Konstrukcija i izrada steznog alaza za prstenaste izradke

Plavec, Stjepan

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:970194

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Stjepan Plavec

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Student:

Prof. dr. sc. Damir Ciglar, dipl. ing. Stjepan Plavec

Zagreb, 2015.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se profesoru Damiru Ciglaru, na pruženoj prilici za rad pod njegovim mentorstvom za izradu diplomskog rada, Vedranu Golubiću za dano povjerenje u izradi diplomskog rada u poduzeću [redacted], te svim djelatnicima koji su me vodili svojim savjetima, za uspješnu izradu diplomskog rada.

Stjepan Plavec

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Stjepan Plavec** Mat. br.: 0035169955

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **KONSTRUKCIJA I IZRADA STEZNOG ALATA ZA PRSTENASTE IZRADKE**

Naslov rada na engleskom jeziku: **CONSTRUCTION AND PRODUCTION OF CLAMPING TOOLS FOR RINGED WORKPIECES**

Opis zadatka:

Poduzeće [redacted] bavi se uglavnom srednjoserijskom proizvodnjom dijelova valjkastih ležajeva za automobilsku industriju. Do traženog oblika i gotovog proizvoda dolazi se po definiranom redoslijedu odvijanja pojedinih operacija, tj. po predviđenom tehnološkom procesu obrade. Za visoku kvalitetu proizvoda iznimno je važan stezni alat, čiji je zadatak poboljšanje i pojednostavljenje tehnološkog procesa proizvodnje, ostvarenje što veće stabilnosti sustava stezanja, te smanjenje troškova proizvodnje radi bržeg i točnijeg načina rada.

U radu je potrebno sljedeće:

- Opisati dosadašnji način stezanja prstenastog izradka, te navesti poteškoće pri takvom načinu stezanja
- Dati idejno rješenje poboljšanog steznog sustava
- Konstruirati i dati postupak izrade novog rješenja za stezanje prstenastih izradaka

Zadatak zadan: 7. svibnja 2015.

Rok predaje rada: 9. srpnja 2015.

Predviđeni datum obrane: 15., 16. i 17. srpnja 2015.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Damir Ciglar

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Franjo Cajner

SADRŽAJ

SADRŽAJ..... I
POPIS SLIKA..... II
POPIS OZNAKA..... V
SAŽETAK..... VI
SUMARRY..... VII
1. UVOD..... 1
2. ALATNI STROJEVI..... 3
2.1. Obrada odvajanjem čestica na alatnim strojevima s definiranom reznom geometrijom alata.....,..... 3
2.2. Tokarenje na univerzalnoj tokarilici..... 4
2.3. Glodanje na vertikalnoj glodalici..... 6
2.4. Strojno rezanje..... 7
2.5. Bušenje, upuštanje, razvrtavanje 7
2.6. Brušenje..... 8
3. NU TOKARILICE..... 10
3.1. Alati kod NU tokarilica 11
3.2. Izbor parametara obrade..... 13
3.3. Koordinatni sustav kod NU tokarilica..... 14
3.4. Referentne točke NU tokarilice..... 16
4. STEZNI ALATI..... 18
4.1. Vrste steznih alata..... 19
4.2. Osnovna pravila konstruiranja steznih alata..... 20
4.3. Izrada i održavanje steznih alata 21
4.4. Stezanje obradaka 22
5. KONSTRUKCIJA STEZNOG ALATA ZA PRSTENASTE IZRADKE..... 24
6. IZRADA STEZNOG ALATA ZA PRSTENASTE IZRADKE..... 33
6.1 Izrada međupakni..... 33
6.2 Izrada pakni..... 39
7. ISPITIVANJE MEĐUPAKNI I PAKNI..... 58
8. ZAKLJUČAK..... 62
9. LITERATURA..... 63

