksimalnim reznim opterećenjem za nadgledane dijelove i osi tijekom pokusnog rezanja. 110% od tog referentnog opterećenja postavljena je 1. razina ograničenja i 120% od tog opterećenja postavljena je druga razina ograničenja.

[Dodatak]

- 1.) Postotni iznos koji se koristi da bi izveo 1. i 2. razinu ograničenja sa reference ograničenja može se promijeniti pomoću postavljanja NEOBAVEZNIH PARAMETARA (NADGLEĐANJE OPTEREĆENJA), „iznos za 1. automatsko postavljanje ograničenja %“ i „iznos za 2. automatsko postavljanje ograničenja %“
- 2.) Iznos korišten za sile rezanja pojedinačnih pogonskih motora je prosjek zadržan od 4 uzorka sakupljen na intervalima od 8 msec. Broj uzoraka može se promijeniti unutar ranga 4 – 80 postavljaju se i NEOBAVEZNE PARAMETRE (NADGLEĐANJE OPTEREĆENJA), „broj prosječnih kolekcija iznosa nadgledanog opterećenja.“

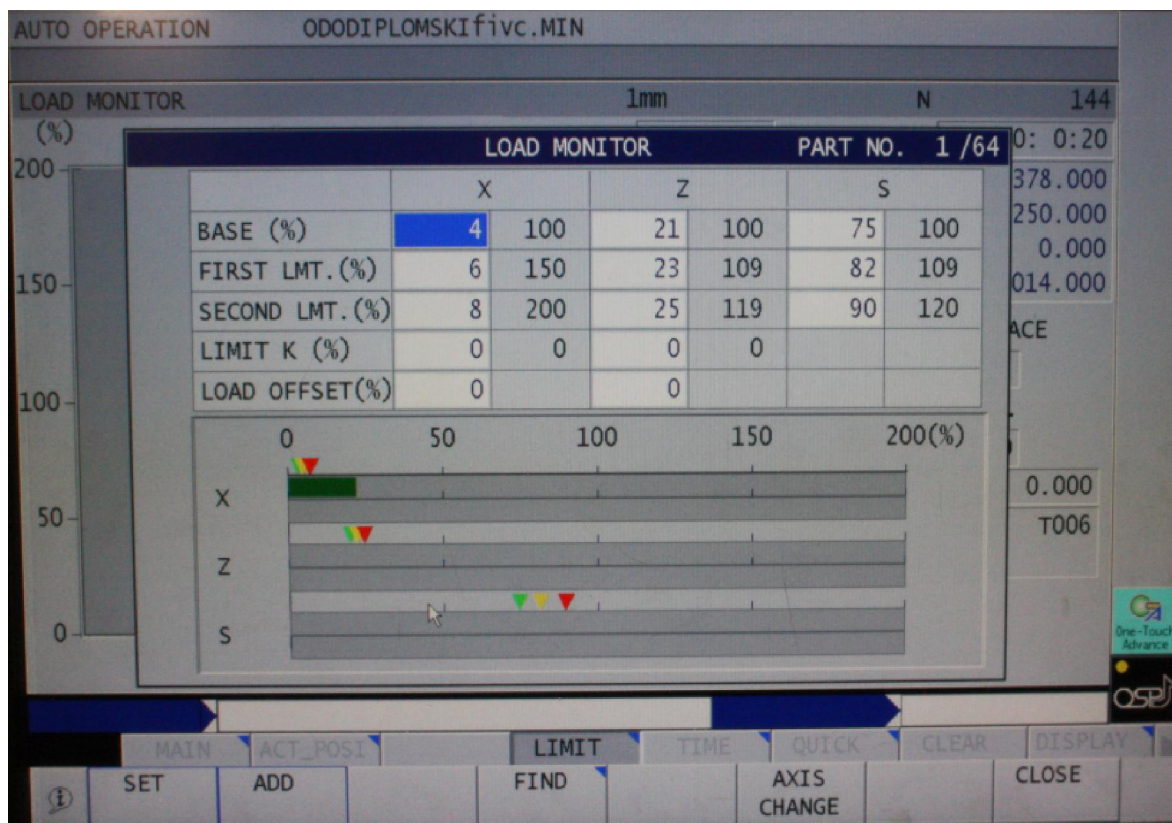
Ako je nadgledanje istog „dijela“ i osi određeno više od jednom, razine ograničenja postavljene su u referencu sa maksimalnim iznosom sila rezanja tijekom zadnjeg navedenog ciklusa. Na taj način, sve razine ograničenja za dijelove i osi koje se nadgledaju, mogu se automatski postaviti temeljeći se na stvarnom rezanju.

Treba zapamtiti da pokusno rezanje treba biti provedeno unutar istih uvjeta kao i stvarno rezanje koje se nadgleda.

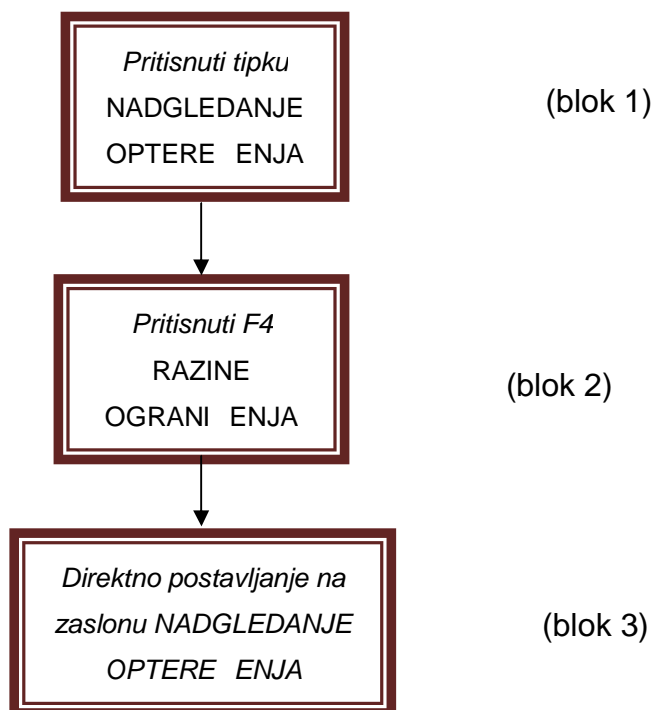
Ako postoji bilo koja razlika između iznosa posmaka, brzine vretena, iznosa na posmi nom potencijometru ili na onom od vretena, koji su korišteni u pokusnom rezanju i onom stvarnom koje se nadgleda, to no nadgledanje ne e biti mogu e. Treba zapamtiti tako er da kada se istovremeno izvodi dvostruko-optere eno rezanje, pokusno rezanje ne bi se smjelo izvoditi samo sa 1 optere enjem budu i da bi uvjeti rezanja mogli biti razli iti od onih u stvarnom dvostruko-optere enom rezanju.

### 5.2.2-2 Izravno postavljanje razina ograni enja (dijagram toka 2)

Kada su referentna razina i 1. i 2. razina ograni enja poznate ili kada mijenjamo podatke nakon automatskog postavljanja, razine ograni enja mogu se izravno postaviti na prozoru (slika 24) koji se prikazuje pritiskom [F4] (RAZINE OGRANI ENJA) (blok 2) na zaslonu nadgledanja optere enja (blok 3).



Slika 24: Prozor za direktno postavljanje razina ograni enja



*Dijagram toka 2.*

Detalji slike prikazani su ispod.

### **BROJ DIJELA**

Time se prikazuje broj dijela nadgledanog programa. Postavljeni raspon je od 1 do 64.

### **Postavke osi u tablici**

Podaci za BAZU (referentna razina), PRVO OGRANI ENJE i DRUGO OGRANI ENJE postavljeni su kao postotni iznosi koji su relativni s obzirom na procjenu.

### **Desni stupac za svaku os u tablici**

Iznosi u tom stupcu razine su ograni enja izraženi kao postotni iznosi sa referentnom razinom uzetom kao 100%. Iznosi se ne mogu postaviti u tom stupcu.

### **Grafikon optere enja**

Prikazuje trenutne uvjete optere enja.



### Vršne vrijednosti na grafikonu

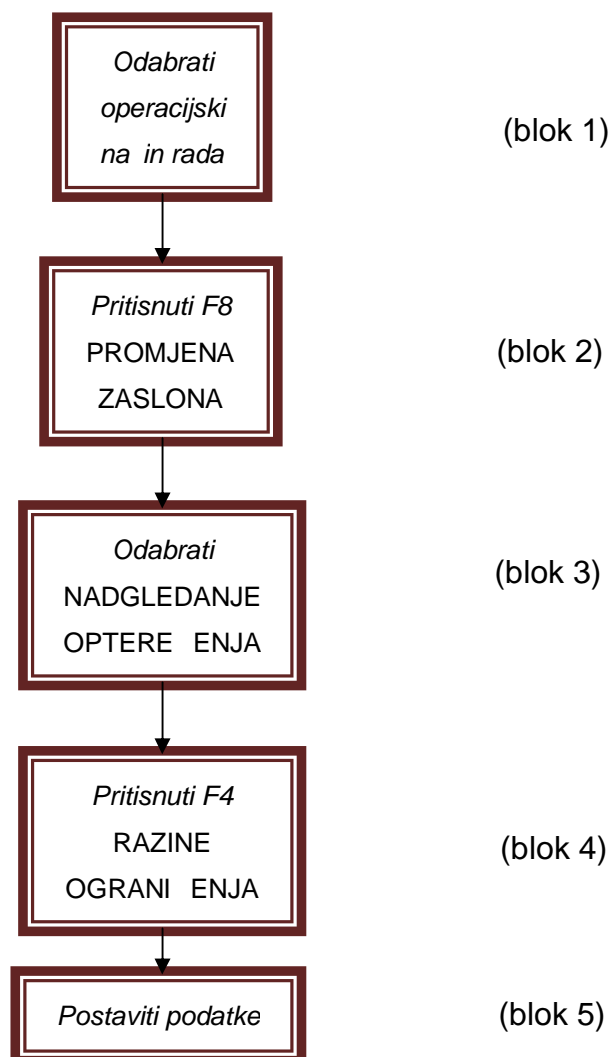
Grafikon prikazuje vršne vrijednosti sa kojima smo se susreli prilikom nadgledanja trenutnog dijela. Vršna vrijednost drži se u memoriji sve dok ne po ne nadgledanje slijede eg dijela. Me utim, izbriše se kada se stroj uklju i.

### Postavljanje oznaka razina (trokutaste oznake) (dijagram toka 3)

Tri razli ite oznake koriste se kako bi se pokazale – referentna razina (zelena), 1. razina ograni enja (žuta) i 2. razina ograni enja (crvena).

Te vrijednosti postavljene su u referencu sa kontinuiranom procjenom motora koji je uzet kao 100%.

Metoda za direktno postavljanje razina ograni enja je sljede a:



Dijagram toka 3.

1. odabrati operacijski način (automatski, MDI ili ručni) (blok 1)
2. odabrati [F8] (PROMJENA ZASLONA) sa funkcijskog izbornika, tada odabrati NADGLEĐANJE OPTEREĆENJA sa prozora PROMJENA ZASLONA (blok 2,3)
3. odabrati [F4] (RAZINE OGRANIČENJA) sa funkcijskog izbornika: prikazan je prozor NADGLEĐANJE OPTEREĆENJA (blok 4)
4. tipkama odabrati dio koji će se postaviti
5. pronaći pokretni marker na ekranu i postaviti ga na potrebno polje koristeći tipke
6. postaviti podatke (blok 5)

### 5.2.3 Nadgledanje optere enja

Da bi se izvelo nadgledanje optere enja treba pritisnuti tipku (NADGLEĐANJE OPTERE ENJA) (slika 23) na tipkovnici stroja kako bi se prikazao izbornik nadgledanja optere enja. Tada se odabere [F1] (NADGLEĐANJE) kako bi se aktivirao na in rada za nadgledanje optere enja prije nego program krene. Ako nadgledanje nije potrebno, pobrinite se da je taj prekida isklju en.

Naredba nadgleda optere enje na osima koje su navedene u programu u „dijelu“ navedenom u programu.

[Dodatak]

Vrijednost koja se koristi za sile rezanja pojedina nih pogonskih motora prosjek je koji je zadržan od 4 uzorka koji su uzeti u intervalima od 8 msec. Broj uzoraka može se promijeniti unutar raspona 4 – 80 postavljanjem NEOBAVEZNIH PARAMETARA (NADGLEĐANJE OPTERE ENJA), broj prosje nih kolekcija vrijednosti nadgledanja optere enja“.

Ako otkriveno optere enje kontinuirano prelazi 1. razinu ograni enja za parametar – postavljanje duljine vremena, 3232 javlja se alarm razine C (preoptere enje). Ako otkriveno optere enje kontinuirano prelazi 2. razinu ograni enja za taj isti parametar, 1272 javlja se alarm razine A (puknu e alata) suspendiraju i uzimanje uzoraka za stalnu duljinu vremena (0,4 s) na po etku rezanja ( na to ci gdje dolazi do promjene sa brzog hoda u posmak) gdje se otkriveno vršno optere enje prilikom po etka rezanja može isklju iti sa nadgledanja. To stalno vrijeme može se promijeniti unutar raspona 0 – 5 sekundi (izra uni razine ograni enja nisu izvedeni u automatskom postavljanju).

## 5.2.4 Zaslona grafa nadgledanja opterećenja (zaslona traga opterećenja)

Uvjeti opterećenja i uvjeti nadgledanja svakog motora prilikom nadgledanja opterećenja mogu biti prikazani u obliku grafa sa slomljenim linijama (slika 25). Taj graf je prikazan u automatskom, MDI i ručnom načinu rada. Zapravo, mehanizam, da trag opterećenja nije nacrtan u ručnom načinu rada (nacrtan je samo dok se program izvodi).



