

INTERNACIONALNI UNIVERZITET TRAVNIK
FAKULTET POLITEHNIČKIH NAUKA

ZAVRŠNI RAD

**ANALIZA GREŠAKA PRI IZRADI NAVOJA PRI PROCESU
OBRADE NA CNC TOKARILICI**

Mentor:

Prof.dr.Sejfo Papić

Student:

Mineta Tolja

Travnik, 2019.

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	2
POPIS TABLICA	3
SAŽETAK	1
SUMMARY.....	2
1.UVOD	3
1.1.Definicija navoja.....	3
1.2. Rastavljeni spojevi - vijčani spoj	3
2.OPĆENITO O NAVOJU	4
2.1.Vojnost navoja	4
2.2. Uspon navoja	5
2.3.Vrste navoja	5
2.3.1. Metrički navoj	5
2.3.2. Trapezni navoj	7
2.3.3. Pilasti navoj	7
2.3.4. Whithworthov navoj	8
2.3.5. Obli elektro navoj.....	9
2.3.6. Obli navoj	9
3. VIJČANI SPOJEVI	10
3.1. Osnovni dijelovi.....	10
3.2. Namjena vijčanih spojeva	12
4. NAČINI IZRADE NAVOJA	15
4.1. Tokarenje navoja.....	15
4.1.1. Načini ulaza alata u materijal obratka kod tokarenja navoja	16
4.1.2. Zauzimanje dubine rezanja	18
4.1.3. Rezne pločice	20
4.1.4. Preporuke za tokarenje navoja	21
5.CNC TOKARILICA	22
5.1. Podjela postupaka tokarenja	23
5.2. Alati za tokarenje	26
5.3 Parametri obrade za tokarenje	29
6.IZRADA NAVOJA I PRATEĆI PROBLEMI.....	31

6.1.Pojava vibracija prilikom izrade navoja.....	32
6.2.Greške kod tokarenja navoja	32
6.3. Greške kod izrade navoja ureznim svrdlima	34
7.ZAKLJUČAK	37
LITERATURA	39

POPIS SLIKA

Slika 1. Razlika desnovojni i lijevovojni navoj	4
Slika 2 .Vojnost navoja [2]	4
Slika 3.Ugao uspona navoja.....	5
Slika 4.Metrički navoj.....	6
Slika 5.Razlika metričkog navoja [3]	Slika5.1. Razlika metričkog navoja
Slika 6 .Trapezni navoj [4].....	6
Slika 7.Pilasti navoj	7
Slika 8.Whithworthov navoj [5]	8
Slika 9.Oblji navoj	8
Slika 10.Vijak	9
Slika 11.Šesterostранa matica	10
Slika 12.Navoj priteznog vijka [6].....	10
Slika 13.Spoj dva dijela vijkom i maticom [7]	Slika 14.Spoj dva dijela
vijkom i unutarnjim navojem.....	11
Slika 15.Standardni napinjač čelične užadi [8].....	11
Slika 16.Spoj vreteno - matica za alatni stroj	12
Slika 17.Vijčana preša [9].....	12
Slika 18.Presjek mikrometra.....	13
Slika 19.Tokarenje vanjskog i unutarnjeg navoja [10]	14
Slika 20.Zauzimanje dubine postrance	14
Slika 21.Inkrementalni ulaz	15
Slika 22.Radijalni ulaz	15
Slika 23.Stalna vrijednost presjeka odvojene čestice [11].....	16
Slika 24.Stalna vrijednost radijalne dubine izrade [11].....	17
Slika 25.Rezna pločica za puni profil [12].....	18
Slika 26.Rezna pločica za V - profil [12]	18
Slika 27.Pločica sa više zubi [12]	19
Slika 28.CNC tokarilica	20
Slika 29.Vertikalna tokarilica [16].....	21
Slika 30.Uzdužno vanjsko tokarenje[16]	22
Slika 31.Poprečno plansko tokarenje [16]	22
Slika 32.Tokarenje vanjskog i unutarnjeg navoja [16]	23
Slika 33.Konusno tokarenje [16]	23

Slika 34.Tokarski nož iz jednog komada	26
Slika 35.Tokarski nož izrađen od više dijelova	26
Slika 36.Parametri obrade [17]	28
Slika 37.Plastična deformacija rezne pločice.....	30
Slika 38.Pretjerano trošenje ruba pločice.....	30
Slika 39.Oštećenje i pucanje ruba rezne pločice.....	30
Slika 40.Lom rezne pločice.....	31
Slika 41.Greške početnog prvrta [19]	31
Slika 42.Pravilna dimenzija prvrta [21]	32
Slika 43.Odvojena čestica [21]	32

POPIS TABLICA

Tablica 1.Tokarski noževi sa CNC tokarilice	25
---	----

SAŽETAK

Navoj je geometrijsko tijelo koje ima široku primjenu u svim granama mašinskog inžinjeringu, ali i svakodnevnom životu. Najčešća vrsta spojeva su vijčani spojevi čiji osnovni elementi, vijak i matica, upravo preko navoja ostvaruju potrebnu vezu. Vijčani spojevi imaju više uloga, kao što je spajanje dijelova, pretvaranje rotacijskog kretanja u translacijsko, podešavanje. Navoj ima svoje osnovne karakteristike kao što su prečnik, korak, profil i jačina. Postoji više vrsta navoja, a najčešći je metrički navoj s teorijskim profilom jednako straničnog trokuta. Navoj je moguće izraditi na više načina; glodanjem, urezivanjem, narezivanjem, deformiranjem, brušenjem, a najčešći način izrade je tokarenje koje pokriva široki spektar navojnih profila. Svaki način izrade ima svoje prednosti i nedostatke, tako da se način izrade odabire prema potrebama površine navoja, veličini serije te dostupnim alatnim mašinama i reznim alatima. Prilikom svake obrade moguća je pojava grešaka, koje je važno prepoznati te uz pomoć znanja i iskustva ukloniti u što kraćem vremenskom roku da se izbjegnu zastoji i pojava škarta.

Ključne riječi: Vijčani spojevi ,način izrade navoja ,greške izrade navoja

SUMMARY

Thread is geometrical object which is widely used in every aspect of engineering and daily life. The most common type of joints are screw joints which basic elements, a screw and a bolt, are connected by thread. Screw joints have more functions such as joining parts, converting rotational into translational movement, adjusting and sealing. Thread has some characteristics such as a diameter, pitch, profile and number of starts of the thread. There are several types of thread, and the most common type is metrical thread with theoretical isosceles profile. The thread can be made in many ways; by milling, tapping, dieing, forming, grinding, but the most common way is turning which enables making many types of thread profiles. Every method has advantages and disadvantages, so the surface quality demands, number of parts and availability of machines and equipment determines the method that will be used. There is always a possibility of an error during thread making, which is important to recognize and fix as soon as possible by using knowledge and experience to avoid delays and incorrect parts.

Key words: Screw joints Thread making methods Errors

1.UVOD

Kao uvod u ovaj završni rad, rečeno je par riječi o navoju, definicija i gdje se sve navoj može koristiti. Osnovna namjena navoja je u vijčanom spoju preko kojeg se ostvaruje odvojivi spoj dva ili više dijela. Uz spajanje dijelova, vijčani spojevi se mogu koristiti i za brtvljenje, podešavanje, pretvaranje rotacijskog kretanja u translacijsko te kod preciznih mjernih uređaja. Svaki navoj ima svoj oblik odnosno profil pa se na temelju toga može razlikovati nekoliko vrsta navoja, počevši od najčešće korištenog metričkog navoja, preko trapeznog, pilastog, Whithworthovog, pa sve do oblog i oblo elektro navoja. Navoj je moguće izraditi na više načina; glodanjem, urezivanjem, narezivanjem, deformiranjem, brušenjem, a najčešći način izrade je tokarenje koje pokriva široki spektar navojnih profila. Odabir načina izrade ovisi o tome je li navoj unutarnji ili vanjski, profilu navoja, zahtijevanoj kvaliteti površine, dostupnim alatima, dostupnim mašinama, veličini serije odnosno samoj isplativosti maštine i opreme. Svaki način izrade ima svoje prednosti i nedostatke pa je važno poznavati sve postupke kako bi se izabrao najpovoljniji te kako bi rezultati, odnosno produktivnost i kvaliteta, bili što bolji. Uz svaki način izrade vežu se i greške koje je potrebno ispraviti i spriječiti njihovo ponovo pojavljivanje kako bi proizvodnja tekla glatko i bez nepotrebnih zastoja sa što manje škarta.

1.1.Definicija navoja

Navoj je po definiciji geometrijsko tijelo koje je omeđeno površinom koja nastaje pri kružnom zavojnom kretanju neke geometrijske slike, tzv. profil navoja.¹ Također se može reći da kad bi se po navojnoj liniji oko cilindra namatala žica trokutastog ili pravougaonog profila, dobio bi se navoj trokutastog, odnosno pravougaonog profila.²

1.2. Rastavlјivi spojevi - vijčani spoj

Uz dobro poznate spojeve ostvarene zavrtnjom, klinom, perom, prstenom, i ostalim načinima spajanja, vijčani spoj je jedan od najvažnijih i najčešćih rastavlјivih spojeva korišten u mašinstvu. Sastoji se od dva osnovna dijela – vijka i matice, a po potrebi se koristi i podložna pločica. Imaju široku i raznovrsnu primjenu što ih čini vrlo praktičnim jer se mogu spajati različite vrste materijala, mogu se više puta rastavljati i sastavljati bez velikih promjena ili oštećenja, a cijena im je prihvatljiva zbog toga jer su to najčešće standardni kupovni dijelovi.

2.OPĆENITO O NAVOJU

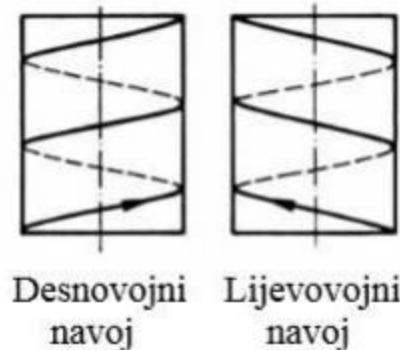
2.1.Vojnost navoja

¹ http://www.chikaasistent.com/index.php?option=com_content&view=article&id=153&Itemid=497

² http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_kons_stroj/katedre/konstruiranje/kolegiji/ke1/backs/ke1_materijali_vj/7.%20VijcaniSpojevi.pdf

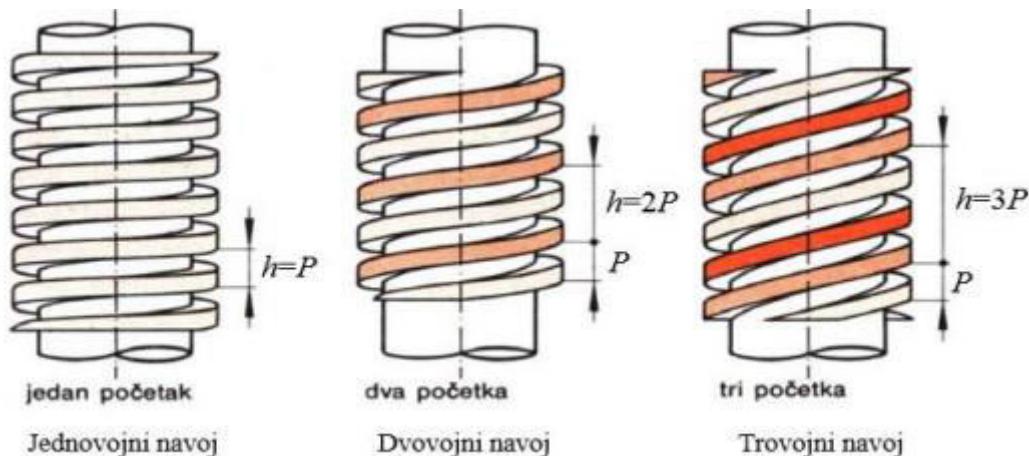
Ovisno o smjeru zavojnice, kao što to prikazuje Slika 1., navoj može biti:

- Desnovojan – standardni
- Lijevovojan – za posebne namjene (natezači užadi, plinske boce)



Slika 1. Razlika desnovojni i lijevovojni navoj

Ako se oko valjka obavijaju dvije ili više zavojnica, navoj tada postaje dvovojan ili viševojan, tj. ima više početaka. Kao što Slika 2. prikazuje vojnost navoja, također se može vidjeti da trovojni navoj ima uspon h tri puta veći od koraka navoja P . Time se postiže brže uzdužno kretanje što je korisno kod raznih vretena.