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz steznog alata-pakne i međupakne..... 2
Slika 2. Univerzalna tokarilica..... 5
Slika 3. Obrada na tokrilici..... 5
Slika 4. Glodanje na vertikalnoj glodalici 6
Slika 5. Tračna pila..... 7
Slika 6. Alatni stroj-bušilica u radu..... 8
Slika 7. Strojna brusilica za ravno brušenje..... 9
Slika 8. Horizontalna NU tokarilica..... 10
Slika 9. Prikaz označavanja glavnih osi na tokarilicama..... 11
Slika 10. Položaj vrha oštrice alata 11
Slika 11. Prvi primjer primjene alata za konturno tokarenje i odsjecanje..... 12
Slika 12. Drugi primjer primjene alata za konturno tokarenje, odsjecanje i za izradu utora.....12
Slika 13. Treći primjer primjene alata za bušenje, unutrašnje tokarenje i izradu navoja..... 13
Slika 14. Koordinatni sustav NU tokarilica 15
Slika 15. Apsolutni koordinatni sustav..... 15
Slika 16. Inkrementalni koordinatni sustav..... 16
Slika 17. Prikaz nul točaka na NU tokarilici..... 17
Slika 18. Prilaz alata na tokarilici s donje (prednje) strane..... 17
Slika 19. Prikaz nacrta standardne međupakne (lijevo) i međupakne s prednje strane (desno)..... 24
Slika 20. Kamen i njegova krajnja pozicija u amerikaneru..... 25
Slika 21. Prikaz stezanja obradka na amerikaneru..... 25
Slika 22. Prikaz pozicioniranja međupakne za početak projektiranja steznog alata. 26
Slika 23. Nacrt za izradu međupakne..... 28
Slika 24. Prikaz konstruiranja pakne..... 29
Slika 25. Nacrt za izradu pakne..... 30
Slika 26. Stezanje međupaki i pakni..... 31
Slika 27. Stezanje steznog alata na amerikaneru..... 32
Slika 28. Alati za izradu međupakni..... 33

Slika 29. Glodanje provrta za svornjak..... 34
Slika 30. Bušenje provrta na međupakni..... 35
Slika 31. Izrada stepenice za ozubljenje međupakne..... 35
Slika 32. Izrada obaranje bridova..... 36
Slika 33. Izrada ozubljenja međupakne..... 37
Slika 34. Međupakne nakon poboljšavanja..... 37
Slika 35. Brušenje međupakni..... 38
Slika 36. Sirovac za pakne..... 39
Slika 37. Izrezani disk za obradu..... 39
Slika 38. Alati za obradu pakni na tokarilici..... 40
Slika 39. Zaravnavanje obradka..... 41
Slika 40. Bušenje provrta za unutarnje tokarenje..... 42
Slika 41. Uzdužno tokarenje vanjskog promjera pakni..... 43
Slika 42. Tokarenje provrta Φ62 mm 43
Slika 43. Tokarenje provrta promjera Φ82 mm i dubine 14mm..... 44
Slika 44. Tokarenje utora..... 45
Slika 45. Okretanje obradka (lijevo), tokaranje na završnu debljinu pakni (desno).. 46
Slika 46. Skidanje brida..... 46
Slika 47. Izrada razvrtalom..... 47
Slika 48. Čep za stezanje međupakne i pakne..... 47
Slika 49. Izrada glodalom Φ35 mm..... 48
Slika 50. Obrada provrta upuštalom..... 48
Slika 51. Svrdla za izradu provrta za vijke..... 49
Slika 52. Stegnuti obradak na diobenoj glavi..... 50
Slika 53. Prikaz zakretanja pakne na diobenoj glavi..... 50
Slika 54. Zabušivanje provrta za vijke..... 51
Slika 55. Izrada provrta za glavu vijka..... 52
Slika 56. Piljenje diska-pakni..... 53
Slika 57. Izrada oslobođenja za svrdlo..... 54
Slika 58. Izrada provrta za čepove..... 54
Slika 59. Brušenje pakni..... 55
Slika 60. Izrada čepova..... 55
Slika 61. Izrada zubi na čepovima..... 56

Slika 62. Dodirna površina čepa poslije kaljenja (lijevo) i prije kaljenja (desno)……..... 56
Slika 63. Alat prije ispitivanja na NU stroju..... 57
Slika 64. Prikaz alata prije ispitivanja na NU stroju..... 57
Slika 65. Prikaz amerikanera za ispitivanje..... 58
Slika 66. Pritezanje međupakni na amerikaner za ispitivanje..... 59
Slika 67. Pritezanje pakni na amerikaner i stezanje obradka-prstena..... 59
Slika 68. Obrada prstena..... 60
Slika 69. Prsten nakon obrade..... 60
Slika 70. Provjera dimenzija prstena..... 61

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
v_c	m/s	brzina rezanja
f	mm/min	posmak
a_p	mm	dubina rezanja
W		nul točka izradka
R		nul točka stroja
N		referentna točka
M		referentna točka alata
B		početna točka alata