Slika 25: Prozor nadgledanja opterećenja

Detalji dijelova na slici dani su ispod:

### STROJNO VRIJEME

Prikazuje ukupno strojno vrijeme od početka ciklusa.

**VREMENSKA LJESTVICA**

Prikazuje vremensku ljestvicu od lijevog do desnog ruba grafa.

**TRAG OPTERE ENJA**

Graf za svaku os može se prikazati pritiskom na određenu tipku.

**BROJ DJELA**

Prikazuje broj trenutno navedenog raspona nadgledanja.

**Fr**

Prikazuje trenutni posmak

**T NAREDBA**

Trenutno navedena T naredba ovdje je prikazana.

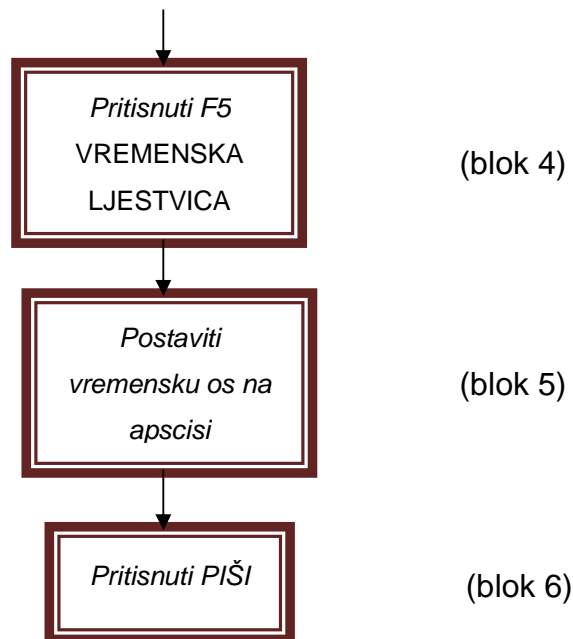
**Postavljanje linija razina**

Kada je nadgledanje uključeno prikazane su 3 linije – linija referentne razine (zelena), 1. linija ograničenja (žuta) i 2. linija ograničenja (crvena).

**[Dodatak]**

- 1) Vertikalna os trebala bi biti postavljena unaprijed pomoću postavljanja parametara.
- 2) Kada je uključeno prikazivanje osi, prethodni prikaz putanje alata je obrisano.
- 3) „Postavljanje linija razina“, koje je ranije opisano, nije prikazano kada je korišteno automatsko postavljanje. Umjesto toga prikazana je horizontalna linija koja prikazuje najnižu razinu.

Da bi se prikazala grafika nadgledanja optere enja potrebno je:



Dijagram toka 4.

- 1) odabrati na in rada (automatski, MDI ili ru ni) (blok 1-dijagram toka 3)
- 2) odabrati [F8] (PROMJENA ZASLONA) sa funkcijskog izbornika, nakon toga odabrati NADGLEDANJE OPTERE ENJA sa prozora PROMJENA ZASLONA. (blok 2,3-dijagram toka 3)
- 3) odabrati [F5] (VREMENSKA LJESTVICA) sa funkcijskog izbornika: prikazan je prozor VREMENSKE LJESTVICE (blok 4)
- 4) postaviti vremensku os (blok 5) (vrijeme skeniranja od lijevog do desnog ruba grafa). Raspon postavljanja je izme u 20 s do 1 h. Upisati primjerice (postavljanje „2 minute“): Upisati „0“, „ : “, „2“, „:“, „0“ nakon toga odabrati tipku [PIŠI] (blok 6).
- 5) na dvostruko optere enim modelima, odabrati revolver sa tipkama za odabir revolvera.
- 6) odabrati os za prikaz koriste i odgovaraju e tipke

## 5.2.5 Korištenje funkcije nadgledanja optere enja u kombinaciji sa funkcijom upravljanja životnog vjeka alata

Kada je funkcija upravljanja životnim vjekom alata korištena u kombinaciji sa funkcijom nadgledanja optere enja, alarm preoptere enja (alarm razine C) ne generira se ako režno optere enje prelazi 1. razinu ograni enja tijekom nadgledanja optere enja; umjesto toga uklju ena je NG zastava u tablici upravljanja životnim vjekom alata tako da se sa alatom postupa kao da je dospio do kraja svog životnog vjeka, nakon toga se izdaje TLID naredba koja automatski ozna va revolver.

Javlja li se alarm preoptere enja ili je uklju ena NG zastava kada je prije ena 1. razina ograni enja – odre uje se postavljanjem NEOBAVEZNIH PARAMETARA (NADGLEDANJE OPTERE ENJA), „alarm preoptere enja u upravljanju životnim vjekom alata (1:alarm)“.

Uklju ena zastava životnog vjeka alata (0) : NG zastava je uklju ena i ne dolazi do pojave alarma.

Alarm (1) : 3232 dolazi do pojave alarma razine C (dolazi do preoptere enja u nadgledanju optere enja)

[Dodatak]

- 1) Ako odaberemo „uklju enje zastave životnog vjeka alata (0)“ za taj parametar, odaberemo „upravljanje pomo u alatne NG zastave“ za provjeru životnih uvjeta u upravljanju životnim vjekom alata. (postaviti „upravljanje“ za NEOBAVEZNE PARAMETRE (UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA), „upravljanje pomo u alatne NG zastave“)
- 2) ak i kada je odabrano „uklju enje zastave životnog vjeka alata (0)“ alarm razine A se javlja ukoliko se prije e 2. razina ograni enja.

## 5.2.6 Parametri

### 5.2.6-1 Neobavezni parametri (nadgledanje optere enja 1)

Podешenja napravljena na zaslonu NEOBAVEZNI PARAMETAR/NADGLEĐANJE OPTERE ENJA 1) objašnjena su ispod:

#### „Mrtvo“ vrijeme nadgledanja optere enja

Postaviti vrijeme kada je uzimanje uzoraka prekinuto ili kada se prebacuje sa brzog hoda na posmak tijekom nadgledanja optere enja ili automatskog postavljanja podataka o nadgledanju optere enja.

Tablica 1: Postavljeni raspon „mrtvog“ vremena

Po etno postavljanje	Postavljeni raspon
10	0~50 [0,1sec]

#### Broj prosje nih kolekcija vrijednosti nadgledanog optere enja

Postaviti broj uzoraka podataka koji e biti prosje an za utvr ivanje reznog optere enja pojedina nih osi pogonskih motora. Ciklus uzimanja uzoraka je 8 msec.

Tablica 2: Postavljeni raspon prosje nih kolekcija vrijednosti

Po etno postavljanje	Postavljeni raspon
4	4~80 [puta]

#### Trajanje alarma preoptere enja

Postaviti duljinu vremena koje režno optere enje mora kontinuirano prelaziti 1. razinu ograni enja da uzrokuje alarm preoptere enja.

Tablica 3. Postavljeni raspon trajanja alarma preoptere enja

Po etno postavljanje	Postavljeni raspon
10	0~50 [0,01sec]



### Trajanje alarma loma alata

Postaviti duljinu vremena koje režno optere enje mora kontinuirano prelaziti 2. razinu ograni enja da uzrokuje alarm loma alata.

*Tablica 4: Postavljeni raspon trajanja alarma loma alata*

Po etno postavljanje	Postavljeni raspon
5	1~999 [0,01sec]

### Gornji kraj zaslona traga optere enja

Postaviti gornji kraj raspona prikazivanja vertikalne osi za prikaz traga podataka nadgledanog optere enja.

*Tablica 5: Postavljeni raspon prikazivanja vertikalne osi gornjeg kraja raspona*

Po etno postavljanje	Postavljeni raspon
100	5~200 [%]

### Donji kraj zaslona traga optere enja

Postaviti donji kraj raspona prikazivanja vertikalne osi za prikaz traga podataka nadgledanog optere enja.

*Tablica 6: Postavljeni raspon prikazivanja vertikalne osi donjeg kraja raspona*

Po etno postavljanje	Postavljeni raspon
0	0~195 [%]

### Vrijednost za 1. ograni enje automatskog postavljanja parametara

Postaviti 1. razinu ograni enja kao omjer s poštovanjem prema referentnoj vrijednosti (maksimalna vrijednost u nadgledanom rasponu); ta vrijednost se koristi kada je 1. razina ograni enja postavljena automatski.

*Tablica 7: Postavljeni raspon 1. ograni enja*

Po etno postavljanje	Postavljeni raspon
110	100~200 [%]

### Vrijednost za 2. ograni enje automatskog postavljanja parametara

Postaviti drugu razinu ograni enja kao omjer s poštovanjem prema referentnoj vrijednosti (maksimalna vrijednost u nadgledanom rasponu); ta vrijednost se koristi kada je druga razina ograni enja postavljena automatski.

Tablica 8: Postavljeni raspon 2. ograni enja

Po etno postavljanje	Postavljeni raspon
120	100~200 [%]

### Alarm preoptere enja u upravljanju životnim vijekom alata

Potrebno je odabrati da li e se javiti alarm ili e biti uklju ena NG zastava ako podaci nadgledanog optere enja prelaze vrijednost 1. razine ograni enja.

Uklju ena zastava životnog vijeka alata : NG zastava je uklju ena i alarm se ne javlja

Alarm : 3232 javlja se alarm razine C (preoptere enje u nadgledanju optere enja)

Po etno postavljanje	Uklju ena zastava životnog vijeka alata

### „Mrtvo“ vrijeme nadgledanja optere enja za uskla eno grananje

Postaviti trajanje za ignoriranje nadgledanog optere enja od po etka usporavanja za pripremu mijenjanja smjera posmi ne osi u uskla enom grananju.

Tablica 9: Postavljeni raspon „mrtvog“ vremena za uskla eno grananje

Po etno postavljanje	Postavljeni raspon
0	0~9999 [0,01sec]

## 5.2.6-2 Neobavezan parametar (Rije )

Broj 47 „Mrtvo“ vrijeme nadgledanja optere enja tijekom uskla enog grananja. Tijekom uskla enog grananja sa uklju enim nadgledanjem optere enja, otkrivena vrijednost optere enja je ignorirana za duljinu vremena koje je postavljeno za taj parametar, po evši od po etka usporavanja pripremaju i se za mjenjanje smjera posmi ne osi. Vrijednost postavljena za taj parametar je isto valjana kada je smjer posmi ne osi promijenjen koriste i klizni drža .

- Po etno postavljanje : 0
- Postavljeni raspon : 0 do 9999
- Postavljena jedinica : 8 msec.

## 5.3 Dio II Funkcija upravljanja životnim vjekom alata

Kada alat, koji je registriran u grupi alata, dohvati svoje životne uvjete, funkcija upravljanja životnim vjekom alata automatski bira rezervni alat u istoj grupi kako bi ga zamjenila. Bilo koji od sljedećih 4 faktora mogu se koristiti kao kriterij za funkciju upravljanja životnim vijekom alata:

- broj strojno obrađenih radnih komada
- ukupno zbrojeno tehnološko vrijeme
- ukupno zbrojeno trošenje alata
- NG zastava u mjerenju alata

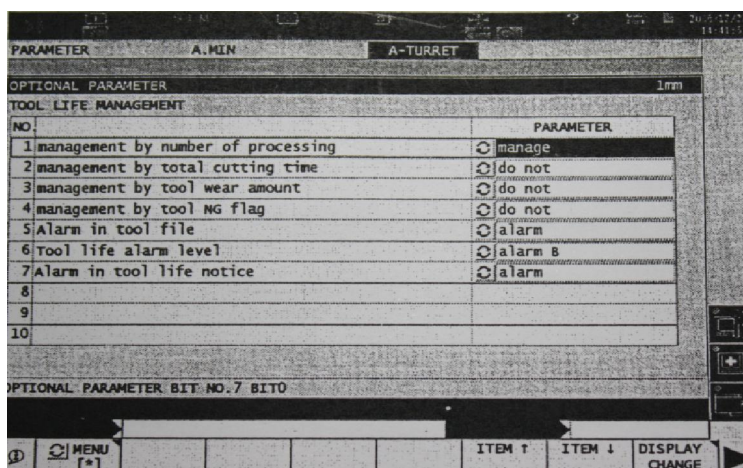
Kada ni jedan rezervni alat nije dostupan (kada su svi alati u istoj grupi doživjeli kraj svog životnog vijeka), operacija se zaustavlja alarmom razine B ili je prekid ciklusa nametnut pomoću vanjskog prekidnog signala ciklusa. Potrebno je zapamtiti da i unutar ove specifikacije, prekid ciklusa u odgovoru na vanjski prekidni signal ciklusa je neobavezna funkcija.

### 5.3.1 Odabir životnih kriterija alata

Bilo koji od sljedećih 4 kriterija mogu biti odabrani kao uvjet za pokretanje automatskog odabira rezervnog alata.

- (1) broj strojno obrađenih radnih komada
- (2) ukupno zbrojeno tehnološko vrijeme
- (3) ukupno zbrojeno trošenje alata
- (4) NG zastava u mjerenju alata

Potrebno je napraviti taj odabir pomoću postavljanja parametara na zaslonu NEOBAVEZNI PARAMETAR (UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA) (slika 26).



Slika 26: NEOBAVEZNI PARAMETAR (UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA) [12]

## 5.3.2 Postavljanje podataka za upravljanje životnim vijekom alata

### 5.3.2-1 Postavljanje podataka

Postaviti podatke za upravljanje životnim vijekom alata u tablicama A, B i C na zaslonu UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA (slika 27).