Slika 2 .Vojnost navoja²

Uspon navoja ovisi o koraku i vojnosti navoja, a zadan je izrazom:

$$Ph = P * n \quad (1)$$

gdje je:

Ph – uspon navoja

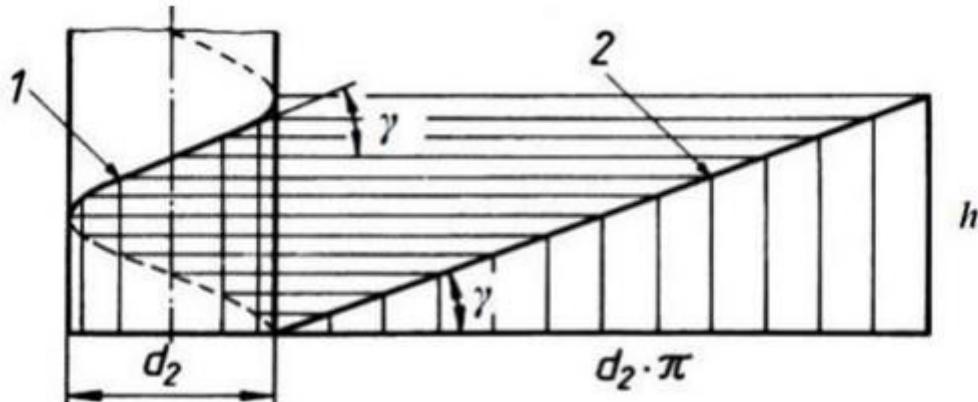
P – korak navoja, odnosno uspon jednog navoja

n – broj navoja, vojnost navoja.

2.2. Uspon navoja

Svaki navoj ima definirani ugao uspona navoja preko kojeg se direktno određuje uspon navoja koji je objašnjen Slikom 3., a prikazuje se sljedećim izrazom:

$$\tan \gamma = h / d_2 \pi \quad (2)$$



Slika 3.Ugao uspona navoja

gdje je :

h – uspon navoja, mm

γ – kut uspona,

d_2 – srednji prečnik navoja, mm

1 – navojna linija

2 – odmotana navojna linija

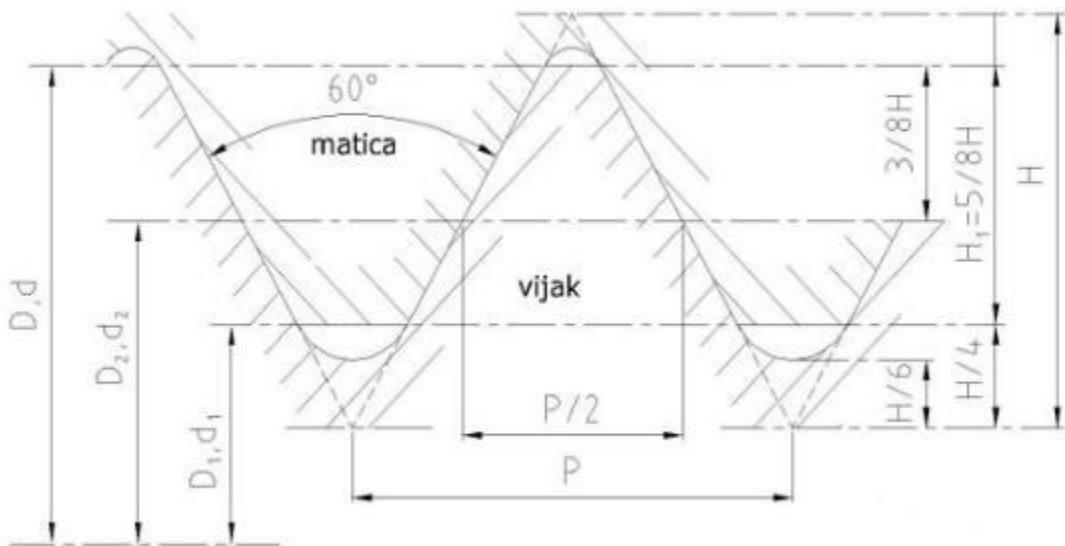
2.3.Vrste navoja

Neke od najčešćih i najkorištenijih vrsta navoja su metrički navoj, trapezni navoj, pilasti navoj, Whithworthov navoj, obli elektro navoj i obli navoj.

2.3.1. Metrički navoj

Ova vrsta navoja se najčešće koristi. Ima teorijski profil jednak stranicnjog trokuta s uglom profila navoja od 60° . Postoji normalni metrički navoj koji se upotrebljava u općem mašinstvu kod vijaka i matica, odnosno poželjno je koristiti ovu vrstu metričkog navoja gdje god je moguće. Fini metrički navoj se koristi u specijalnim slučajevima kada je potrebna

velika sigurnost od odvijanja, kod kratkih vijaka, tankostijenih cijevi ili preciznih pomaka vijka u aksijalnom smjeru. Slika 4. prikazuje profil metričkog navoja.



Slika 4. Metrički navoj

d – vanjski i nazivni prečnik, mm

d_2 – srednji prečnik, mm

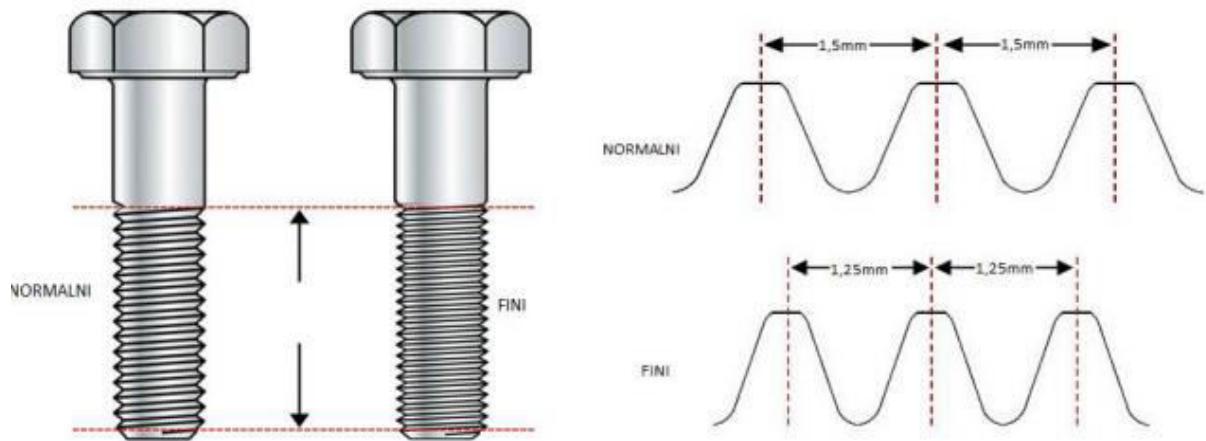
d_3 – prečnik jezgre, mm

P – uspon, mm

H – teoretska dubina navoja, mm

H_1 – nosiva dubina navoja, mm

Razlika između normalnog i finog metričkog navoja prikazana je na Slici 5. i Slici 5.1.

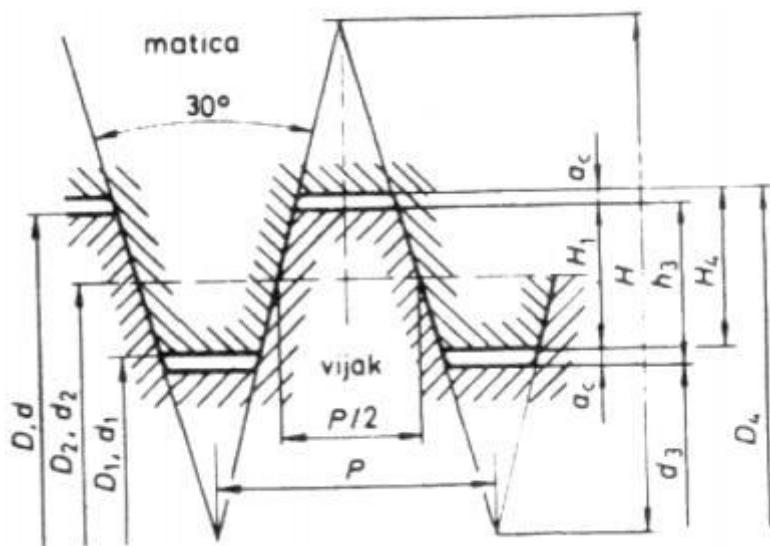


Slika 5.Razlika metričkog navoja³

Slika 5.1. Razlika metričkog navoja

2.3.2. Trapezni navoj

Ima osnovicu jednakokračan trokut ugla profila od 30° , a teorijski mu je profil trapez što se vidi na prikazanoj Slici 6. Ovaj navoj ima manje trenje od metričkog navoja pa se koristi za pokretne spojeve kao što su vretena za dizala, škripce, alatne strojeve, itd. Zamjenjuje kvadratni navoj jer se vijak lakše pomiče.



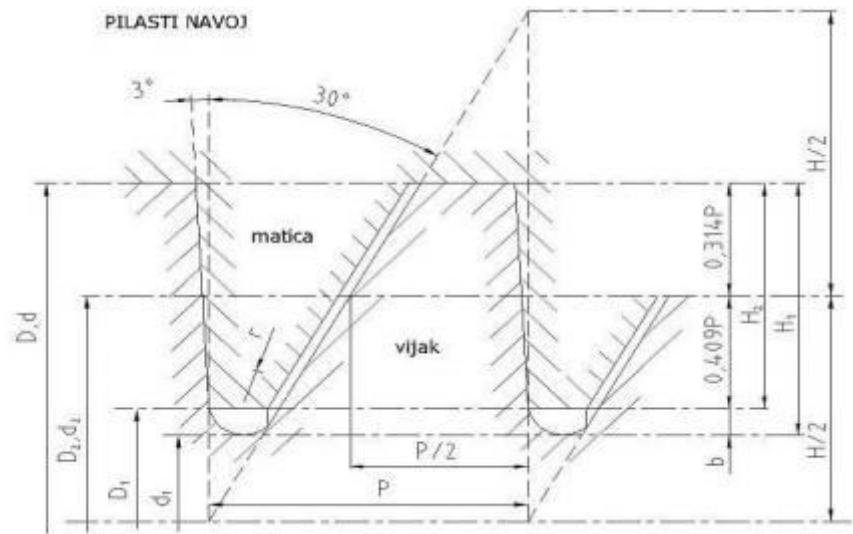
Slika 6 .Trapezni navoj⁴

2.3.3. Pilasti navoj

³ http://www.agcoauto.com/content/news/p2_articleid/305,

⁴ <http://www2.lecad.si/vaje/resitve/14.17/index.html>

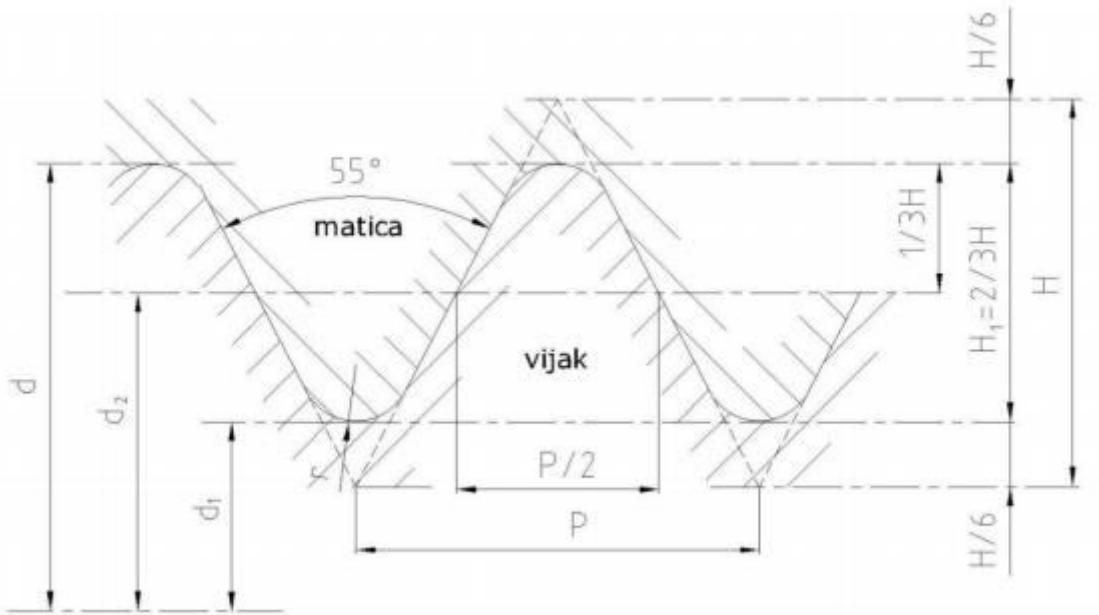
Osnovica pilastog navoja je pravougaoni trokut s uglom profila 30° koji je prikazan na Slici 7. Koristi se za vretena jer je trenje manje nego kod trapeznog navoja, ali manu je to što podnosi opterećenja samo u jednom smjeru.