TOOL	GRP	SET	ACTUAL	OG1	OG2	OG3	GAUGE	LIFE	REMAINING(%)
1	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
2	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
3	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
4	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
5	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
6	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
7	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
8	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
9	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
10	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
11	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
12	0	0	0	0	0	0	OK	OK	

TOOL DATA A.MIN A-TURRET

TOOL LIFE MANAGEMENT 1mm

B (CUTTING TIME)

TOOL	GRP	SET	ACTUAL	OG1	OG2	OG3	GAUGE	LIFE	REMAINING(%)
1	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	
2	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	
3	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	
4	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	
5	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	
6	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	
7	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	
8	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	
9	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	
10	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	
11	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	
12	0	0: 0	0: 0	0	0	0	OK	OK	

INIT GROUP TABLE PARA. SETTING D-PIP DISPLAY CHANGE

TOOL DATA A.MIN A-TURRET

TOOL LIFE MANAGEMENT 1mm

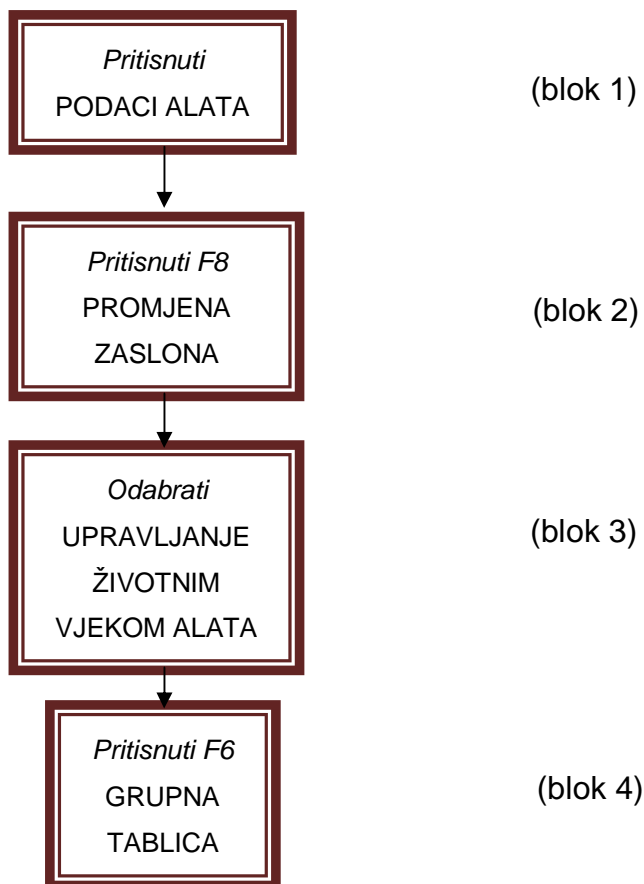
C (WEAR AMOUNT)

TOOL	GRP	SET	ACTUAL	OG1	OG2	OG3	GAUGE	LIFE	REMAINING(%)
1	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	
2	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	
3	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	
4	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	
5	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	
6	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	
7	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	
8	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	
9	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	
10	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	
11	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	
12	0	0.000	0.000	0	0	0	OK	OK	

INIT GROUP TABLE PARA. SETTING D-PIP DISPLAY CHANGE

Slika 27: Zasloni UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA [12]

Postupak za prikazivanje zaslona UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA slijedi (dijagram toka 5):



Dijagram toka 5.

1. Pritisnuti [PODACI ALATA] (blok 1) tipku za odabir na ina Indikatorsko svjetlo na lijevom vrhu tipke [PODACI ALATA] je upaljeno i prikazan je zaslon NAGIB ALATA/KOMPENZACIJA. Ako, zadnji put je osnovan na in za postavljanje podataka o alatu, je odabran neki drugi na in dok je zaslon razli it od zaslona NAGIB ALATA/KOMPENZACIJA prikazan, pritiskom na tipku [PODACI ALATA] odabira na ina prikazuje se zaslon za taj na in. U tom slu aju su koraci 2) i 3) koji slijede potrebni. Ako je zaslon UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VIJEKOM ALATA prikazan, tada ti koraci nisu potrebni.

2. Odabrati [F8] [PROMJENA ZASLONA] sa funkcijskog izbornika (blok 2). Prikazan je prozor PROMJENA ZASLONA.

3. Odabrati UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA (blok 3) (TABLICA A, B, C) sa prozora PROMJENA ZASLONA.

Prikazan je zaslon UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA.

### 5.3.2.1-1 Informacije o alatu

- registracija alatne grupe alata  
Upisati potrebni broj grupe alata
- postavljanje životnih kriterija  
Životni kriterij je određen pomoću odabira tablice A, B ili C koja se odnosi na upravljanje životnim vjekom alata.  
tablica A: broj strojno obrađenih radnih komada  
tablica B: ukupno tehnološko vrijeme  
tablica C: ukupno trošenje alata
- postavljanje parametra broja (tablica A)  
Postaviti broj strojno obrađenih radnih komada i to će biti uvjet životnog vijeka alata.
- postavljanje parametra vremena (tablica B)  
Postaviti ukupno tehnološko vrijeme i to će biti uvjet životnog vijeka alata.
- postavljanje parametra trošenja (tablica C)  
Postaviti ukupno trošenje alata i to će biti uvjet životnog vijeka alata.
- registracija broja nagiba alata  
Postaviti broj nagiba alata koji će se koristiti. Mogu se postaviti do 3 tipa.

Zastave mjerenja i životnog vijeka prikazane su tijekom strojne operacije temelje i se na prebrojanom broju strojno obrađenih komada, ukupnom tehnološkom vremenu, ukupnom trošenju alata ili na rezultatima mjerenja alata: oni se ne moraju postavljati.



Ovi podaci su obrisani kada se pokre u tablice sa podacima upravljanja životnog vjeka alata.

### 5.3.2.1-2 Grupne informacije

Odabrati [F6] [GRUPNA TABLICA] (blok 4.dijagram toka 5) sa funkcijskog izbornika zaslona UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA (tablica A, B ili C).

Na ovom zaslonu ne moraju se postavljati nikakvi podaci.

Kada se pokrenu tablice za upravljanje životnim vjekom alata, alatu koji je dodijeljen najmanji alatni broj u svakoj grupi automatski je odabran i zastava životnog vjeka svake grupe alata je izbrisana.

### 5.3.2.1-3 Postavljanje raspona

Postavljanje i prikaz raspona za pojedina ne informacije dijelova radi se na slijede i na in:

#### Tablica A, B i C upravljanja životnim vjekom alata

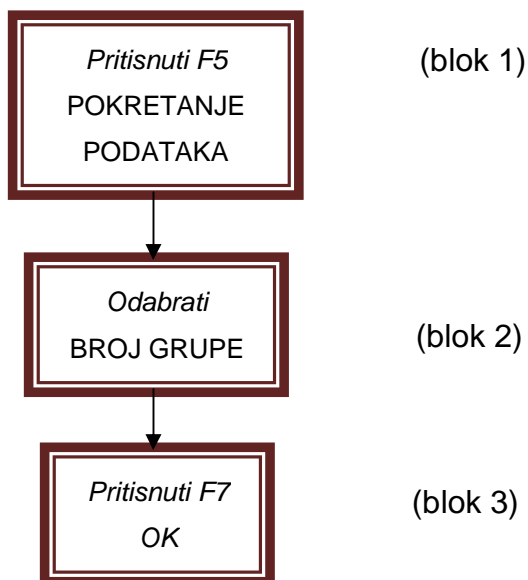
Tablica 10: Upravljanje životnim vjekom alata

GRP (broj grupe alata)	0 do 12 (0: nije registrirano) 0 do 96 (za ATC specifikaciju) (Mogu nosti: 64 setova, 96 setova)
Broj postavljenih alata (tablica A)	0 do 9999
Postavljanje vremena (tablica B)	00 sati 00 minuta do 99 sati 59 minuta
Postavljanje iznosa trošenja (tablica C)	0 do 999.999 mm
OG1, OG2, OG3, (broj nagiba alata)	0 do 32 (0: nije registrirano) (Mogu nosti: 64 setova, 96 setova)
Mjerenje (NG zastava)	OK/NG
Životni vjek (NG zastava)	OK/NG

Tablica 11. Grupe upravljanja životnim vjekom alata

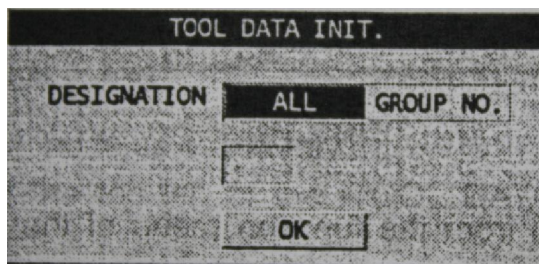
Odabrani alat	0 do 12 (revolver A) 0 do 12 (revolver B) (0: nije registrirano)
Životni vjek (NG zastava)	OK/NG

### Postupak za pokretanje tablica koje služe za upravljanje životnim vjekom alata



Dijagram toka 6.

- 1) odabrati [F5] [POKRETANJE PODATAKA ŽIVOTNOG VJEKA ALATA] (blok 1) da bi se prikazao prozor POKRETANJE PODATAKA ALATA (slika 28).



Slika 28: Prozor POKRETANJE PODATAKA ŽIVOTNOG VJEKA ALATA [12]

- 2) odabrati da li pokrenuti sve podatke o alatu ili pokrenuti podatke u određenoj grupi. Da bi pokrenuli podatke alata na grupi (odabrati „BROJ GRUPE“) (blok 2) upisati broj grupe koncentriran u nižem ulaznom području.
- 3) odabrati [F7] (OK) (blok 3) da se završi pokretanje tablica za upravljanje životnim vijekom alata.

### 5.3.3. Programiranje

Naredba za određivanje grupe alata u programu.

TG = \_\_\_\_\_



broj grupe alata

OG = \_\_\_\_\_



broj grupe nagiba alata

Postavljeni raspon broja grupe alata : 1 do 12

Postavljeni raspon broja grupe nagiba alata : 1 do 3

Na primjer „TG = 1    OG = 2“ navodi odabrani alat u grupi alata 1 i postavljeni broj nagiba alata u nagibnoj grupi 2 za taj alat.

[Dodatak]

Za broj kompenzacije radijusa vrha alata, odabran je isti broj kao i određeni nagibni broj alata.

Primjer:

21 : nagibni broj alata

01 : broj alata

21 : broj kompenzacije radijusa vrha alata

**Naredba za automatski odabir rezervnog alata nakon provjere životnih kriterija**

Potrebno je upisati „TLID“ u 1. blok programa ili u blok koji prethodi onom koji sadrži M02. Svaki put kada se TLID izvršava, zbrojeni su strojno obrađeni radni komadi i ukupno tehnološko vrijeme. Kada se dostigne životni vjek, „1“ se postavlja za zastavu životnog vjeka. Kada se izvršava TG naredba, označen je alat koji ima najmanji alatni broj od onih u svojoj grupi sa postavkom zastave životnog vjeka „0“.

G13		G14	
N001	TLID	N100	TLID
N002		N101	



ili

G13		G14	
N097	M100	N197	M100
N098	TLID	N198	TLID
N099	M02	N199	M02

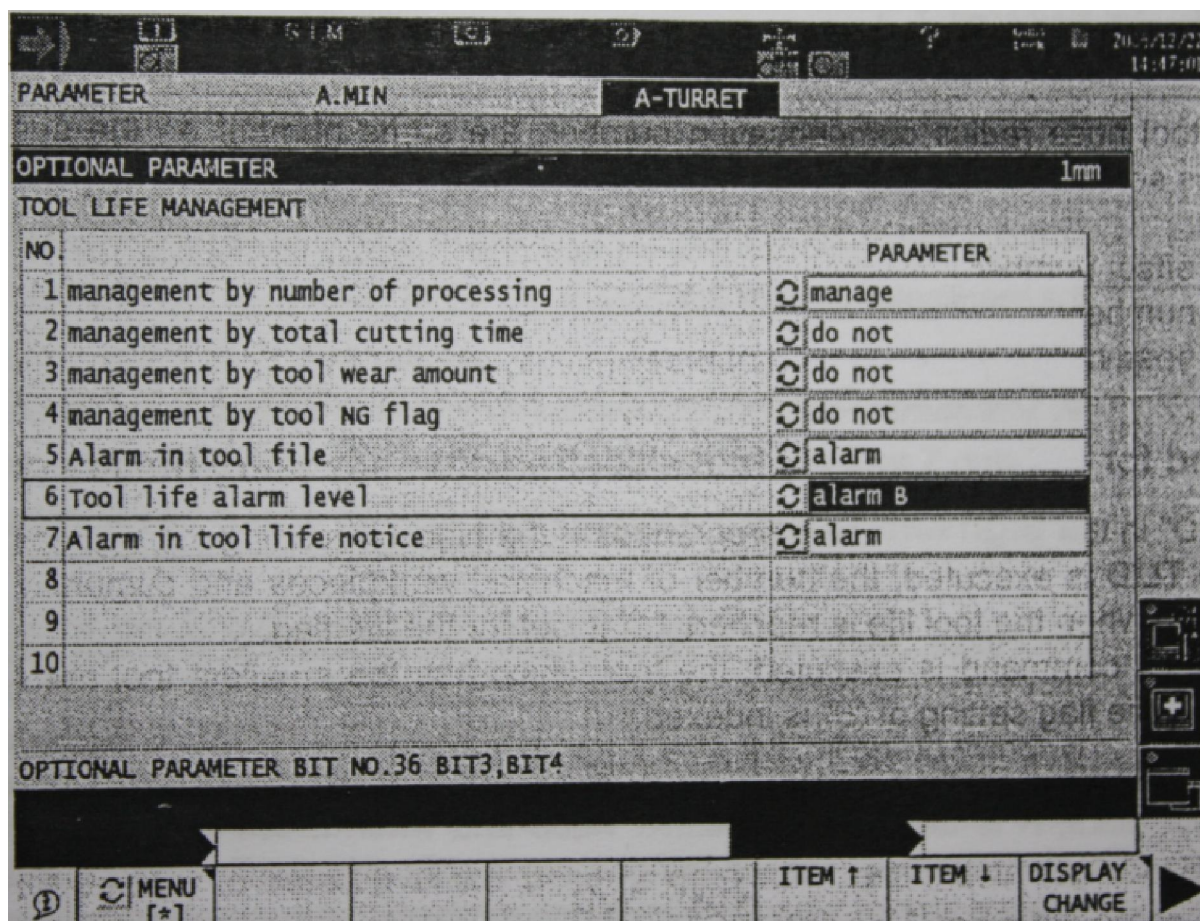
[Dodatak]

Ako nije navedena TLID naredba, automatski odabir rezervnog alata pomoću funkcije upravljanja životnog vjeka nije izveden.