Slika 7.Pilasti navoj

2.3.4. Whithworthov navoj

Teorijski profil mu je jednakokraki trokut s uglom profila 55° , Slika 8. Porijeklo vuče iz Velike Britanije pa je osnovna dimenzija prečnika izražena u inčima. Koristi se za vodovodne i plinske cijevi zbog svoje sposobnosti brtvljenja tj. sprječavanja istjecanja fluida kroz navojne spojeve.



Slika 8. Whithworthov navoj⁵

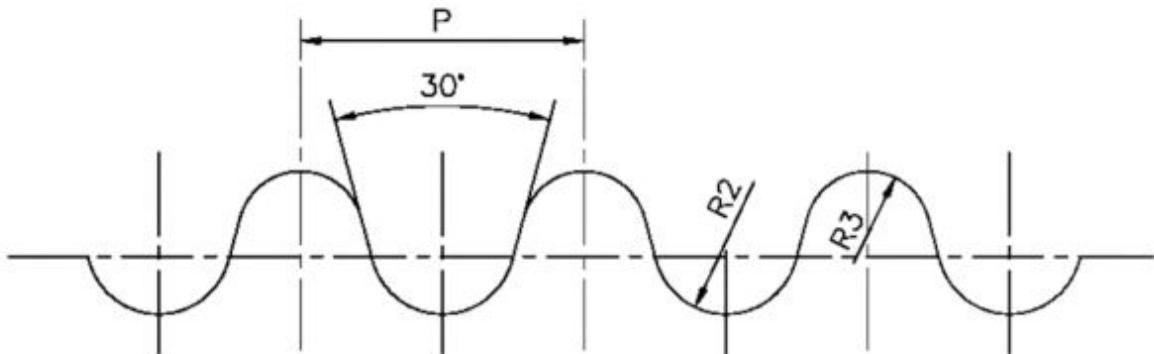
2.3.5. Obli elektro navoj

Naziva se još i Edisonov navoj. Taj navoj ima usko područje primjene te se koristi samo na sijalicama i strujnim osiguračima.

2.3.6. Obli navoj

Značajan je zbog toga što mu ne smetaju oštećenja i strane čestice, odnosno prljavština. Koristi se kod spojeva izloženih različitim vremenskim utjecajima, kao što su vagonske spojke ili vijci na armaturama, gdje dolazi do čestog rastavljanja. Slika 9. prikazuje karakteristike oblog navoja.

⁵ http://hr.wikipedia.org/wiki/Cijevni_navoj,



Slika 9. Obli navoj

P – korak navoja, mm R2 – radijus zaobljenja unutarnji, mm R3 – radijus zaobljenja vanjski, mm

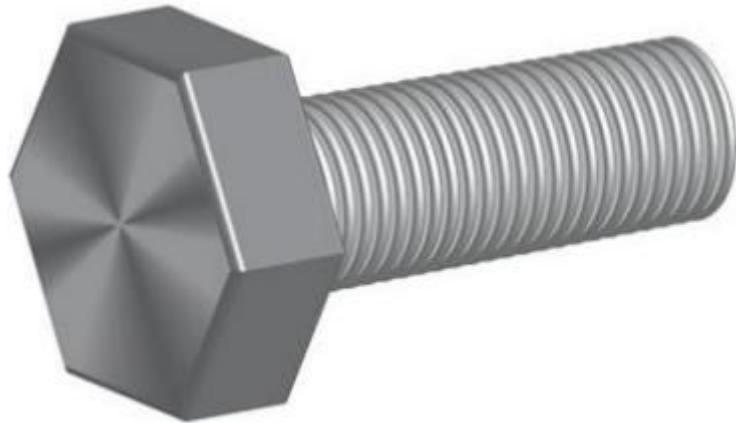
3. VIJČANI SPOJEVI

Vijčani spojevi su vrlo važan element mašinstva jer imaju široku primjenu, a jednostavni su za korištenje. Normalizacija osnovnih dijelova je pridonijela jednostavnosti njihove primjene koja će biti detaljnije opisana u nastavku rada.

3.1. Osnovni dijelovi

a) Vijak

Vrlo jednostavan mašinski element cilindričnog oblika s vanjskim navojem. Širi dio naziva se glava vijka i služi za odvijanje odnosno zavijanje određenim alatom. Navoj može biti lijevi ili desni i puni ili djelomični. Postoje i vijci bez glave takozvani uvrtni vijci. Odnosi klizanja i trenja pri međusobnom djelovanju s maticom jednaki su kao kod kosine pod uglom α koja je u okomitoj ravnini nagnuta još za bočni ugao β . Vijci su standardizirani elementi prihvativljive cijene. Postoji veliki assortiman oblika vijaka i stoga im je namjena vrlo raširena. Slika 10. prikazuje jedan standardni vijak sa šesterougaonom glavom koji ima navoj po cijeloj dužini tijela.



Slika 10.Vijak

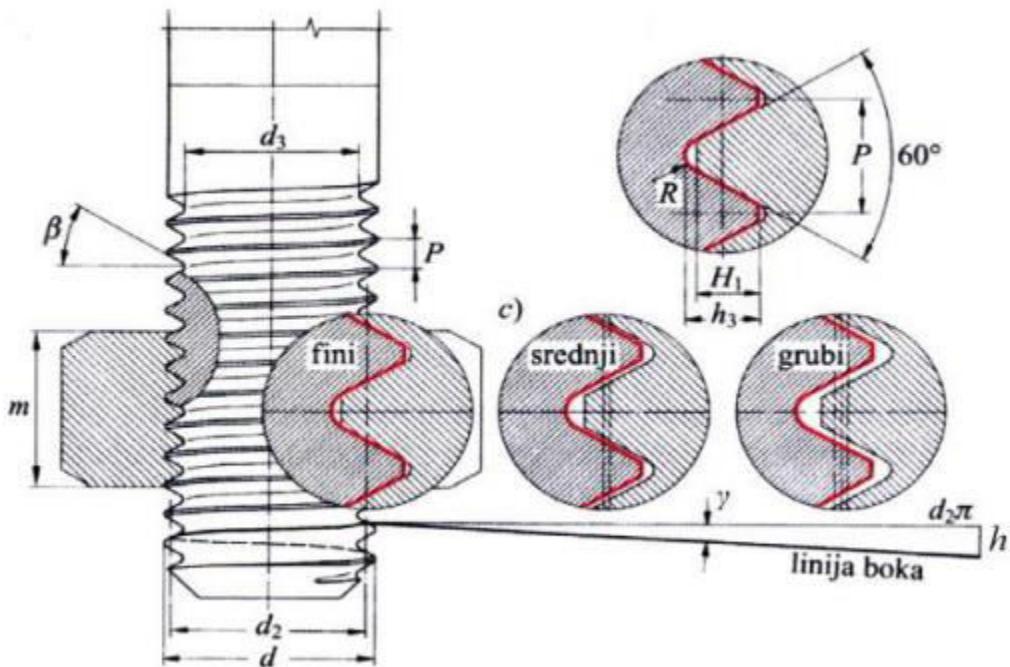
b) Matica

Jednostavna naprava koja služi za spajanje, pritezanje ili podešavanje te se koristi u paru s vijkom. Ima cilindričan provrt s unutarnjim navojem koji je sukladan navoju pripadajućeg vijka. Postoji nekoliko vrsta matica, a najčešće je korištena šesterostранa matica zbog praktične podjele zakretanja od 30° u ograničenim prostorima prikazana na Slici 11. Koriste se različite veličine matica, od vrlo sitnih za mobitele i satove, pa sve do vrlo velikih koje se koriste u čeličnim konstrukcijama, primjera radi u mostogradnji.



Slika 11.Šesterostранa matica

Postoji širok izbor standardnih vijaka i matica, a njihov odabir ovisi o konstrukcijskoj potrebi i mogućnosti montažnih radova, odnosno prostoru koji je dostupan za pritezanje. Nasjedanje navoja matice i navoja vijka također može biti različito i tolerirano je prema ISO toleransijskim razredima. Postoje tri toleransijska razreda, fini, srednji i grubi, a u mašinstvu se najčešće koristi srednja kvaliteta koja se u narudžbama ne mora posebno naznačiti. Odnos toleransijskih razreda je prikazan na Slici 12. koja prikazuje jedan metrički profil navoja, gdje je uz standardne dimenzije prikazana i dubina navoja h3 i nosiva dubina navoja H1.



Slika 12. Navoj priteznog vijka⁶

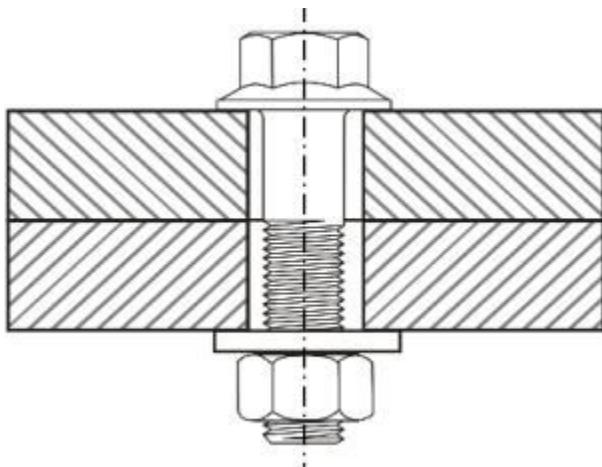
Uz vijak i maticu, česti element vijčanih spojeva je i podloška osiguranja. Ona služi za izbjegavanje povećanja potrebnog momenta pritezanja ukoliko površina nalijeganja nije ravna kao što je to slučaj kod valjanih, kovanih ili lijevanih dijelova. Također podloške se ulažu i kada se želi izbjegći oštećenje površine nalijeganja ukoliko je ona meksa od vijka ili je površina kosa prema osi prvrta. Postoji više oblika podloška osiguranja, pa tako postoje podloške koje sprečavaju odvrtanje oblikom i silom. Sve su podloške standardizirane i koriste se po potrebi.

3.2. Namjena vijčanih spojeva

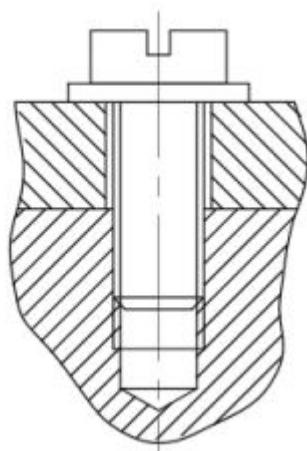
a) Pričvrsni vijčani spojevi

Koriste se za spajanje dva dijela istog ili različitog materijala te za napinjanje čelične užadi. Slika 13. prikazuje kako je moguće parom vijak – matica povezati dva dijela, u ovom slučaju dvije ploče, dok Slika 14. prikazuje spoj dva dijela s vijkom i unutarnjim navojem u donjem dijelu (ploči), a pri tome je gornji dio (ploča) ima samo prolazan provrt, odnosno nema navoja na tome dijelu.

⁶ Decker, K.-H. – Elementi strojeva, Zagreb, 2006.

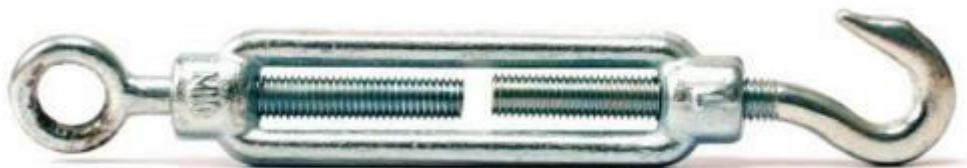


Slika 13.Spoj dva dijela vijkom i maticom⁷



Slika 14.Spoj dva dijela vijkom i unutarnjim navojem

Slika 15. prikazuje standardni napinjač čelične užadi koji se sastoji od dva vijka (lijevi i desni) te dvostrukе maticе (lijeve i desne) te se rotiranjem vijci primiču ili odmiču jedan od drugoga i na taj način se priteže ili otpušta čelična užad povezana ovakvим napinjačem.



Slika 15.Standardni napinjač čelične užadi [8]

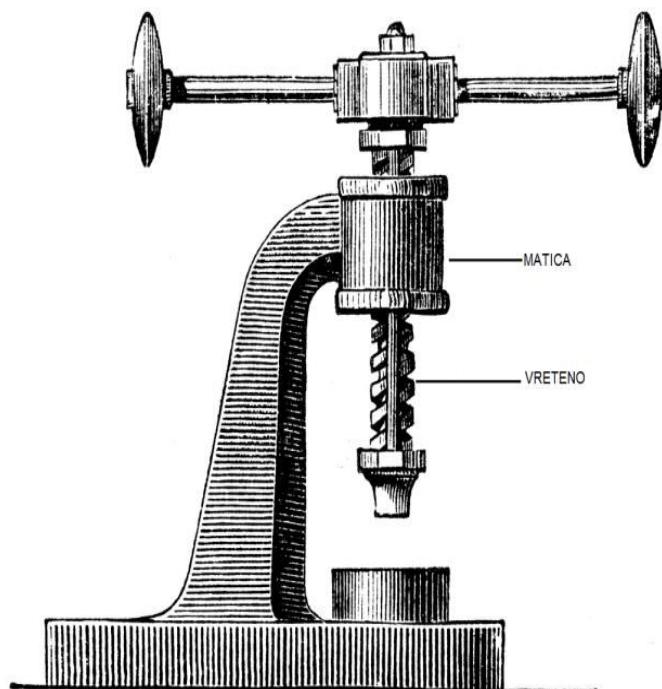
b) Vijčani pogoni

To su vijčani spojevi preko kojih se rotacijsko kretanje pretvara u pravolinijsko, ili obrnuto. Koriste se za spoj vreteno - matica kod tokarskih, glodačih i drugih alatnih mašina kao sistem za posmični pravolinjski prigon. Jedan od takvih sistema korišten kod savremenih alatnih mašina je kuglično navojno vretneno i dvodijelna matica, a prikazan je na Slici 16. Vijčani pogoni se također se koriste kao spoj vreteno – matica za vijčane preše često korištene u kovačkoj, ali i ostalim industrijama, Slika17.

⁷ <http://www.boltscience.com/pages/nutorbolttightening.htm>,



Slika 16.Spoj vreteno - matica za alatni stroj



Slika 17.Vijčana preša⁸

c) Mjerni uređaji

Koriste se za mjerne uređaje, gdje je matica fiksirana za jedno mjesto, a uz pomoć preciznog mjernog vijka se određuje udaljenost, odnosno debljina mjerene elementa. Najpoznatiji primjer te vrste mjernog uređaja je mikrometar čiji su osnovni elementi prikazani na Slici 18.

⁸ <http://ratchetsandties.com/blog/forged-straining-screws-wire-rope-tensionersgalvanised-%E2%82%AC195c>,



Slika 18.Presjek mikrometra

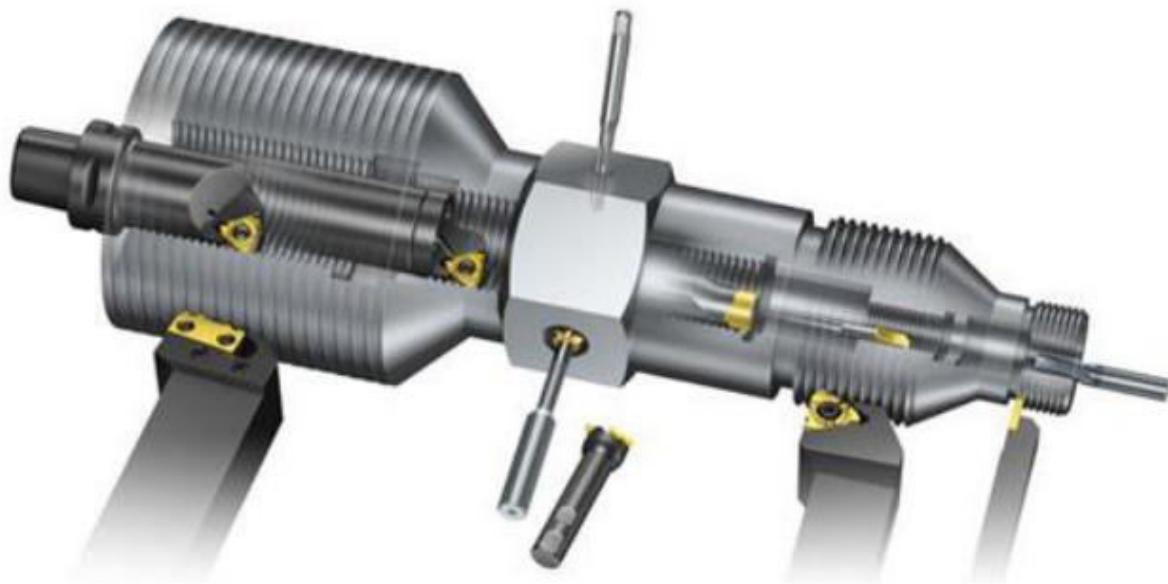
4. NAČINI IZRADE NAVOJA

Postoji više načina izrade navoja, a svaki od njih ima svoje prednosti i nedostatke. Prilikom izbora načina izrade važno je uzeti u obzir sve faktore koji prate izradu navoja, kao što su veličina serije, isplativost, produktivnost, dostupnost mašine i alata, potrebne tolerancije i kvaliteta, ekonomска situacija, planiranje unaprijed i ostalo.

Najzastupljeniji načini izrade navoja su: tokarenje navoja, obrada provrta prije urezivanja navoja, urezivanje navoja, narezivanje navoja, obrada navoja glodanjem, obrada navoja deformiranjem, obrada navoja brušenjem. Mi ćemo se fokusirati na tokarenje navoja u nastavku rada.

4.1. Tokarenje navoja

Tokarenje navoja je najčešći način izrade navoja, vrlo je produktivan, a što je najbitnije pokriva širok spektar navojnih profila. Jednostavan je proces koji daje dobru kvalitetu površine, a jedna od prednosti je što može raditi i vanjski i duboki unutarnji navoj, kao što je to prikazano na Slici 19. Danas velik broj CNC mašina ima program za tokarenje navoja što pridonosi jednostavnosti izrade i kraćem pripremno-završnom vremenu. Isto tako, veliki proizvođači alata imaju svoje programe koji omogućavaju da se s lakoćom i minimalnim brojem informacija izabere optimalni alat, držač alata i izračunaju svi parametri potrebnici za izradu kao što su maksimalna dubina, brzina, potrebni broj prolaza te vrijeme potrebno za izradu jednog komada. Svi držači alata i rezne pločice su označene prema određenim pravilima pa je tako olakšan njihov izbor prema potrebama potrošača, odnosno parametrima samog postupka kao što je to na primjer vrsta materija obratka i njegova tvrdoća.



Slika 19.Tokarenje vanjskog i unutarnjeg navoja ⁹

4.1.1. Načini ulaza alata u materijal obratka kod tokarenja navoja ¹⁰

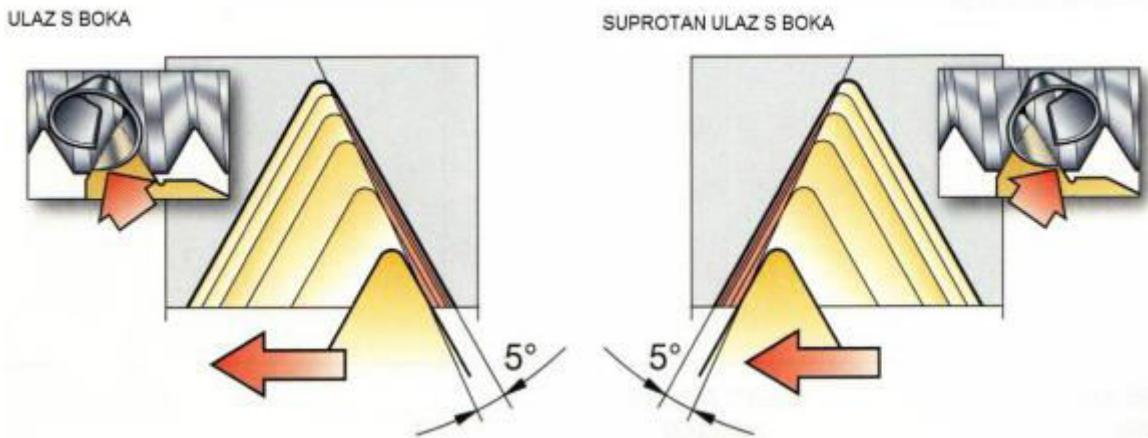
Ulaz reznog alata u materijal obratka kod tokarenja navoja može se izvesti na različite načine. Iako se na kraju dobije traženi oblik navoja, način na koji je izrađen utječe na njegovu kvalitetu, kao i na trošenje alata, unos topline u materijal te intenzitet vibracija koje se mogu pojaviti tijekom obrade. Na temelju materijala obratka, alata, rezne pločice i uspona navoja se određuje optimalni način ulaza alata odnosno kretanja rezne pločice.

- a) Zauzimanje dubine postrance (eng. Modified flank infeed)

Način koji je sličan običnom tokarenju. Ulazi se s jedne strane profila navoja, prati se njegov ugao, prema sredini kao što je to vidljivo na Slici 20. Na taj način se smanjuju vibracije koje se javljaju prilikom tokarenja grubih navoja i smanjen je unos topline u obradak.

⁹ http://etc.usf.edu/clipart/53300/53376/53376_screw_press.htm,

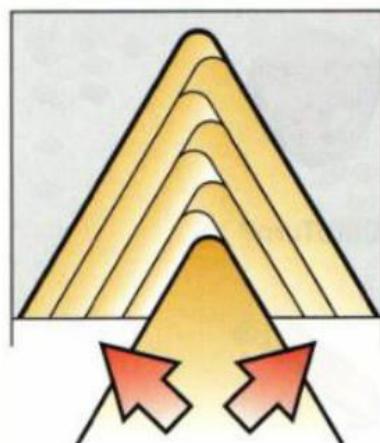
¹⁰ <http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/threading/pages/default.aspx>,



Slika 20. Zauzimanje dubine postrance

b) Inkrementalan ulaz (eng. Incremental infeed)

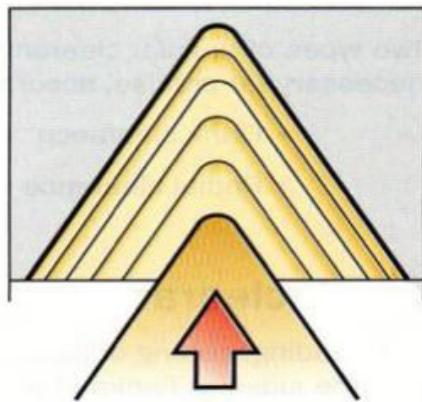
Rezna pločica ulazi u materijal obratka različitim prirastom. Ovaj način izrade se koristi uglavnom kod tokarenja velikih profila. Prednost je podjednako trošenje rezne pločice te s time povezan produženi životni vijek alata. Loša strana ovog načina izrade navoja je zahtjevno specijalno programiranje i precizno namještanje. Slika 21. prikazuje inkrementalni ulaz odnosno način na koji rezna pločica ulazi u profil navoja.



Slika 21. Inkrementalni ulaz

c) Radijalan ulaz (eng. Radial infeed)

Najčešći način, a nerijetko i jedini mogući u nekim obradama. Ulaz je po sredini profila, kao što to prikazuje Slika 22., tako da se rezna pločica troši podjednako sa svake strane. Ovaj način se koristi za manje uspone do 1.5 mm, te za očvrstnute materijale kao što je austenitni nehrđajući čelik. Mana ovog načina ulaza alata kod tokarenja navoja je mogućnost pojave vibracija i loša kontrola prilikom izrade grubih navoja.