Kada je TLID programiran u bloku odmah prije bloka koji sadrži M02, izvođenje TLID-a mora biti usklađeno na revolverima A i B, također treba navesti M100 u blok odmah prije bloka koji sadrži TLID za oboje revolvera A i B.

### 5.3.4 Obrada kada nema dostupnih rezervnih alata

Kada su svi rezervni alati iskorišteni, tada se javi alarm razine B i operacija stane ili je zaustavljanje ciklusa nametnuto sa naredbom zaustavljanja vanjskog ciklusa. Potrebno je zapamtiti da je zaustavljanje ciklusa u odgovoru na naredbu zaustavljanja vanjskog ciklusa neobavezna specifikacija. Potrebno je postaviti odabir pomoću postavljanja NEOBAVEZAN PARAMETAR (UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA) (slika 29), „alarm u životnom vjeku alata“



Slika 29: Zaslona NEOBAVEZNI PARAMETAR (UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM VJEKOM ALATA) [12]

[Dodatak]

Zaustavljanje ciklusa je aktivirano pomoću izlaznog signala sa vanjskog uređaja povezanog sa strojem, kao npr. punjača. Tako da, ako je i odabrano zaustavljanje ciklusa u odgovoru na vanjski signal, nikakvo zaustavljanje ciklusa neće biti nametnuto ako se sa strojem upravlja bez povezanog uređaja. Zaustavljanje ciklusa u odgovoru na vanjski signal je neobavezna specifikacija.

Kada nema rezervnog alata koji će se automatski označiti, alarm razine B se obično javlja. Međutim, razina alarma koja se javlja može se promijeniti postavljanjem optimalnih parametara.

## 6. Izvo enje eksperimenta

Eksperiment je zapo eo mjenjanjem steznih eljusti na amerikaneru (slika 30) sa mekih na tvrde. U tom postupku potrebno je otpustiti 9 imbus vijaka (po 3 na svakoj eljusti) te izvu i eljusti sa amerikanera. Prilikom postavljanja tvrdih eljusti potrebno je obratiti dodatnu pozornost na nalijeganje zubiju eljusti na zube amerikanera iz razloga da ne do e do njihovog ošte ivanja. Zubi na amerikaneru služe za to no pozicioniranje steznih eljusti koje moraju biti jednako udaljene jedna od druge tako da bi se obradak prilikom stezanja nalazio u centru rotacije vretena.



Slika 30: Amerikaner

Nakon toga bilo je potrebno kreirati program na stroju koji nam je omogućio obradu cilindri nih dijelova promjera 25 mm na kojima se nadgledalo optere enje posmi ne osi Z.

U nastavku se nalazi jedan od programa koji je bio kreiran za izvo enje operacije finog tokarenja.

```
(-----<DRAWING DATA>-----)
NOEX VTLIN[6]=1 VTLFN[6]=1 VTLL[6]=50 VTLA2[6]=3 VTLA1[6]=35
NOEX VWKR=9999.999 VCHKL=0 VCHKD=0 VCHKX=25 VCHKZ=-40
DEF WORK
PT LF,LC,[-40,0],[25,25],[40,0]
END
DEF WORKF
PF 0,[0,0],25,D
END
CLEAR
DRAW
N0001 M216
N0002 G00 X500 Z500
N0003 G50 S3200
NAT00
N0100 T111111
N0101 G00 X-5 Z0
N0102 M00
N0103 M01
NAT06
N0200 G00 X500 Z500
N0201 G97 S1592 M42 M04 M08
N0202 X25 Z5 T060606
N0203 X22 Z1
N0204 G96 S110
N0205 G86 NL001 D1 F0.15
NL001 G81
N0206 G01 X17 Z0 G42 E0.15
N0207 G03 X21 Z-2 K-2
N0208 G01 Z-19
N0209 X23 E0.225
N0210 G03 X25 Z-20 K-1 E0.15
N0211 G40 G01
```



N0212 G80

N0213 G97 S1592 M05 M09

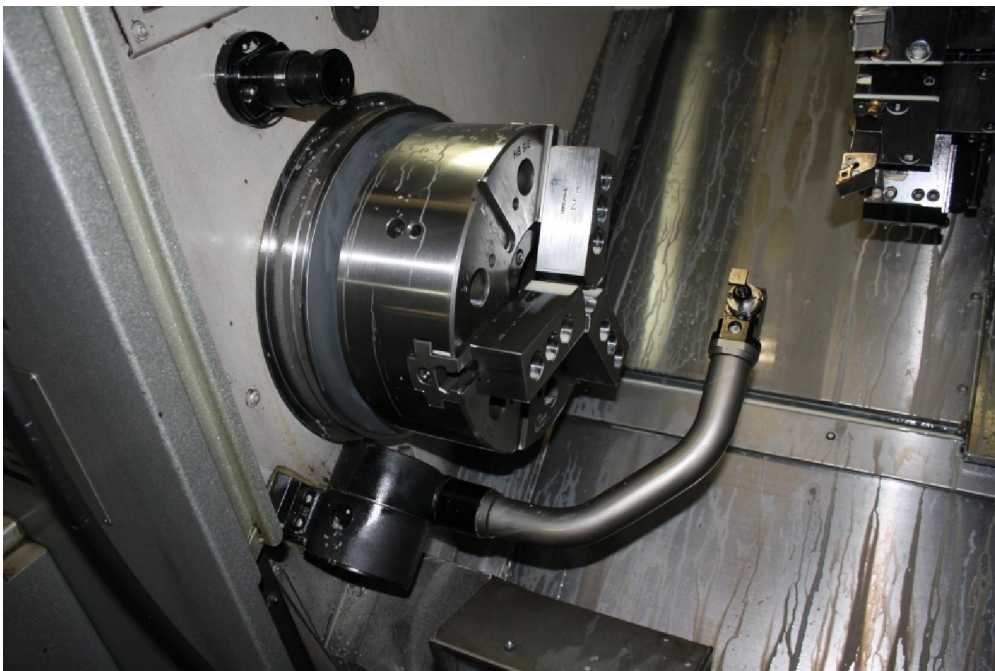
N0214 G00 X500 Z500 T0600

N0215 M01

N0216 M215

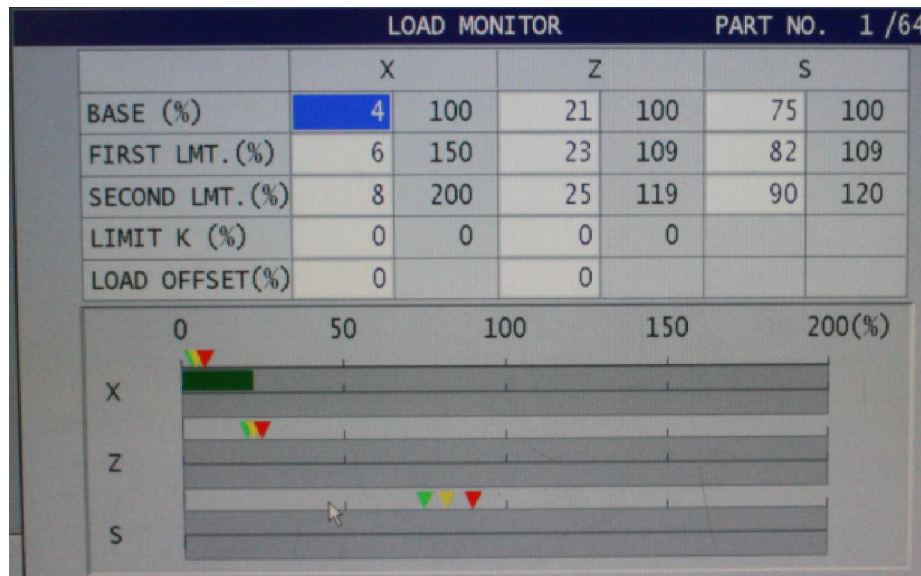
N0217 M02

Prije izvršavanja po etnog rezanja potrebno je napraviti radnje koje prethode svakoj novoj operaciji na stroju, a to su odabir nul to ke alata i nul to ke obratka. Na slici ispod (slika 31) prikazana je operacija definiranja nul to ke alata pomo u poluge koja se nalazi pokraj amerikanera.



*Slika 31: Odre ivanje nul to ke alata*

Kada se odrade sve potrebne radnje koje prethode samoj operaciji rezanja, pristupa se izvo enju pokusnog rezanja te se uklju uje funkcija za nadgledanje optere enja koja nakon izvršenog rezanja automatski postavlja razine ograni enja (slika 32).



Slika 32: Automatski postavljene razine ograničenja

Na slici je vidljivo kako je stroj automatski postavio razine ograničenja na X, Z i S osi prilikom izvođenja pokusnog rezanja.

Na X osi postavljena je baza od 4%, 1. razina ograničenja iznosi 6%, a 2. razina 8%.

Na osi Z, koja je i cilj našeg promatranja, postavljena je baza od 21%, 1. razina ograničenja postavljena je na 23%, a 2. na 25%.

Nakon toga izvršeno je ispitivanje nekoliko desetaka obradaka na kojima su se mijenjali parametri obrade:

- posmak –  $f$
- brzina obrade -  $V_c$
- dubina obrade -  $a_p$
- pojas trošenja -  $V_B$

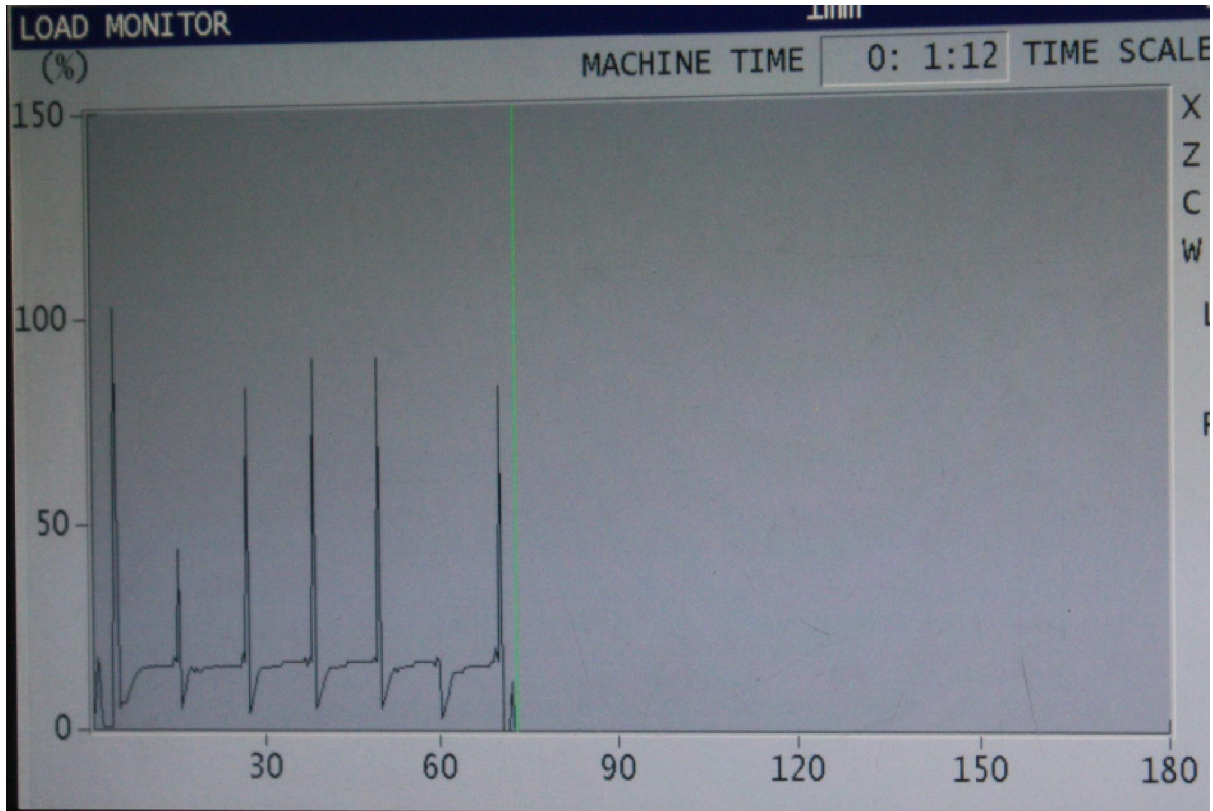
te se snimalo dobiveno režno opterećenje pomoću kojega se odredio nastali moment.

Na apscisi grafa nalazi se strojno vrijeme u sekundama, a na ordinati se nalazi nastalo opterećenje u postocima.

Rezultati ispitivanja dani su u nastavku.