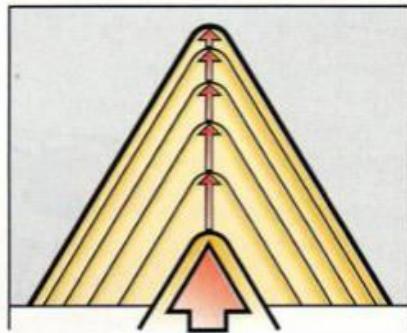
Slika 22. Radijalni ulaz

4.1.2. Zauzimanje dubine rezanja

Prilikom tokarenja navoja, navoj je potrebno izraditi u nekoliko prolaza. Koju radijalnu dubinu će zauzeti rezna pločica pri svakom prolazu određuje programer bez obzira na način ulaza koji koristi. Postoje dva načina zauzimanja radijalne dubine rezanja, a o njima ovisi vijek trajanja alata, kompleksnost programiranja i broj potrebnih prolaza.

- a) Stalna vrijednost presjeka odvojene čestice (eng. Constant chip area)

Način koji se najviše koristi na modernim CNC mašinama kao najproduktivniji. Pozitivno utječe na trajanje alata jer u svakom prolazu oštrica podnosi podjednako opterećenje. Stoga je prvi prolaz dosta dubok i uzak, dok je radijalna dubina zadnjeg prolaza najmanja, a širina najveća, što se jasno vidi na Slici 23. Ovim načinom zauzimanja dubine rezanja postignuto je podjednako opterećenje rezne pločice.¹⁰



Slika 23. Stalna vrijednost presjeka odvojene čestice¹⁰

Kako bi se odredio potreban broj prolaza, postoji izraz pomoću kojeg se računa radijalna dubina svakog sljedećeg prolaza, a glasi:

$$\Delta ap_x = ap \sqrt{nap} - 1 * \sqrt{\varphi} \quad (3)$$

gdje je:

Δap – radijalna dubina rezanja, mm

x – redni broj prolaza

ap – ukupna radijalna dubina navoja, mm

nap – broj prolaza

φ – koeficijent (za prvi prolaz) = 0,3

(za drugi prolaz) = 1

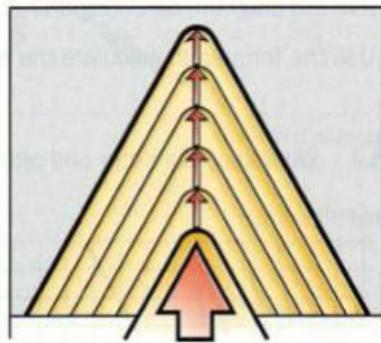
(treći i više prolaza) = $x - 1$

Primjer proračuna zauzimanja radijalne dubine za stalnu vrijednost presjeka odvojene čestice:

Zadatak	Proračun	Rezultat
Vanjski navoj Uspon 1,5 mm a_p : 0,94 mm	$\Delta_{ap}^1 = \frac{0,94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{0,3} = 0,23$	= 0,23 mm
nap :	$\Delta_{ap}^2 = \frac{0,94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{1} = 0,42$	$0,42 - 0,23 = 0,19$ mm
	$\Delta_{ap}^3 = \frac{0,94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{2} = 0,59$	$0,59 - 0,42 = 0,17$ mm
	$\Delta_{ap}^4 = \frac{0,94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{3} = 0,73$	$0,73 - 0,59 = 0,14$ mm
	$\Delta_{ap}^5 = \frac{0,94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{4} = 0,84$	$0,84 - 0,73 = 0,11$ mm
	$\Delta_{ap}^6 = \frac{0,94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{5} = 0,94$	$0,94 - 0,84 = 0,10$ mm

b) Stalna vrijednost radijalne dubine izrade (eng. Constant infeed depth)

Ovim načinom izrade se ne postiže ravnomjerno opterećenje na reznu pločicu po svakom prolazu, ali je povećanje radijalne dubine izrade u svakom prolazu jednako kao što je to prikazano na Slici 24. Ovaj način izrade navoja zahtijeva više prolaza od prije navedenog načina.¹⁰



Slika 24. Stalna vrijednost radijalne dubine izrade ¹⁰

4.1.3. Rezne pločice

Postoji nekoliko oblika reznih pločica za izradu navoja. Njihova nabava ovisi o nekoliko faktora tehničke prirode, ali u obzir se uzimaju i ekonomski parametri.

a) Rezna pločica za puni profil

Slika 25. prikazuje rezni alat za puni profil, koji je ujedno i najkorišteniji za izradu navoja. U potpunosti izrađuje profil, uključujući i vanjski i unutarnji radijus koji osiguravaju čvrstoću samog navoja. Nije potrebno prethodno tokarenje sirovca na tačnu dimenziju, a nakon izrade navoja nije potrebno ni skidanje srha. Mana ove vrste reznih pločica je da su za različite profile i korake potrebne različite pločice pa njihovo korištenje ovisi o ekonomskim prilikama tvrtke i željenoj efikasnosti.

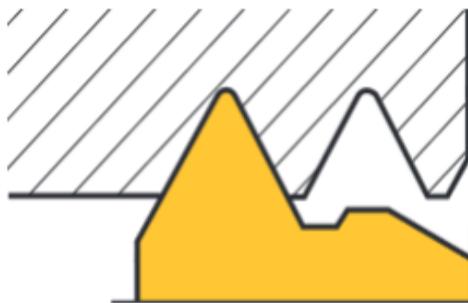


Slika 25. Rezna pločica za puni profil ¹¹

b) Pločica za V-profil

Na Slici 26. je prikazana rezna pločica za izradu navoja V – profila. Budući da ta vrsta pločice ne oblikuje radijus na vrhu profila, potrebno je prethodno tokarenje sirovca na tačnu dimenziju. Jedna pločica može se koristiti za izradu navoja različitih koraka, ali pritom ugao profila mora biti uvijek isti. Nije potrebno kupovati različite pločice za različite korake navoja, pa se na taj način smanjuju troškovi i broj potrebnih vrsta pločica. Slaba tačka ovih pločica je radijus vrha pločice koji je prilagođen najmanjem koraku navoja što negativno utječe na vijek trajanja jer se lako ošteti prilikom izrade navoja većih koraka.

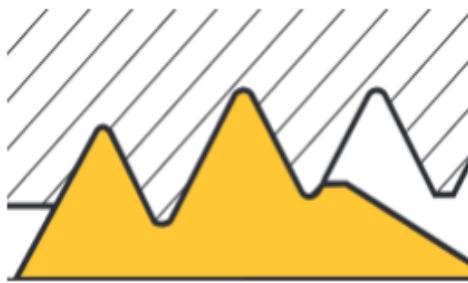
¹¹ Sandvik Coromant, Technical Guide, 2009, str. C15-C16



Slika 26.Rezna pločica za V - profil ¹²

c) Pločice sa više zubi

To su pločice koje imaju dva ili više zuba koji su u istovremenom zahvatu s materijalom, a jedna takva prikazana je na Slici 27. Koriste se za masovnu proizvodnju jer skraćuju broj prolaza, a samim time i vrijeme potrebno za obradu navoja. Povećavaju produktivnost onoliko puta koliko imaju zuba, te im je produžen vijek trajanja. Dostupne su samo za izradu najčešćih navojnih profila i koraka, a konstrukcija mašine mora biti posebno stabilna zbog duge rezne oštice i velikih opterećenja uslijed obrade.



Slika 27.Pločica sa više zubi ¹²

4.1.4. Preporuke za tokarenje navoja

Preporuke za tokarenje navoja su slične za unutarnje i vanjsko tokarenje. Prva preporuka je logična sama po sebi, a to je da posmak pomoćnog kretanja mora biti jednak koraku navoja. Potrebno je odrediti adekvatnu dubinu rezanja i s time povezan potreban broj prolaza za postizanje dobre kvalitete površine navoja i duži vijek trajanja alata što je objašnjeno u poglavlju 4.1.2. Također je potrebno pripaziti na dužinu alata jer se predugim alatom riskira pojava vibracija i loša kvaliteta. Kod tokarenja je isto tako bitno paziti na tok odvojene čestice, da se izbjegne namatanje oko alata, a posebno je bitno obratiti pažnju na odvojenu česticu ukoliko se radi o unutarnjem tokarenju zato jer je važno da ona izlazi iz prvrta da se izbjegnu oštećenja navoja i mogući problemi prilikom tokarenja navoja. Isto tako je bitno obratiti pozornost na karakteristike tokarske mašine, da zadovoljava potrebne uvijete kao što su snaga mašine i maksimalne dimenzije obratka. Treba dobro poznавати mogućnosti i

¹² Sandvik Coromant, Technical Guide, 2009, str. C13

programske sposobnosti stroja kojim se upravlja radi što lakšeg programiranja i izbjegavanja grešaka.

5.CNC TOKARILICA

Tokarenje je postupak obrade odvajanjem čestica pretežno rotacijskih površina simetričnog i nesimetričnog oblika. Isto tako je moguća obrada ravnih površina i nekih drugih oblika ako su slični rotacijskim tijelima. Tokarenje se izvodi na alatnim mašinama tokarilicama. Na Slici 28. prikazana je CNC tokarilica. Glavno kretanje (G) je kružno i izvodi ga obradak.

Posmično kretanje (P) je pravolinijsko kontinuirano u ravnini koja je okomita na pravac brzine glavnog kretanja i pridruženo je alatu. Os glavnog kretanja zadržava svoj položaj okretanja prema obratku bez obzira na smjer posmičnog kretanja. Dostavno kretanje (D) vrši alat i služi za primicanje i odmicanje alata obratku. Alat koji se koristi za tokarenje je tokarski nož definirane geometrije reznog dijela, s jednom glavnom reznom oštricom.¹³



Slika 28.CNC tokarilica

Razvojem NC upravljanja razvijale su se i tokarilice stoga postoje različite vrste . CNC tokarilice se dijele prema položaju radnog vretena na :

- Horizontalne (horizontalno radno vreteno)

¹³ Blažević Zdravko, "Programiranje CNC tokarilice i glodalice" Virovitica, rujan 2004

- Vertikalne tokarilice

Najviše se primjenjuju horizontalne tokarilice prikazane na Slici 28., jer su pogodne za serijsku obradu manjih predmeta. Na Slici 29. prikazana je vertikalna tokarilica koja je rijetka i koristi se za obradu predmeta većih dimenzija. Kod horizontalnih tokarilica uz pomoć „pravila desne ruke“ određujemo pravac i usmjerenost glavnih osi. Horizontalne tokarilice mogu imati dvije, tri, četiri i šest osi. Pozitivan smjer osi X ovisi o položaju nosača alata, je li postavljen s prednje ili zadnje strane, a pozitivan smjer osi Z polazi od radnog vretena i poklapa se sa osi radnog vretena i izlazi prema van. Kako bismo mogli programirati stroj moramo imati informacije o usmjerenosti osi na stroju. Tokarilice s više pokretnih osi imaju i veću mogućnost složenijih obrada izradaka. Tokarilica koja ima dodatnu treću os koja je u apsolutnom modu označena s C, a u inkrementalnom s H, ima dodatnu mogućnost izrade žljebova ili poprečnog glodanja.¹⁴¹⁵¹⁶



Slika 29. Vertikalna tokarilica¹⁶

5.1. Podjela postupaka tokarenja

Osnovne operacije koje se izvode na tokarilicama dijele se na više kriterija obrade:

1. Prema proizvedenoj kvaliteti obradene površine:

- Grubo
- Završno

¹⁴ Sherline Products “ THE SHERLINE ACCESSORIES SHOP GUIDE“ sherline products Inc. 2007, Sixth Edition

¹⁵ http://www.veleri.hr/files/datoteke/page_privitak/UpravljanjeKoracnimMotorimaPutemArduinoPlatforme.pdf (14.09.2016)

¹⁶ <http://www.slideshare.net/MartinMarkov1/tokarilice> (16.09.2016)

- Fino
2. Prema kinematici postupka:
 - Uzdužno
 - Poprečno
 3. Prema položaju obrađene površine:
 - Unutarnje
 - Vanjsko
 4. Prema obliku obrađene površine:
 - Plansko
 - Profilno
 - Konusno
 - Tokarenje navoja
 - Okretno

Nadalje u ovome radu su opisi pojedinih postupaka tokarenja.

a) Uzdužno tokarenje

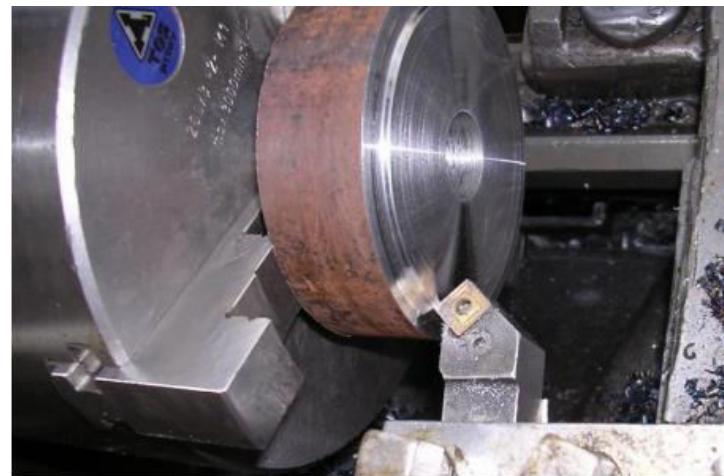
Posmično kretanje prikazano na Slici 30. je paralelno s osi obratka i u smjeru osi rotacije. Može biti unutarnje i vanjsko.



Slika 30.Uzdužno vanjsko tokarenje¹⁶

b) Poprečno plansko tokarenje

Posmično kretanje prikazano na Slici 31. je radijalno i okomito na os obratka. Može biti unutarnje i vanjsko.



Slika 31. Poprečno plansko tokarenje¹⁶

c) Tokarenje navoja

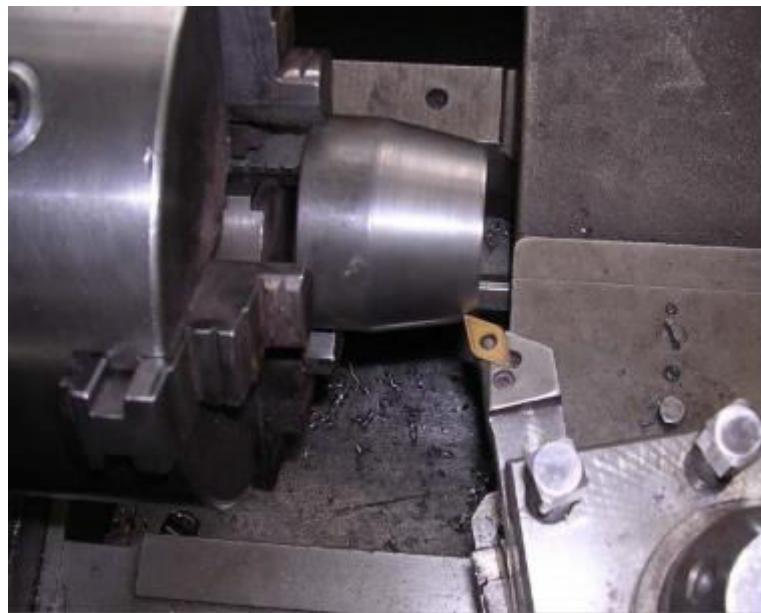
Posmično kretanje je u smjeru rotacije i definirano je korakom navoja. Moguće tokarenje unutarnjeg i vanjskog navoja (na Slici 32. prikazan je postupak tokarenje navoja).



Slika 32. Tokarenje vanjskog i unutarnjeg navoja¹⁶

d) Konusno tokarenje

Posmično kretanje je pod nekim zadanim uglom u odnosu na os rotacije. Može biti unutarnje i vanjsko, konusno tokarenje prikazano je na Slici 33.



Slika 33.Konusno tokarenje ¹⁶

5.2. Alati za tokarenje

Prilikom tokarenja potrebno je koristiti ispravne tokarske noževe. Ti tokarski noževi su alati sa definiranom geometrijom reznog dijela. Postoje lijevi i desni tokarski noževi koji se stalno usavršavaju kako bi se povećala kvaliteta i brzina obrade, te smanjilo trošenje samih noževa. Za izradu tokarskih noževa danas se koristi brzorezni čelik, cermet, keramika, dijamant, CBN. Izbor materijala za izradu tokarskih alata ovisi i o vrsti materijala koji se obrađuju, njegovoј tvrdoći, o kvaliteti hraptavosti površine i uvjetima rezanja. Kod CNC tokarilica opremanje mašine s različitim alatima je od bitne važnosti za kvalitetnu izradu. Alati se raspoređuju u revolversku glavu prema redoslijedu izrade. Alati se raspoređuju tako da je svaki drugi alat za vanjsko tokarenje ili za unutarnju obradu, čime su jedni alati s parnim brojevima, a drugi s neparnim brojevima. Svakom se alatu može dodijeliti broj vezan za korekciju dimenzija alata. Korekcija alata je postupak uklanjanja odstupanja dimenzija alata, odnosno ispravljanje vrijednosti razlike koordinata vrha oštice promatranog alata u odnosu na pravi alat. Glavni uzrok korekcije alat je istrošenost samog alata. U Tablici 1. prikazani su alati koji se koriste na CNC tokarilici.¹⁷

¹⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor (16.09.2016)

Br.	Popis	Slika
1.	Tokarski nož ISO7 12X08 P20 S-935 Alat za vanjsko tokarenje	
2.	Tokarski nož ISO2 10X10 S-975 Alat za vanjsko tokarenje	
3.	Tokarski nož ISO13 10X06 P20 S-999 Alat za vanjsko tokarenje	

4.	Tokarski nož ISO6 10X10 S-981 Tokarski nož za vanjsko tokarenje	
5.	Tokarski nož ISO2 10X10 S-981 Alat za vanjsko tokarenje	
6.	Tokarski nož ISO12 10X10 P20 S-1020 Alat za unutarnje tokarenje	
7.	Tokarski nož ISO 14 10X10 M20 S-1002 Alat za unutarnje tokarenje	
8.	Tokarski nož ISO9 10X10 S-287 Alat za unutarnje tokarenje	

Tablica 1.Tokarski noževi sa CNC tokarilice

Alat za tokarenje sastoji se od dva osnovna elementa, a to su drška tokarskog noža i rezni dio. Osnovna uloga drške je prihvatanje alata na alatnoj mašini i prijenos sile rezanja. Za odvajanje čestica koristi se rezni dio alata s posebno definiranom geometrijom rezne oštice za pojedini postupak obrade.

Alati za tokarenje izrađuju se na sljedeća dva načina:

1. Tokarski nož izrađen iz jednog komada, kao takav se brusi na potreban oblik prikazan na Slici 34.
2. Tokarski nož izrađen iz dva dijela (slika 35). Rezni dio noža je pločica koja je izrađena od tvrdog materijala, cermeta i keramike. Pločica je pričvršćena na dršku noža pomoću vijaka radi lakše zamjene ili lemljenjem pločice. Drška tokarskog noža je dio na koji pričvršćujemo reznu pločicu, a ona je napravljena od jeftinijeg i žilavijeg materijala.



Slika 34. Tokarski nož iz jednog komada



Slika 35. Tokarski nož izrađen od više dijelova

5.3 Parametri obrade za tokarenje

Prilikom obrade materijala tokarenjem potrebno je definirati sljedeće parametre:

- Brzina rezanja
- Posmak
- Dubina rezanja

Prilikom obrade bitno je odrediti tačno parametre jer oni utječu na ekonomičnost i kvalitetu obrade koja je ograničena zbog međusobne povezanosti parametara obrade. Vrijednosti parametara se biraju na osnovi:

- Vrste materijala obratka
- Vrste materijala reznog alata
- Geometrije alata (uglovi, dimenzije, radius vrha pločice)
- Vrste obrade (gruba, srednja ili završna)

Brzina rezanja vc [m/s] je brzina kojom se materijal kreće prema oštrici alata. Glavnu brzinu rezanja ima obradak. Glavni kriteriji koji se uzimaju u obzir prilikom određivanja brzine rezanja su: snaga mašine, kvaliteta površine, trošenje alta, produktivnost i ekonomičnost. Prevelika brzina rezanja može dovesti do trošenja alata i loma alta što uzrokuje potencijalno opasne uvjete rada. Izbor brzine rezanja ovisi o odabranoj dubini

rezanja i odabranom posmaku. Mjeri se u broju metara u minuti, a određuje se prema formuli:¹⁶

$$vc = D \times \pi \times n$$

gdje je :

vc = brzina rezanja m/s

D = prečnik obratka

Broj okretaja obratka (brzina vrtnje vretena)

Na temelju brzine rezanja možemo izračunati brzinu vrtnje vretena po sljedećoj formuli:

$$n = \frac{vc}{D \times \pi}$$

Posmak f [mm] je put koji prolazi glavna oštrica u smjeru posmičnog kretanja za jedan okretaj obratka, okomit je na glavnu brzinu rezanja vc . Izbor brzine posmaka ovisi o kvaliteti površinske obrade, sili rezanja (tvrdoca materija i dubina rezanja). Pri gruboj obradi posmak je vezan za geometriju pločice i prilikom izbora posmaka moramo paziti na snagu mašine, trošenje alta i poluprečnik vrha alata. Kod fine obrade jedini faktor koji ograničava posmak je hrapavost obrađivane površine, Rt . Vrijednost posmaka možemo odrediti iz izraza za teorijsku hrapavost površine: ¹⁷

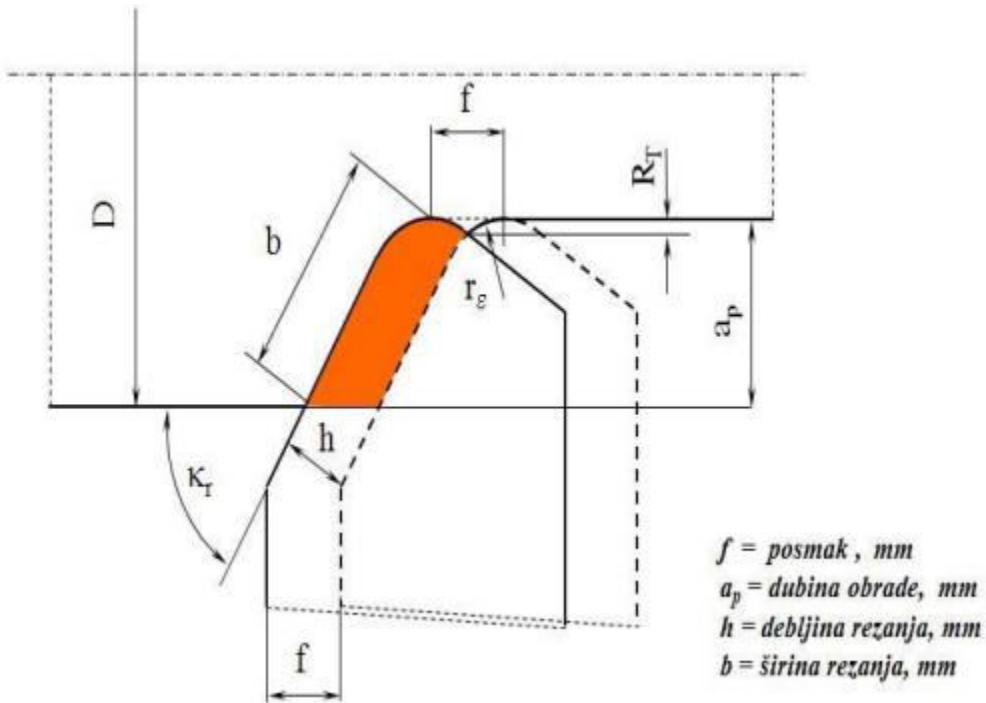
$$R_{t,} = \frac{f^2}{8r_e}$$

Rt – hrapavost površine

f – posmak [mm]

r_e – radijus vrha alata [mm]

Dubina obrade ap [mm] (dubina rezanja) izravno je povezana s vrstom obrade koju želimo izvršiti, uvjetima rezanja i mašinom na kojem će biti izvršena obrada. Dubina obrade je veličina odvojenog sloja materijala definirana razmakom između neobrađenog i obrađenog dijela površine, mjerena okomito na obrađenu površinu. Zbog napretka tehnologije i povećanja kvalitete alata moguća je obrada materijala u jednom prolazu, no ako to nije moguće onda se određuje najveća moguća dubina obrade s obzirom na vrstu obrade (gruba ili fina obrada), snagu mašine i kvalitetu materijala. Na Slici 36. prikazani su svi parametri obrade prilikom tokarenja: ¹⁷