## 6.1 Ispitivanja

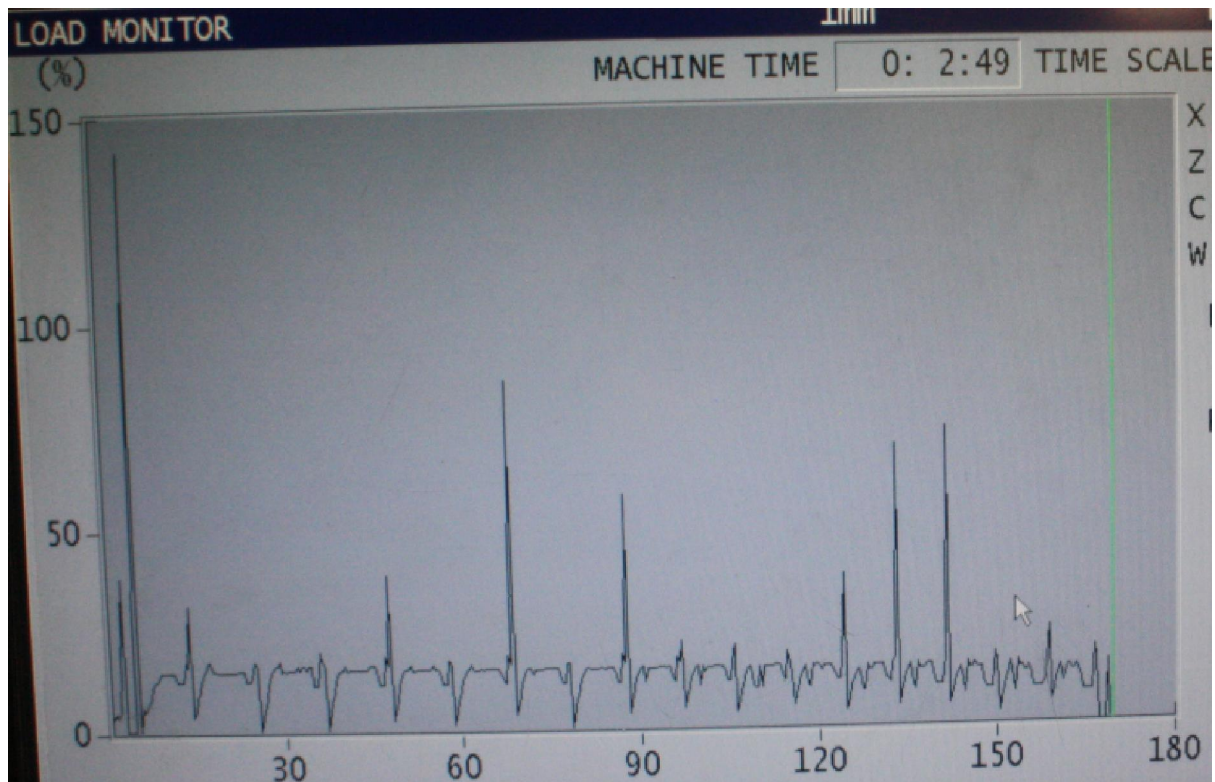
### 1. ispitivanje



Slika 33: Trag opterećenja 1. ispitivanja

- $V_c = 110$  m/min
- $a_p = 0,5$  mm
- $f = 0,1$  mm/okr
- $t_t = 1$  min 12 s
- rezna oštrica = CT kod 1 (pločica 1)
- $M = 17,5$  %

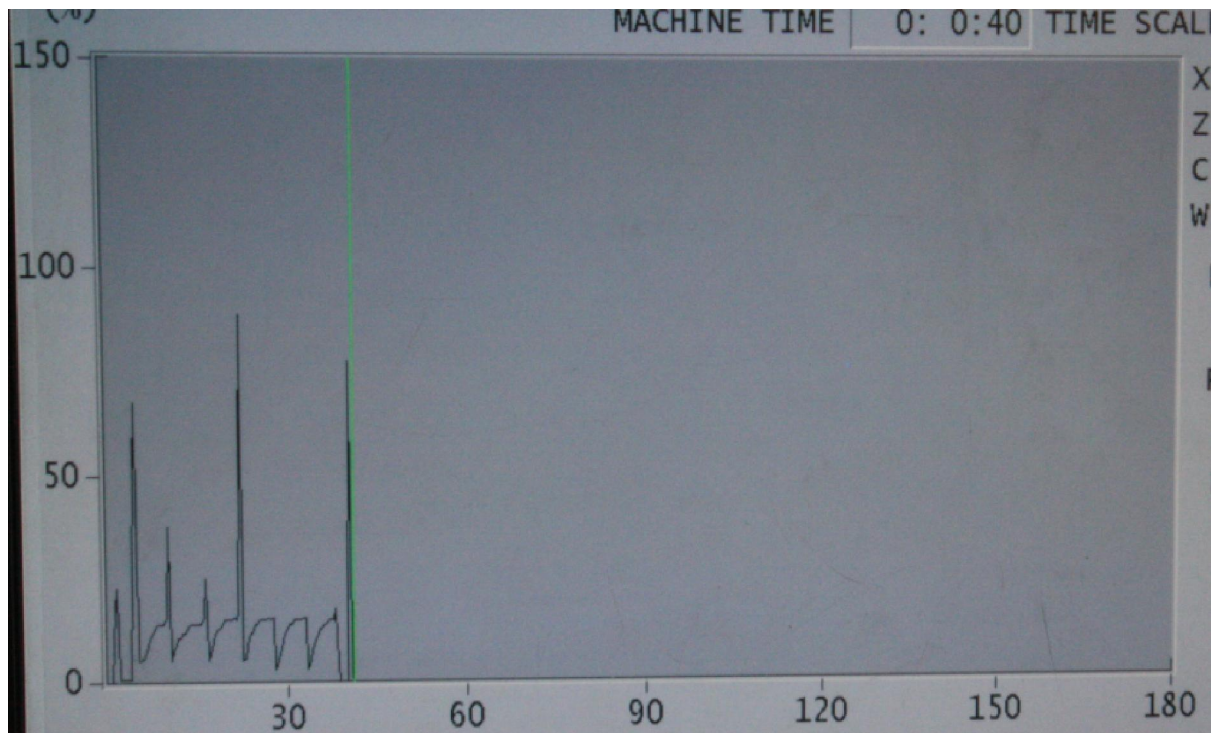
## 2. ispitivanje



Slika 34: Trag optere enja 2. ispitivanja

- $V_c = 110$  m/min
- $a_p = 0,5$  mm
- $f = 0,15$  mm/okr
- $t_t = 2$  min 49 s
- rezna oštrica = 04 kod CT (plo ica 1)
- $M = 16$  %

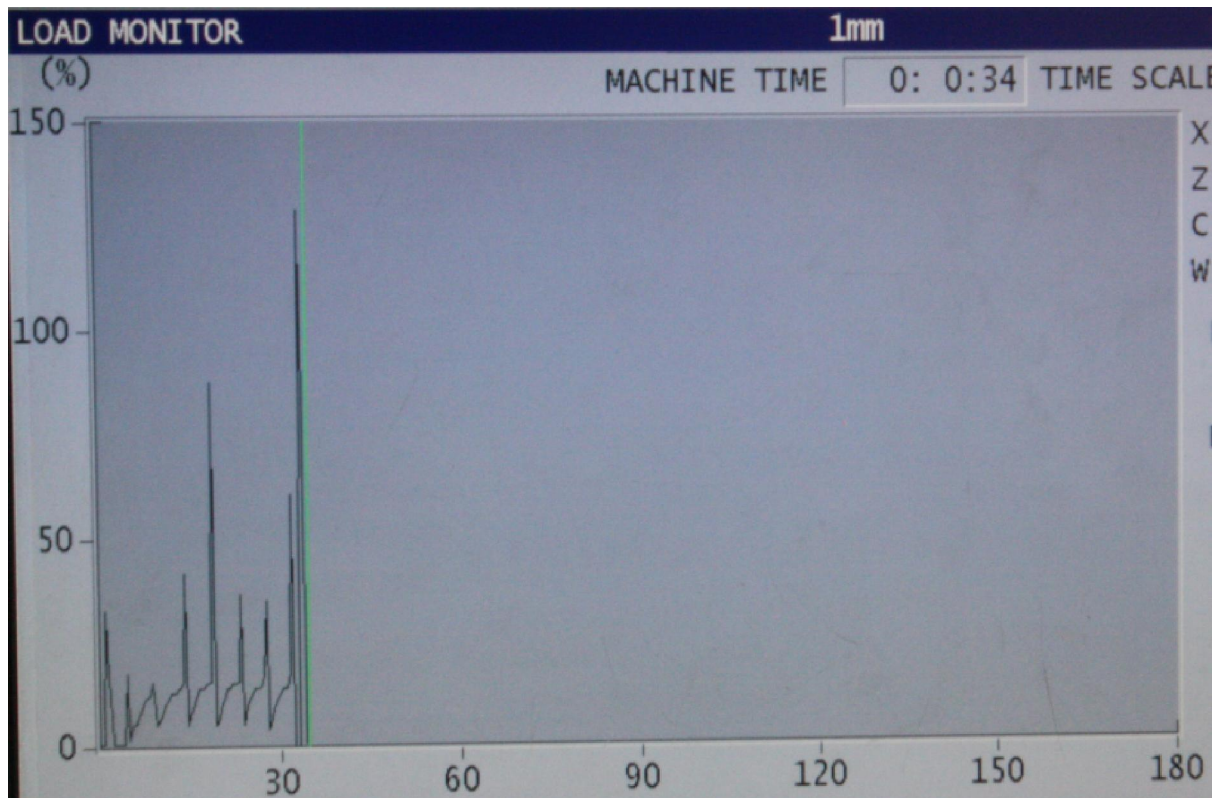
## 3. ispitivanje



Slika 35: Trag optere enja 3. ispitivanja

- $V_c = 110$  m/min
- $a_p = 0,5$  mm
- $f = 0,2$  mm/okr
- $t_t = 40$  s
- rezna oštrica = 1 kod CT (plo ica 1)
- $M = 15,08$  %

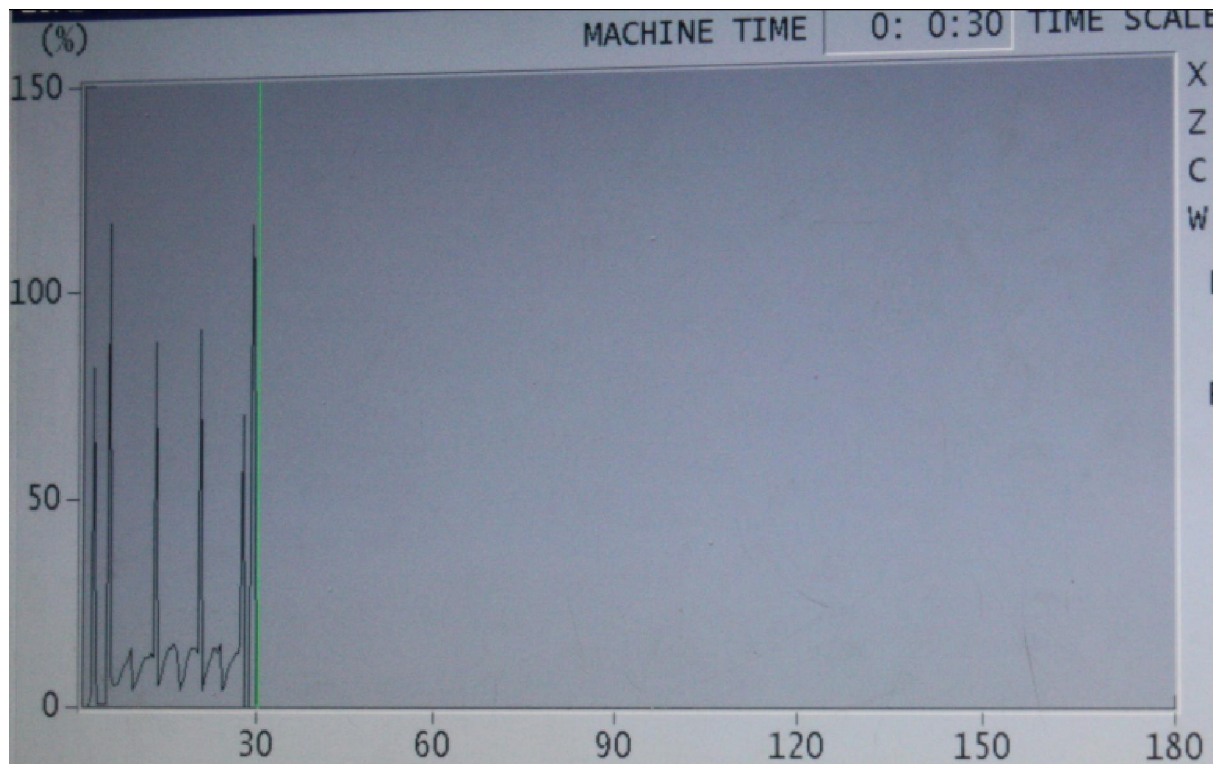
## 4. ispitivanje



Slika 36: Trag optere enja 4. ispitivanja

- $V_c = 110 \text{ m/min}$
- $a_p = 0,5 \text{ mm}$
- $f = 0,25 \text{ mm/okr}$
- $t_t = 34 \text{ s}$
- rezna oštrica = CT kod 04 (plo ica 1)
- $M = 15,25 \%$