Slika 36. Parametri obrade ¹⁷

6.IZRADA NAVOJA I PRATEĆI PROBLEMI

Izbor načina izrade navoja ovisi o mnogo tehničkih i ne tehničkih faktora, počevši od oblika navoja, preko veličine serije, pa sve do finansijskih mogućnosti. Kako bi se pravilno započelo s izradom navoja, potrebno je razmotriti sljedeća tri elementa:

a) Analiza navoja

- unutarnji ili vanjski navoj; lijevovojni ili desnovojni
- potrebno je odrediti dimenzije i zahtijevanu kvalitetu
- odrediti profil navoja
- odrediti korak i vojnost navoja
- tolerancije profila i pozicije

b) Analiza obratka

- može li se obradak sigurno stegnuti
- tok odvojene čestice, odnosno oblik odvojene čestice
- veličina serije, odnosno izbor produktivnijeg alata ili postupka

c) Izbor mašine

- stabilnost mašine o kojoj ovisi kvaliteta navoja
- snaga mašine i potreban moment što je važno pri većim prečnicima navoja
- pozicija alata što ima utjecaj na izlazak odvojene čestice
- način stezanja obratka o jednostavnost programiranja mašine
- mogućnost primjene sredstva za hlađenje i podmazivanje

6.1.Pojava vibracija prilikom izrade navoja

Kao i kod svake druge obrade, pa tako i kod obrade navoja može doći do pojave vibracija. Vibracije imaju negativan utjecaj na mašine jer ubrzavaju zamor materijala, trošenje ležajeva, savijanja osovina i kućišta te vode do dodatnih udarnih opterećenja, pa konačno do loma dijelova mašine i alata. Vibracije štetno utječu i na ljude jer povećavaju zamor i smanjuju koncentraciju pogotovo ako su popraćene zvukovima. Za kvalitetu površine obratka, u ovom slučaju tokarenog navoja, važno je spriječiti pojavu vibracija, a za to su dani neki od sljedećih savjeta:

- Potrebno je smanjiti duljinu držača alata na minimum
- Promijeniti način ulaza, odnosno koristiti ulaz postrance (Slika 21.)
- Koristiti držače alata koji eliminiraju vibracije
- Izračunati i koristiti dobar broj prolaza
- Koristiti mekše stezne čeljusti
- Povećati brzinu rezanja te ako to ne pomaže značajno je smanjiti
- Centrirati obradak
- Provjeriti istrošenost dijelova mašina i alata
- Isprobati alat drugačije geometrije

Važno je znati da postoji više izvora vibracija i da možda nije problem u samom postupku. Vibracije može izazvati strano tijelo, odlomljeni dio, druge mašine koji su i blizini, pa tako treba обратити pažnju na dobro temeljenje mašine i eliminiranje svih mogućih izvora ove pojave.

6.2.Greške kod tokarenja navoja

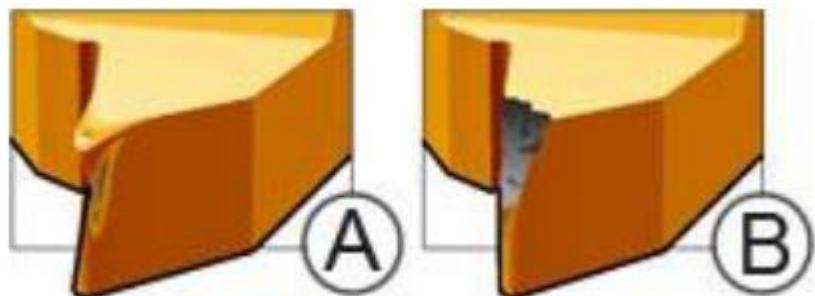
Kod svake obrade materijala, bilo da je riječ o izradi navoja ili drugih oblika, uvijek može doći do pogreške. Često se pogreške ne mogu predvidjeti, kao što je to slučaj s vibracijama, pa se otkrivaju eksperimentalnom obradom. Postoje razni tipovi grešaka koje oštećuju reznu pločicu pa se prema obliku oštećenja može prepoznati vrsta greške i sukladno s time djelovati i riješiti problem i spriječiti njegovo ponovno pojavljivanje.

Slika 37.A prikazuje plastičnu deformaciju rezne pločice koja kasnije uzrokuje i plastičan lom kao što je to prikazano na Slici 37.B. Razlog toga je prevelika temperatura rezanja pa je prema¹⁸ potrebno poduzeti neke od sljedećih koraka:

- Smanjiti brzinu rezanja
- Smanjiti najveću radijalnu dubinu ulaza i povećati broj ulaza u materijal
- Provjeriti radius prije izrade navoja

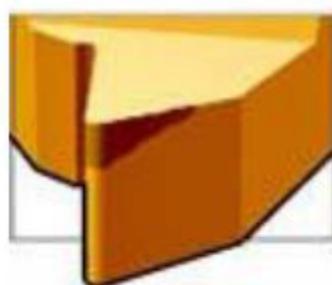
¹⁸ Sandvik Coromant, Technical Guide, 2009, str. C35-C36

- Povećati dovod SHIP-a
- Koristiti pločicu boljih karakteristika i većom otpornošću na plastičnu deformaciju



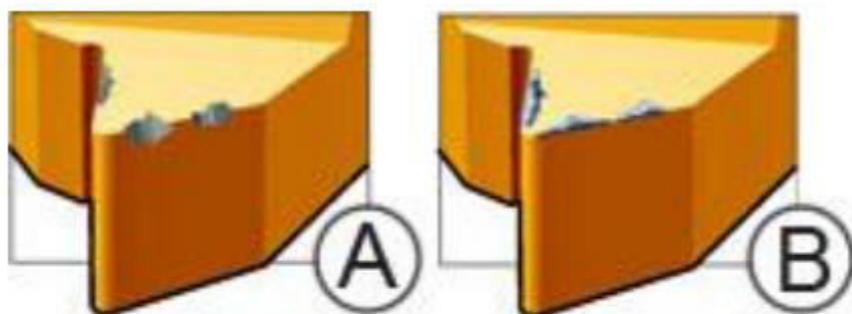
Slika 37. Plastična deformacija rezne pločice

Pretjerano trošenje ruba rezne pločice je prikazano na Slici 39. Takvo trošenje može izazvati obrada visoko abrazivnog materijala, prevelika brzina rezanja ili premali posmak u materijalu. Ovisno u čemu je problem, potrebno je ili promijeniti vrstu pločice ili smanjiti brzinu i povećati dubinu ulaza.



Slika 38. Pretjerano trošenje ruba pločice

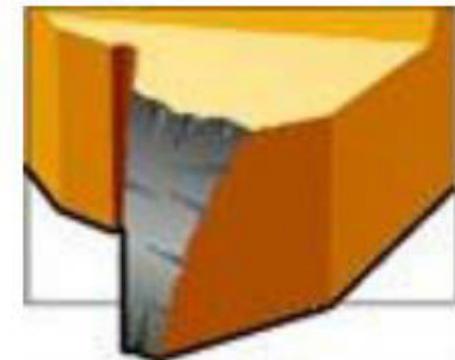
Do oštećenja i ljuštenja ruba rezne pločice, kao što je to prikazano na Slici 39., dolazi zbog toga jer je temperatura rezanja premala, što je česta pojava prilikom obrade nehrđajućih i nisko ugljičnih čelika. Dva su moguća rješenja; prvo je povećanje brzine rezanja i ne korištenje sredstva za hlađenje, a drugo je odabir rezne pločice bolje žilavosti po mogućnosti s PVD prevlakom koja štiti pločicu.



Slika 39. Oštećenje i pucanje ruba rezne pločice

Slika 40. prikazuje lom rezne pločice do kojeg može doći zbog niza razloga. Moguće je da je dubina ulaza prevelika i da to rezna pločica ne može podnijeti, stoga je potrebno smanjiti

dubinu najdubljeg ulaza i povećati broj prolaza. Postoji mogućnost odabira pogrešne pločice, pa je potrebno odabrati žilaviju pločicu druge vrste. Lom rezne pločice može uzrokovati i odvojena čestica koja zbog loše kontrole dolazi u kontakt s reznim alatom, pa je potrebno koristiti način ulaza postrance i drugačiju geometriju same pločice.

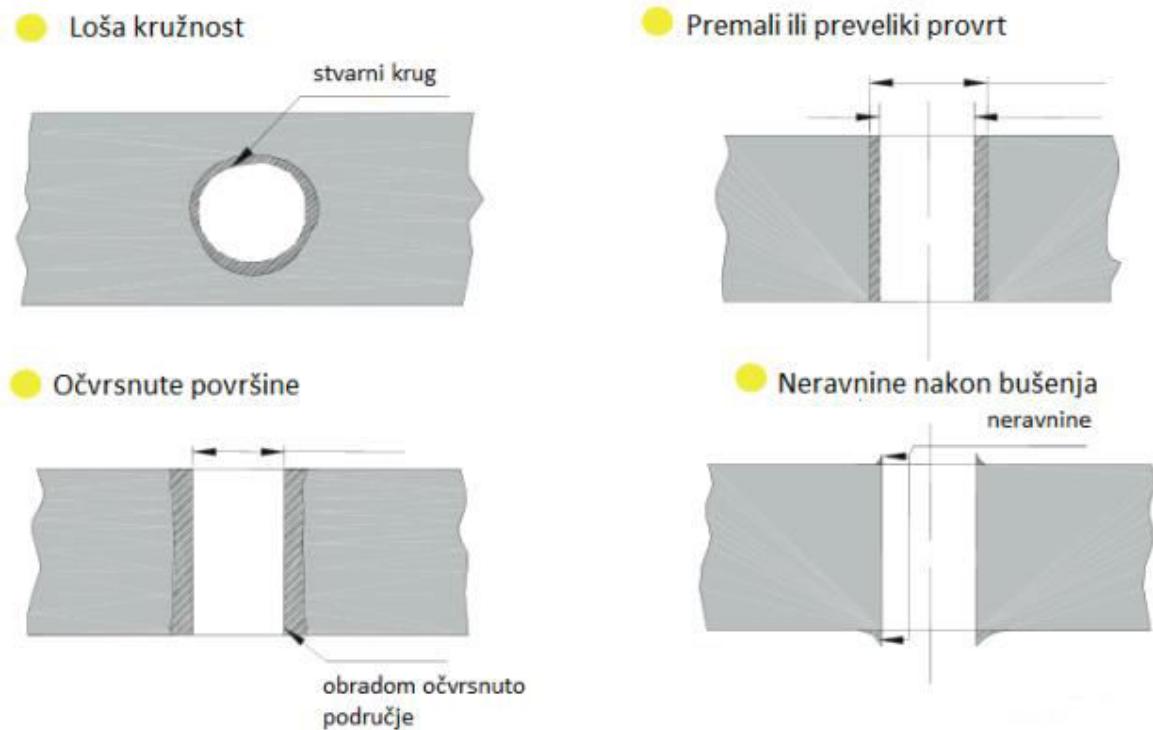


Slika 40. Lom rezne pločice

6.3. Greške kod izrade navoja ureznim svrdlima

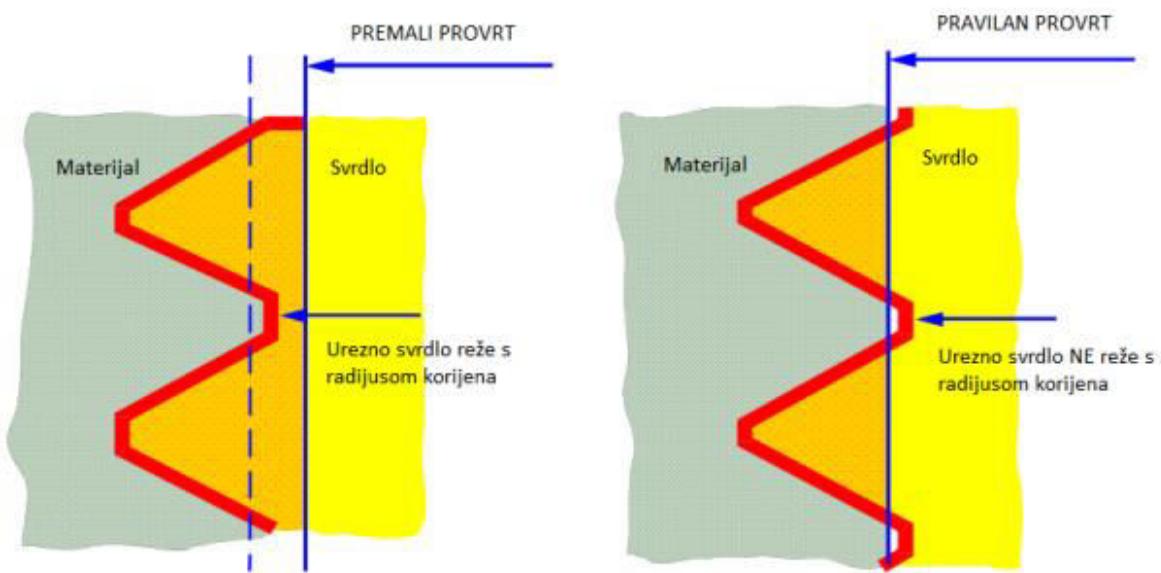
Kao i kod tokarenja, moguća je pojava grešaka prilikom izrade navoja ovim načinom izrade. Problemi mogu nastati i prije početka korištenja urezognog svrdla, a to su greške vezane uz početni provrt. Prema literaturi¹⁹ četiri osnovne moguće greške su loša kružnost/cilindričnost provrta, netačna dimenzija provrta, predhodnom obradom očvrsnuta površina provrta te moguće neravnine i brazde nakon bušenja početnog provrta. Slika 41. prikazuje sve do sada nabrojane pogreške koje se odnose na početni provrt.

¹⁹ http://www.qstools.com/document_library/tech-resources/Threading/Tapping/Tap%20Troubleshooting.pdf,



Slika 41. Greške početnog provrta¹⁹

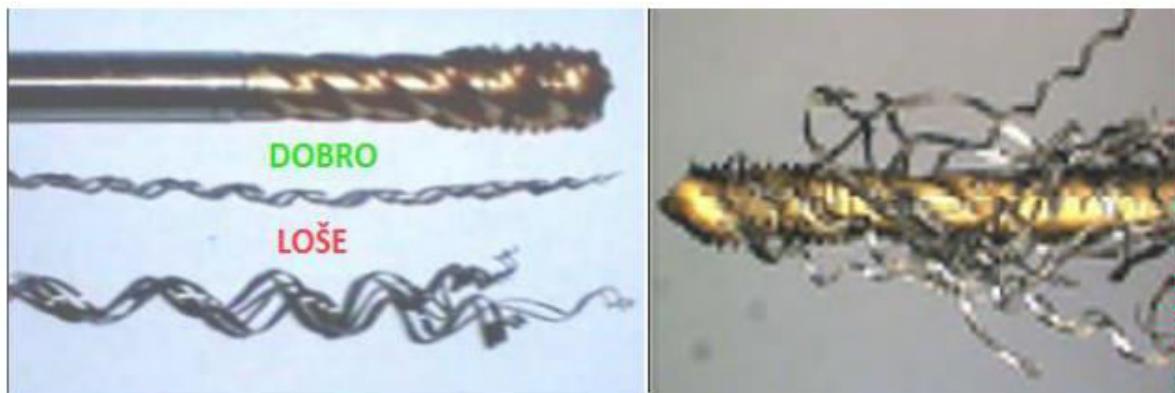
Ako je dimenzija provrta premala, tada urezno svrdlo obrađuje materijal sa svojim radijusom korijena, a to je potrebno izbjegći da ne dođe do oštećenja ili čak pucanja ureznog svrdla. Pravilan odnos veličine provrta i ureznog svrdla je prikazan na Slici 42.



Slika 42. Pravilna dimenzija provrta¹⁹

Iduća greška kod izrade navoja ureznim svrdlima je gomilanje i petljanje odvojene čestice (eng. nesting). To je posljedica nedovoljne kontrole i lošeg formiranja odvojene čestice tijekom izrade, a uzrokuje povremena povećanja okretnog momenta zbog popunjenoosti

provrtu odvojenom česticom, prekomjerno trošenje ureznog svrdla i puknuća na malim radijusima ureznog svrdla. Kako bi se to izbjeglo potrebno je smanjiti dužinu početnog skošenja ureznog svrdla, ugao rezanja i broj kanala za odvođenje odvojenih čestica. Slika 43. prikazuje izgled dobre i loše odvojene čestice te stvaranje gnijezda, odnosno gomilanja odvojene čestice oko alata. Uzrok tog gomilanja oko alata je loša odvojena čestica, odnosno njen nepovoljni oblik.



Slika 43.Odvojena čestica¹⁹

Do puknuća ureznog svrdla može doći iz nekoliko razloga. Prvi razlog može biti gomilanje odvojene čestice na dnu slijepog provrta ili u kanalima za odvodenje. Da bi se to izbjeglo potrebno je koristiti urezna svrdla sa spiralnim žlijebovima koja imaju bolju kontrolu nad odvojenom česticom. Drugi razlog može biti preveliki moment na urezno svrdlo te je stoga potrebno povećati početni provrt, smanjiti dužinu navoja, povećati rezni ugao i/ili koristiti urezna svrdla sa ravnim žlijebovima. Jedan od razloga puknuća ureznog svrdla isto tako može biti i pogrešno namješteni parametri i uvjeti obrade. U tom slučaju poželjno je smanjiti brzinu rezanja, koristiti držače alata koji imaju prilagodbu okretnog momenta i izbjegći udaranje ureznog svrdla u dno provrta, odnosno ostavljanje dovoljne zračnosti. Do puknuća može doći i zbog samog stanja reznog alata, pa je stoga potrebno održavanje i pravilna upotreba, a pod time se smatra češće brušenje, izbjegavanje dna i preuskih provrta.

7.ZAKLJUČAK

Navoj je element koji se vrlo često koristi u raznim dijelovima, napravama i konstrukcijama. Ima vrlo široku primjenu u svakodnevnom životu, a vijčani spoj, koji vezu ostvaruje pomoću navoja, jedan je od najvažnijih i najčešćih rastavljivih spojeva korišten u mašinstvu. Vijčani spojevi su posebno praktični zbog toga što se mogu više puta sastavlјati i rastavlјati bez oštećenja, a cijena im je prihvatljiva jer se dijelovi, vijak i matica, masovno proizvode. Vijčani spojevi imaju više uloga, kao što je spajanje dijelova, pretvaranje rotacijskog kretanja u translacijsko, podešavanje ili brtvljenje. Standardni navoj je desnovojan, dok se lijevovojan koristi samo za posebne namjene. Može imati više početaka pa tako, osim jednovojnog navoja, postoje dvovojni, trovojni, odnosno viševojni navozi koji imaju primjenu kod raznih vretena gdje je od posebnog značaja veći uspon navoja. Postoji više vrsta navoja, a osnovna razlika je u profilu, pa tako postoji metrički, trapezni, pilasti, Whithworthov, obli i ostale vrste navoja. Navoj se može izraditi na više načina, a svaki od njih ima prednosti i nedostatke. Tokarenje navoja je najčešći način izrade, vrlo je jednostavan i produktivan, a što je najbitnije pokriva širok spektar navojnih profila i pogodan je za izradu i vanjskog i unutarnjeg navoja. Ulaz reznog alata u materijal obratka kod tokarenja navoja može se izvesti na različite načine. Odabir načina ulaza alata u materijal obratka utječe na kvalitetu površine navoja, trošenje reznog alata, unos topline u obradak i vibracije, a odabire se na temelju materijala obratka, materijala rezne pločice i uspona navoja. Tako postoji zauzimanje dubine postrance, inkrementalni ulaz i najčešće korišteni, a u nekim obradama i jedini mogući, radijalni ulaz. Kod radijalnog ulaza rezna pločica ulazi po sredini profila tako da se podjednako troši sa svake strane, a nedostatak je mogućnost pojave vibracija i lošija kontrola kod izrade grubih navoja. Također, kod tokarenja navoja postoje dva načina zauzimanja radijalne dubine rezanja. Prvi način je stalna vrijednost odvojene čestice koji pozitivno utječe na vijek trajanja alata, a drugi način je stalna vrijednost radijalne dubine izrade. Za tokarenje navoja, postoji više oblika reznih pločica. Postoji rezna pločica za puni profil koja u potpunosti izrađuje profil navoja, odnosno vanjski i unutarnji radijus, pa tada nije potrebno prethodno tokarenje sirovca na tačnu dimenziju niti skidanje srha nakon izrade navoja. Postoji i rezna pločica za V-profil koja ne oblikuje radijus na vrhu profila pa je potrebno prethodno tokarenje sirovca na tačnu dimenziju, a prednost ove vrste reznih pločica je da se jedna rezna pločica može koristiti za izradu navoja različitih koraka, ali istog profila. Postoje i rezne pločice sa više zubiju koji su svi istovremeno u zahvatu s materijalom obratka, a koriste se u velikoserijskoj proizvodnji. Njihova prednost je višestruko povećanje proizvodnosti, a nedostatak im je što su dostupne za izradu samo najčešćih navojnih profila.

Unutarnji navoj se može izraditi i urezivanjem, a za to se koriste urezna svrdla, odnosno ureznici. Oblik im se mijenja s obzirom na tip provrta, prolazan ili slijep; s obzirom na pogon ureznog svrdla, dužinu potrebnog navoja i ostalih parametara. Glavna podjela ureznika je na ručna i mašinska urezna svrdla. Ručni ureznici su dobri za pojedinačnu i maloserijsku proizvodnju, a svaki izrađeni komad je unikat te ga je preporučljivo provjeriti prije isporuke. Postoje različiti urezici za ručnu i mašinsku izradu navoja, a koriste se prema obliku provrta, odnosno je li je provrt prolazan ili slijep. Narezivanje navoja izvodi se uz pomoć nareznica koje služe najčešće za ručnu izradu vanjskog navoja na cilindričnim profilima. Još jedan mogući način izrade navoja je glodanje koje ima velik broj prednosti u odnosu na druge

načine izrade.. Kao i kod bilo koje druge obrade, tako i kod izrade navoja, moguća je pojava raznih grešaka. Potrebno ih je uz pomoć znanja i iskustva prepoznati, popraviti i spriječiti njihovu pojavu u budućnosti kako bi proizvodnja tekla bez nepotrebnih zastoja i sa što manje pogrešno izrađenih dijelova. Mogućnost izrade određenog navoja kao i njegova kvaliteta ovisi o načinu izrade, stoga je važno poznavati sve postupke izrade kako bi se izabrao onaj najpogodniji. Uz toliko vrsta navoja, široke primjene i mogućih načina izrade, navoj je zanimljiv, važan i nezamjenjiv element u svim granama industrije, posebno mašinstvu, ali i u svakodnevnom životu.

LITERATURA

- [1] http://www.chikaasistent.com/index.php?option=com_content&view=article&id=153&Itemid=497,
- [2] http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_kons_stroj/katedre/konstruiranje/kolegiji/ke1/backs/ke1_materijali_vj/7.%20VijcaniSpojevi.pdf,
- [3] http://www.agcoauto.com/content/news/p2_articleid/305,
- [4] <http://www2.lecad.si/vaje/resitve/14.17/index.html>,
- [5] http://hr.wikipedia.org/wiki/Cijevni_navoj,.
- [6] Decker, K.-H. – Elementi strojeva, Zagreb, 2006.
- [7] <http://www.boltscience.com/pages/nutorbolttightening.htm>,
- [8] <http://ratchetsandties.com/blog/forged-straining-screws-wire-rope-tensionersgalvanised-%E2%82%AC195c>,
- [9] http://etc.usf.edu/clipart/53300/53376/53376_screw_press.htm, pristupio
- [10] <http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/threading /pages/ default.aspx>,
- [11] Sandvik Coromant, Technical Guide, 2009, str. C15-C16
- [12] Sandvik Coromant, Technical Guide, 2009, str. C13
- [13] Blažević Zdravko, "Programiranje CNC tokarilice i glodalice" Virovitica, rujan 2004
- [14] Sherline Products " THE SHERLINE ACCESSORIES SHOP GUIDE" sherline products Inc. 2007, Sixth Edition
- [15].http://www.veleri.hr/files/datoteke/page_privitak/UpravljanjeKoracnimMotorimaPutemArduinoPlatforme.pdf (14.09.2016)
- [16] <http://www.slideshare.net/MartinMarkov1/tokarilice> (16.09.2016)
- [17] https://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor (16.09.2016)
- [18] Sandvik Coromant, Technical Guide, 2009, str. C35-C36
- [19] http://www.qtstools.com/document_library /tech-resources/Threading/Tapping/Tap%20Troubleshooting.pdf,