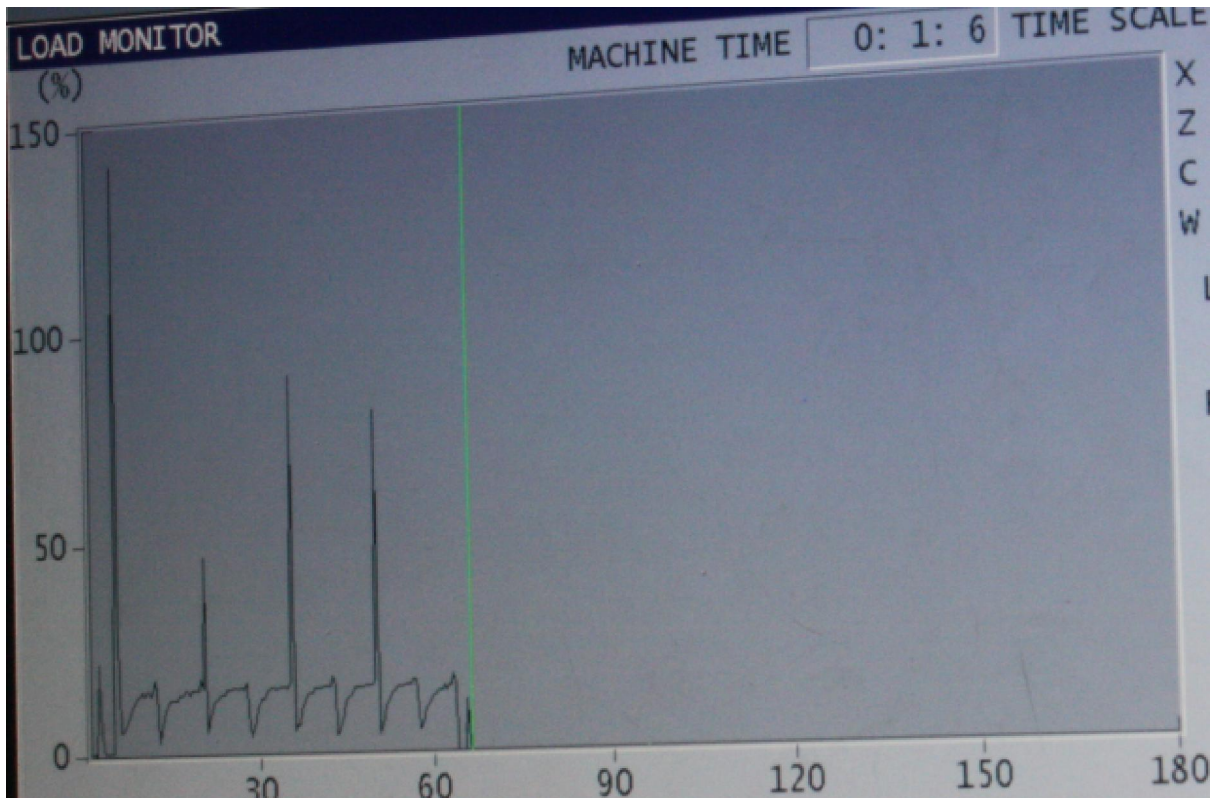
## 5. ispitivanje



Slika 37: Trag opterećenja 5. ispitivanja

- $V_c = 110$  m/min
- $a_p = 0,5$  mm
- $f = 0,3$  mm/okr
- $t_t = 30$  s
- rezna oštrica = 1 kod CT (ploča 2)
- $M = 13,75$  %

## 6. ispitivanje

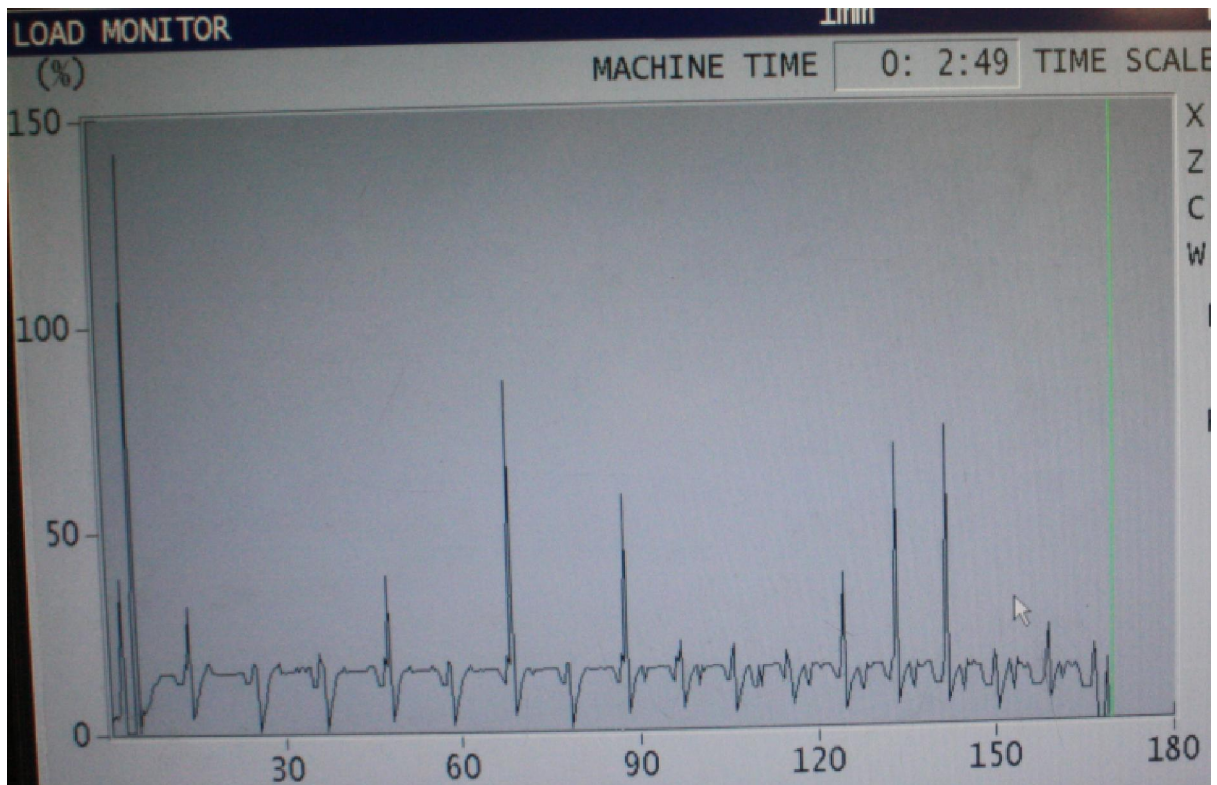


Slika 38: Trag opterećenja 6. ispitivanja

- $V_c = 110$  m/min
- $a_p = 0,4$  mm
- $f = 0,15$  mm/okr
- $t_t = 1$  min 6 s
- rezna oštrica = CT kod 04 (plo ica 2)
- $M = 16,72$  %



## 7. ispitivanje



Slika 39: Trag opterećenja 7. ispitivanja

- $V_c = 110 \text{ m/min}$
- $a_p = 0,5 \text{ mm}$
- $f = 0,15 \text{ mm/okr}$
- $t_t = 2 \text{ min } 49 \text{ s}$
- rezna oštrica = 04 kod CT (ploča 1)
- $M = 16 \%$

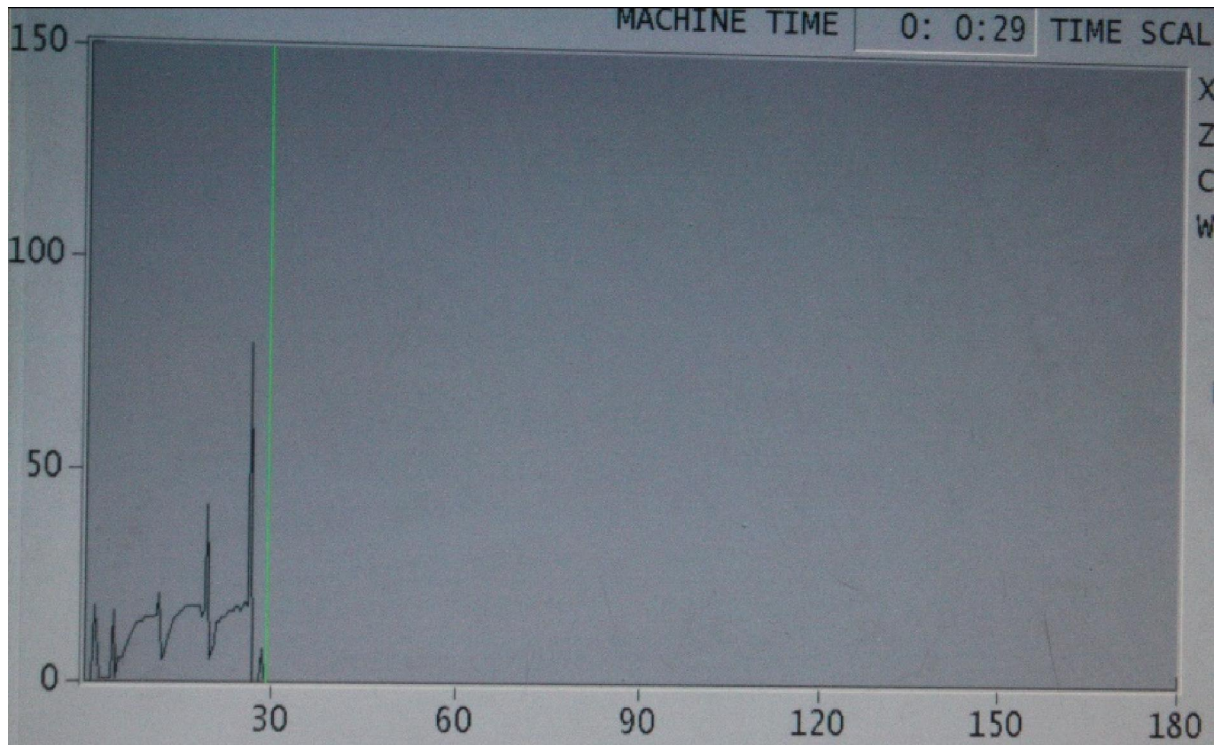
## 8. ispitivanje



Slika 40: Trag optere enja 8. ispitivanja

- $V_c = 110$  m/min
- $a_p = 0,75$  mm
- $f = 0,15$  mm/okr
- $t_t = 36$  s
- rezna oštrica = CT kod 1 (plo ica 2)
- $M = 16,25$  %

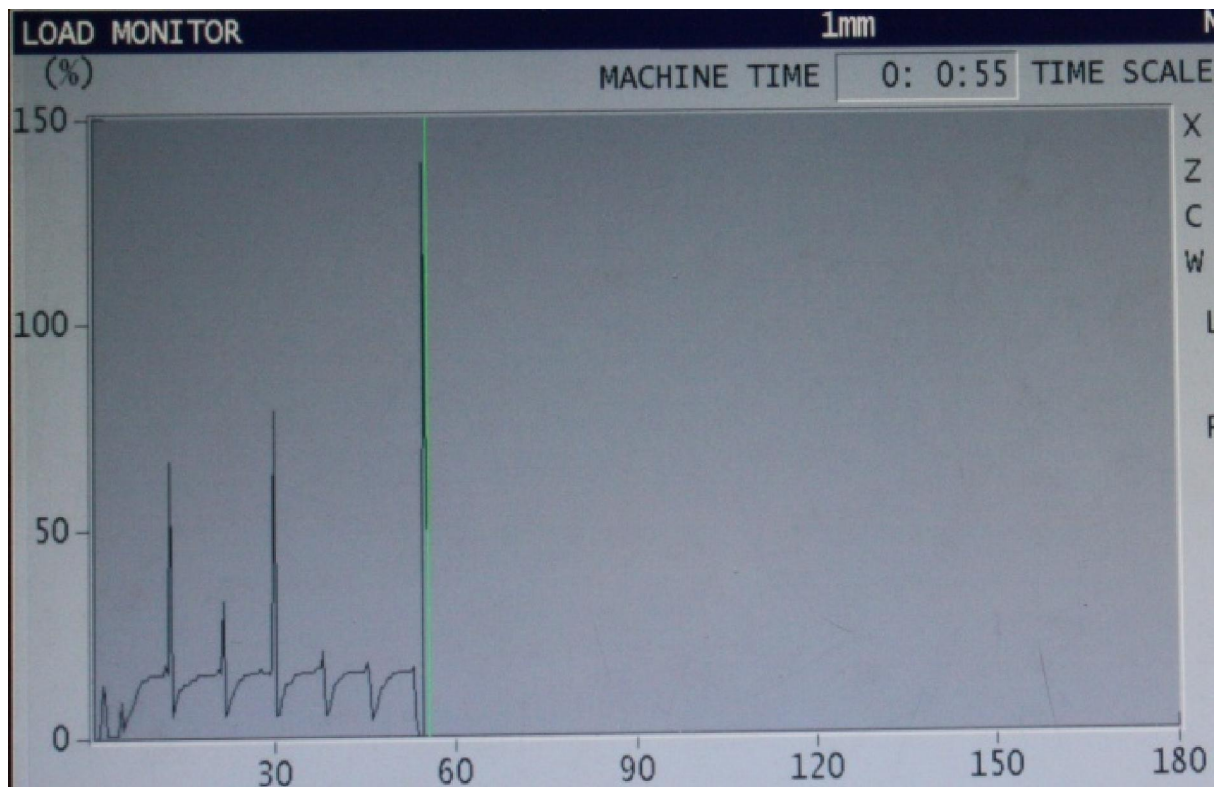
## 9. ispitivanje



Slika 41: Trag opterećenja 9. ispitivanja

- $V_c = 110$  m/min
- $a_p = 1$  mm
- $f = 0,15$  mm/okr
- $t_t = 29$  s
- rezna oštrica = 0,4 kod CT (plošica 2)
- $M = 18,56$  %

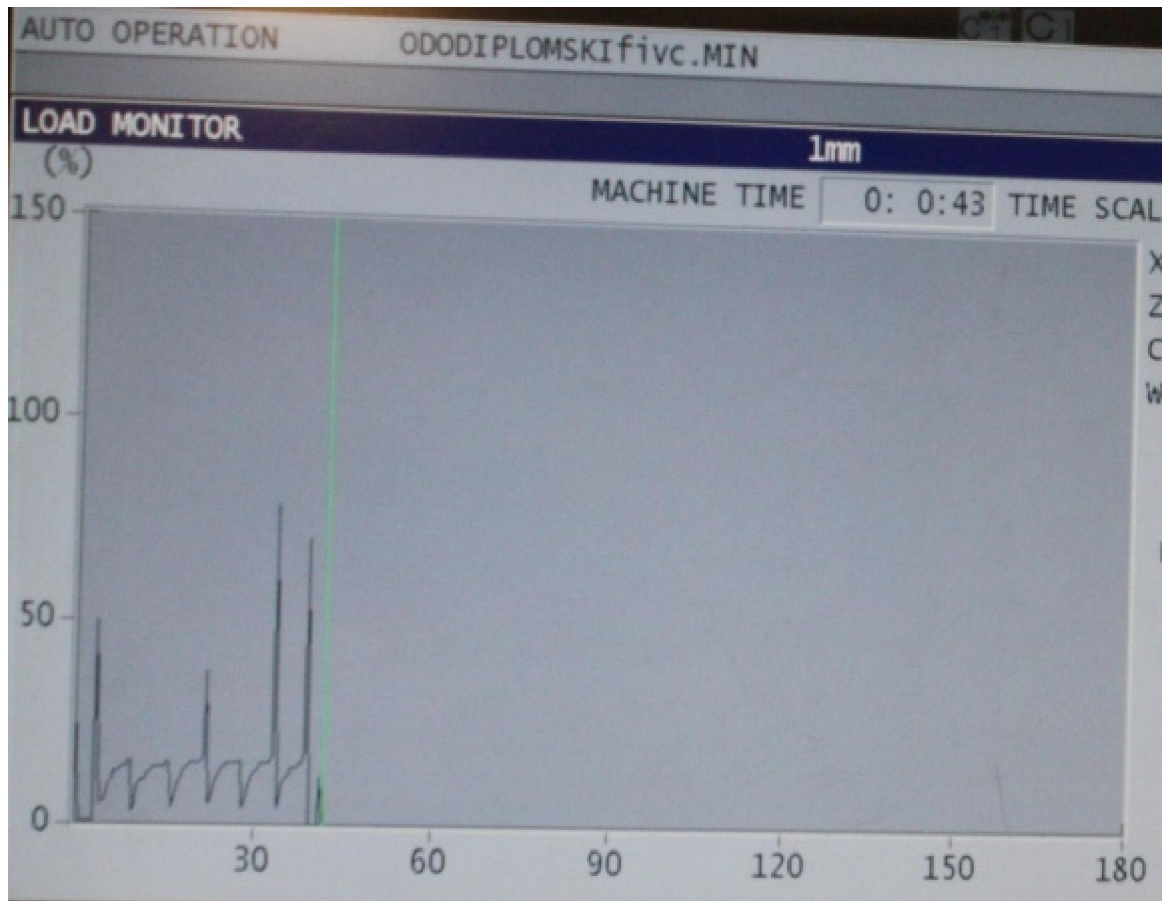
## 10. ispitivanje



Slika 42: Trag optere enja 10. ispitivanja

- $V_c = 100$  m/min
- $a_p = 0,5$  mm
- $f = 0,15$  mm/okr
- $t_t = 55$  s
- rezna oštrica = 1 kod CT (plo ica 3)
- $M = 15,29$  %

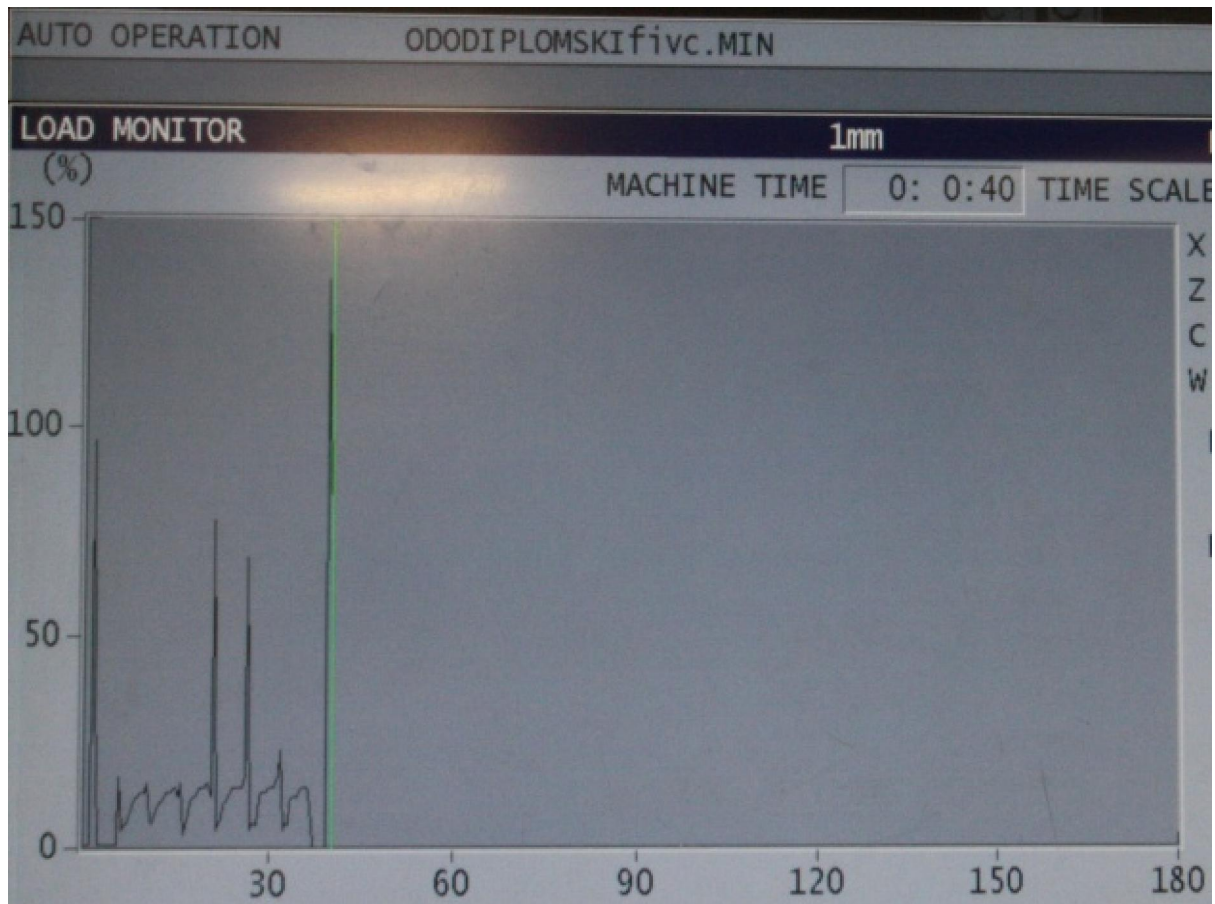
## 11. ispitivanje



Slika 43: Trag optere enja 11. ispitivanja

- $V_c = 140$  m/min
- $a_p = 0,5$  mm
- $f = 0,15$  mm/okr
- $t_t = 43$  s
- rezna oštrica = CT kod 04 (plo ica 3)
- $M = 15,03$  %

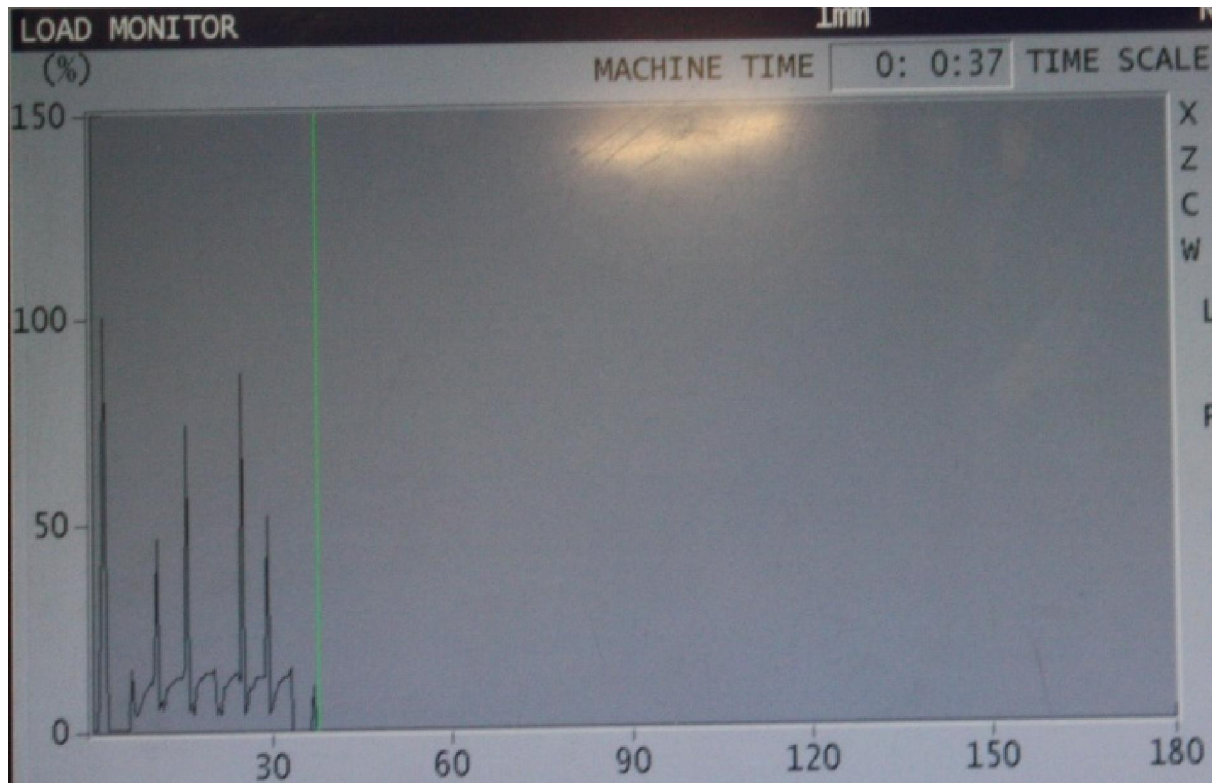
## 12. ispitivanje



Slika 44: Trag opterećenja 12. ispitivanja

- $V_c = 170 \text{ m/min}$
- $a_p = 0,5 \text{ mm}$
- $f = 0,15 \text{ mm/okr}$
- $t_t = 40 \text{ s}$
- rezna oštrica = CT kod 1 (ploča 3)
- $M = 13,68 \%$

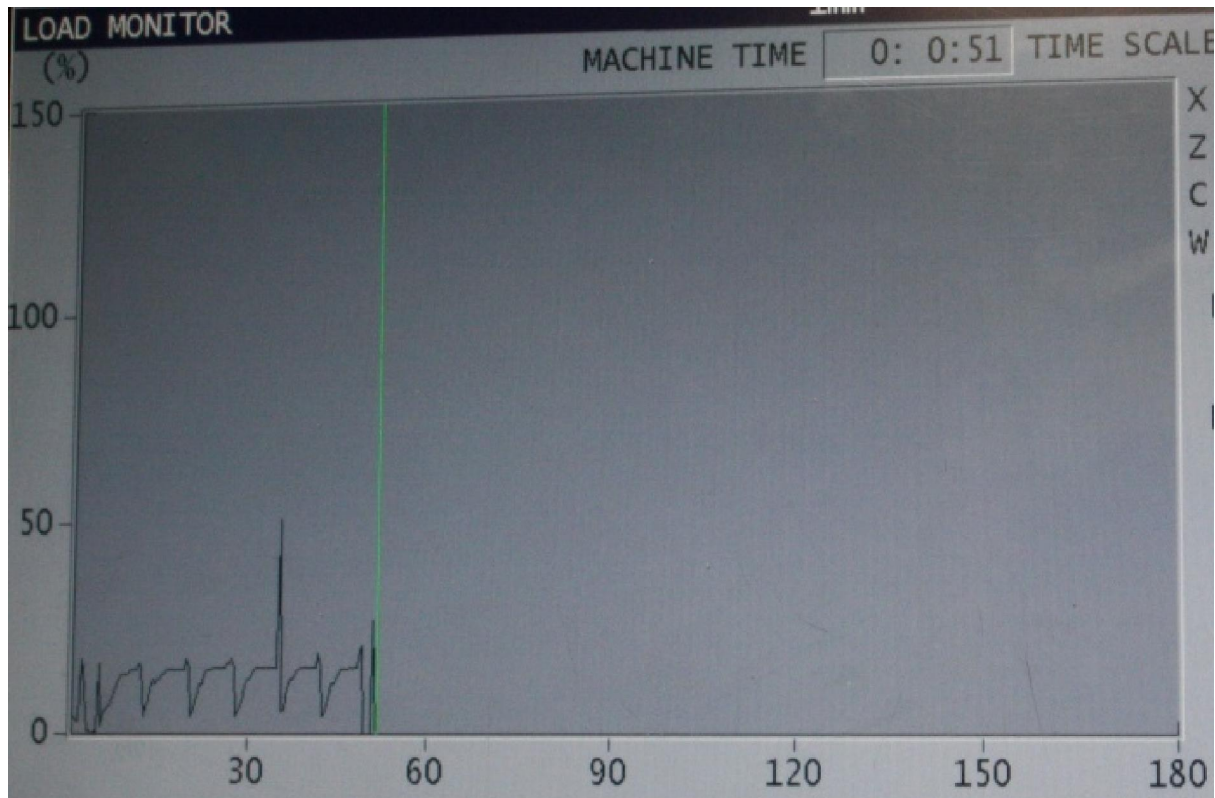
## 13. ispitivanje



Slika 45: Trag optere enja 13. ispitivanja

- $V_c = 200$  m/min
- $a_p = 0,5$  mm
- $f = 0,15$  mm/okr
- $t_t = 37$  s
- rezna oštrica = 04 kod CT (plo ica 3)
- $M = 13,9$  %

## 14. ispitivanje

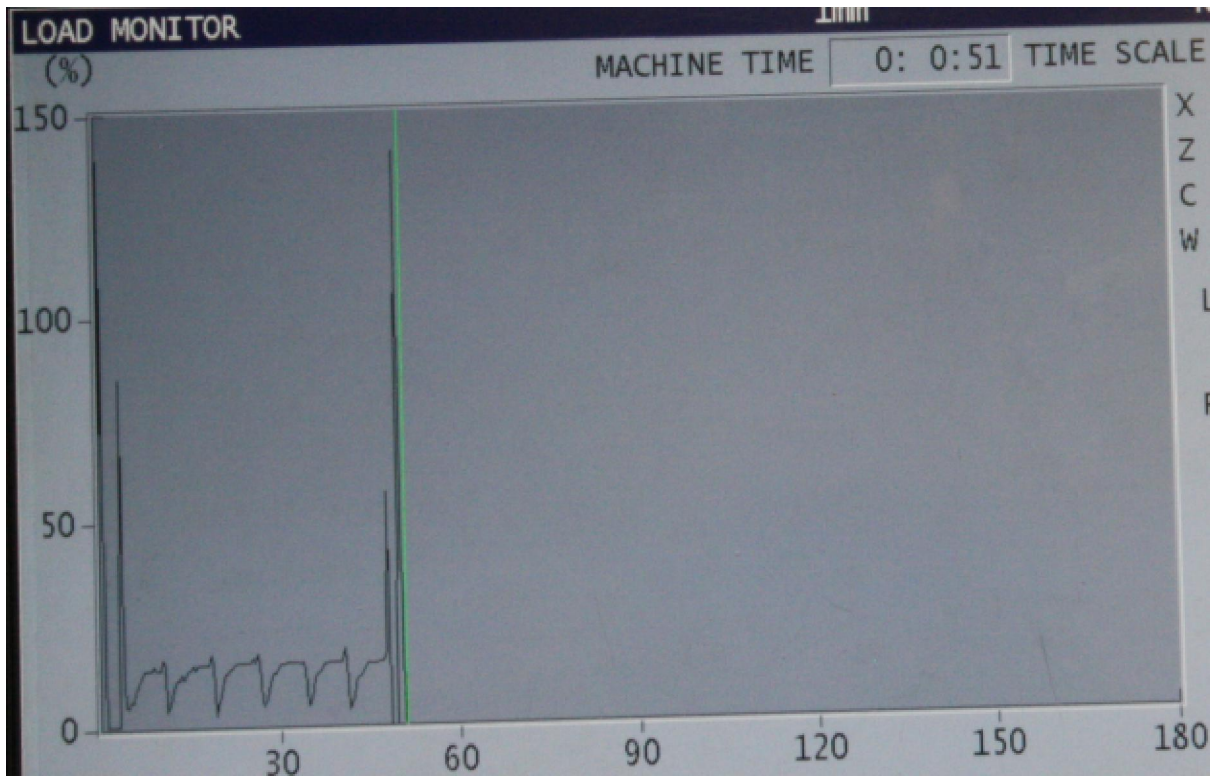


Slika 46.: Trag optere enja 14. ispitivanja

- $V_c = 110$  m/min
- $a_p = 0,5$  mm
- $f = 0,15$  mm/okr
- $t_t = 51$  s
- rezna plo ica 1
- $V_B = 0,1$  mm
- $M = 15,29$  %



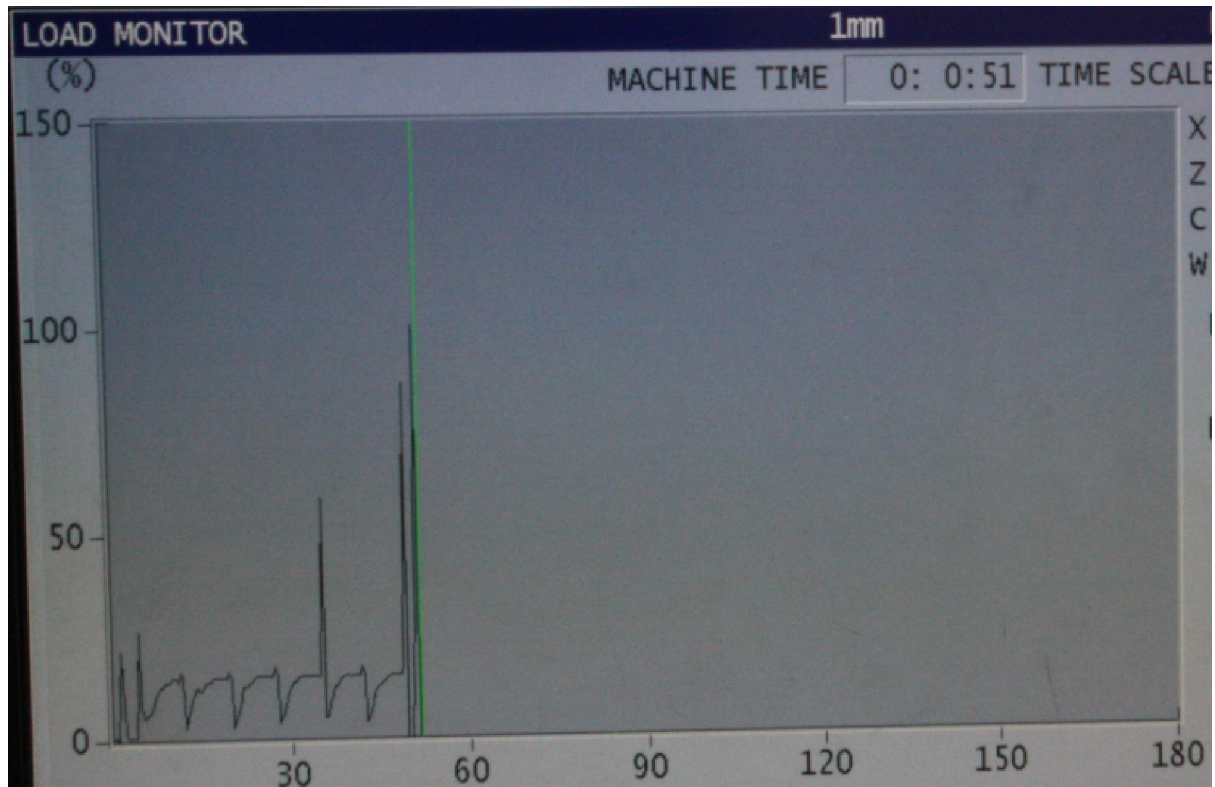
## 15. ispitivanje



Slika 47: Trag optere enja 15. ispitivanja

- $V_c = 110$  m/min
- $a_p = 0,5$  mm
- $f = 0,15$  mm/okr
- $t_t = 51$  s
- rezna plo ica 2
- $V_B = 0,2$  mm
- $M = 16,1$  %

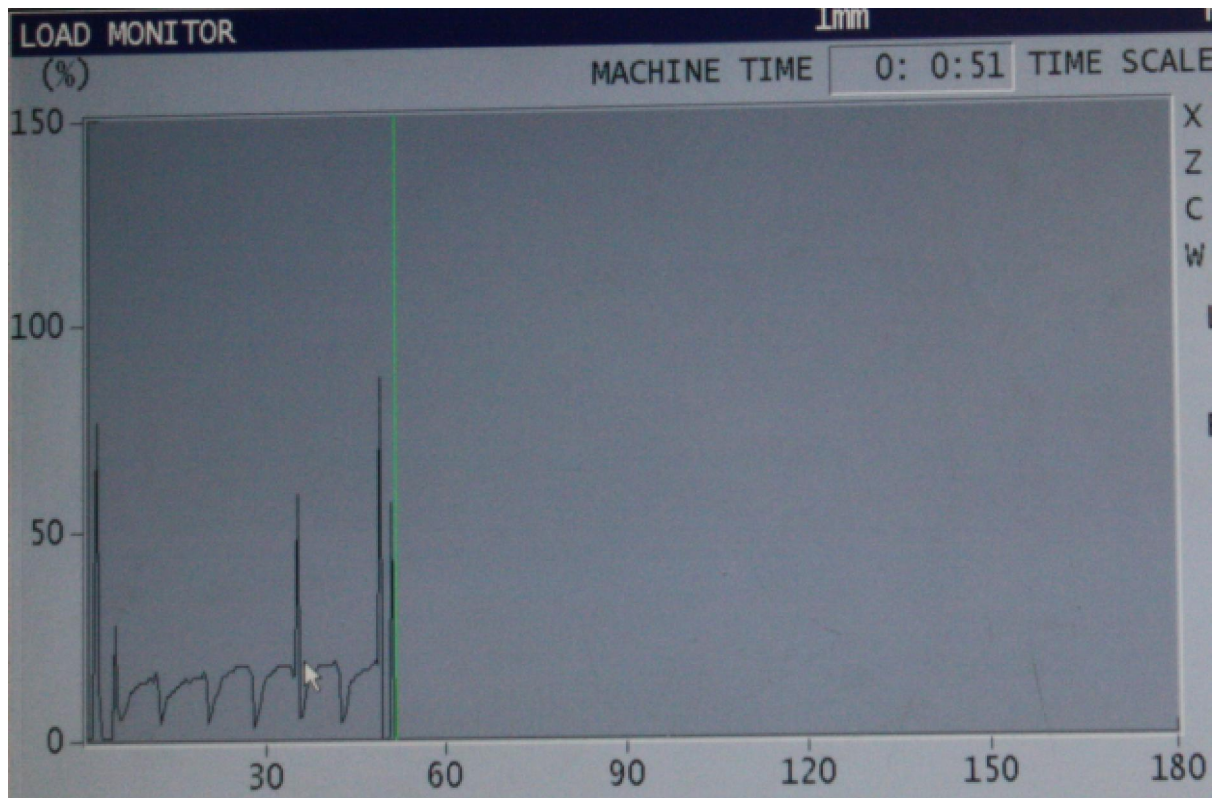
## 16. ispitivanje



Slika 48: Trag optere enja 16. ispitivanja

- $V_c = 110$  m/min
- $a_p = 0,5$  mm
- $f = 0,15$  mm/okr
- $t_t = 51$  s
- rezna plo ica 3
- $V_B = 0,3$  mm
- $M = 16,2$  %

## 17. ispitivanje



Slika 49: Trag optere enja 17. ispitivanja

- $V_c = 110$  m/min
- $a_p = 0,5$  mm
- $f = 0,15$  mm/okr
- $t_t = 51$  s
- rezna plo ica 4
- $V_B = 0,4$  mm
- $M = 17,94$  %

## 7. Zaključak

U ovom radu prikazana je funkcija nadgledanja opterećenja rezne oštrice alata i na in na koji nam ona služi za sprijeavanje da prevelika istrošenost alata bude uzrokom oštećenja alata, obratka ili nekog dijela stroja. Funkcija je mjerila postotak momenta koji se javljao prilikom svakog procesa rezanja te ga uspoređivala sa dopuštenim granicama koje su bile automatski postavljene temelje i se na pokusnom rezanju. Postotak momenta kretao se u rasponu od najmanjeg koji je iznosio 13,68% kod parametara obrade  $f$  (posmak) = 0,15 mm/okr,  $a_p$  (dubina obrade) = 0,5 mm te  $V_c$  (brzina rezanja) = 170 m/min pa sve do najvećeg koji je iznosio 18,56% sa parametrima obrade  $f$  = 0,15 mm/okr,  $a_p$  = 1 mm te  $V_c$  = 110 m/min. Dobiveni rezultati su logični iz razloga što se sila rezanja povećava sa dubinom obrade i smanjenjem brzine rezanja. Prilikom izvođenja eksperimenta nije došlo do pojave alarma razine C koji označava preopterećenje alata ni do pojave alarma razine A koji označava lom alata iz razloga što nadgledano opterećenje nije dostiglo 1. ni 2. razinu ograničenja u iznosu od 23% odnosno 25%.

Po mojem mišljenju funkcija nadgledanja opterećenja dolazi do izražaja samo prilikom velikoserijske i masovne proizvodnje gdje se isplati utrošiti dragocjeno vrijeme u snimanje nastalog opterećenja te izvođenja pokusnih rezanja i svih ostalih radnji koje je potrebno izvršiti kako bi nadgledanje bilo uspješno izvedeno. Također, autonomnost sustava dolazi do izražaja samo prilikom velikih serija obradaka gdje je moguće postići da stroj radi sam bez prisutnosti operatera gdje takve funkcije tada dolaze do izražaja.

Nastavak istraživanja na ovom području bit će usmjeren na daljnje proučavanje funkcije nadgledanja opterećenja te svih njenih mogućnosti, postupcima mijenjanja parametara obrade sa ciljem opterećenja alatnog stroja te ispitivanja funkcionalnosti alarma razine C i razine A te posljedica koje oni ostavljaju na alat, obradak i dijelove alatnog stroja.

## 8. Literatura

- [1] [www.hatz.hr/hrv/glasnik/Alatni%20strojevi1.htm](http://www.hatz.hr/hrv/glasnik/Alatni%20strojevi1.htm)
- [2] predavanja iz kolegija „Proizvodnja podržana računalom“
- [3] Mulc T, Udiljak T, Čuš F, Milfelner M, Monitoring Cutting Tool Wear Using Signals from the Control System, Strojniški vestnik 50, 2004. godina
- [4] predavanja iz kolegija „Obrada odvajanjem čestica“
- [5] Udiljak T, Disertacija, 2004. godina
- [6] Brezak D, doktorski rad „Razvoj hibridnog estimatora trošenja alata i metoda vođenja alatnog stroja“ 2007. godina
- [7] [www.TZV.Gredelj.hr](http://www.TZV.Gredelj.hr)
- [8] [www.okuma.com/products/machines](http://www.okuma.com/products/machines)
- [9] [www.arminox.com](http://www.arminox.com)
- [10] [www.kennametal.com](http://www.kennametal.com)
- [11] [www.scribd.com/doc/24369438/Programiranje-CNC-strugova-i-glodalica](http://www.scribd.com/doc/24369438/Programiranje-CNC-strugova-i-glodalica)
- [12] Uputstva za upotrebu specijalnih funkcija OSP-P200L, 4. izdanje, 2007. godina
- [13] [www.penta-machines.com/okuma.php](http://www.penta-machines.com/okuma.php)