SAŽETAK

U diplomskom radu se konstruira, opisuje izrada i ispitivanje steznog alat, koji služi za vanjsko stezanje prstenastih obradaka na amerikaneru. Osnovni cilj steznog alata je realizacija proizvodne operacije koja se dobiva ispravnim pozicioniranjem obrađivanog predmeta, čime se smanjuje pojavljivanje grešaka obrađivanog materijala, tj. „škarta“. Potreba za konstruiranjem novog steznog alata proizašla je iz razloga, što se stezanjem obradaka starim steznim alatom vrlo često dobila deformacija obradaka. Novim načinom stezanja obradaka bi se povećavala produktivnost alatnih strojeva ali i sigurnost obrade. U radu je razmatran novi stezni alat za prstenaste obradke od njegovog konstruiranja pomoću računalnog programa AutoCAD, do same izrade, te ispitivanja ispravnosti steznog alata na alatnom stroju.

Ključne riječi:
Konstruiranje steznog alata, alatni strojevi, obrada materijala

SUMMARY

In the graduate work is constructed, and described the development and testing of the clamping tool, which is used for external clamping of workpiece rings on jaw chuck. The main objective of the clamping tools is the realization of production operations which is obtained in the correct positioning of the processed workpieces, thus reducing the appearance of defective workpieces.The need for constructing new clamping tools is derived from reason, which is clamping workpieces with old clamping tools gives often distorted workpiece. A new way of clamping the workpiece is increased productivity of machine tools and will be increased security of process. In the graduate work is presented a new clamping tool for circular workpieces and its designing by a computer program AutoCAD, to the process of making and testing the correctness of the clamping tools on machine tools.

Key words:

Construction of clamping tools, machine tools, material processing

1. UVOD

Dugotrajni tehnološki i sveukupni razvoj i stalna želja za novim otkrićima i nastojanjima da se resursi, zakoni prirode i nova otkrića usmjere u opću korist čovječanstva dovele su do sadašnjeg visokog stupnja tehnološkog razvitka. Tehnologije i tehnološki procesi su temelj svake proizvodnje, pa tako i industrije prerade i obrade metala, što dokazuje primjer da svako suvremeno društvo u tehnologiji vidi jednu od glavnih poluga sadašnjeg i budućeg tehnološko-ekonomskog razvoja. Potaknut takvim razmišljanjem eksperimentalni dio diplomskog rada izrađivan je u poduzeću visoke tehnologije koja se bavi obradom metala. Obrada odvajanjem čestica je postupak promjene oblika sirovca gdje dolazi do smanjenja volumena obradka zbog djelovanja reznog sredstva ili alata. Može se podijeliti na: ručnu i strojnu obradu. Strojna obrada se obavlja na alatnom stroju s unaprijed određenim reznim alatima, kako bi se u što kraćem vremenu dobio proizvod zadovoljavajuće kvalitete. Alatni strojevi su strojevi na kojima čovjek u proizvodnom procesu upravlja alatom. Osnovni zadatak alatnih strojeva je zamjena ljudskog rada uz povećanje točnosti, produktivnosti, ekonomičnosti, itd. Osnove numeričkog upravljanja postavio je 1947. god. John Parsons. Uporabom bušene trake upravljao je pozicijom alata pri izradbi lopatica helikopterskog propelera. Godine 1949. američka vojska sklopila je ugovor sa sveučilištem MIT za razvoj programabilne glodalice. Troosna glodalica Cincinati Hydrotel predstavljena je 1952. godine, a imala je elektromehaničko upravljanje i rabila je bušenu traku. Iste godine počinje se rabiti naziv numeričko upravljanje (dalje u tekstu: NU). U civilnoj industriji numeričko upravljanje započinje šezdesetih godina dvadesetog stoljeća, a široka primjena u obliku računalnoga numeričkog upravljanja NU počinje 1972. godine, odnosno desetak godina kasnije razvojem mikroprocesora. [1,2]

Diplomski rad izrađivan je u poduzeću [redacted] koje se bavi proizvodnjom dijelova za automobilsku industriju te se sastoji ponajviše od NU alatnih strojeva. U svrhu dobivanja visoke kvalitete proizvoda, tijekom obrade potrebno je koristiti odgovarajući stezni alat. Osnovna namjena steznog alata je realizacija proizvodne operacije, zahvata, te realizacija gotovog proizvoda. Pri projektiranju steznog alata u diplomskom radu, vodilo se računa da alat bude pouzdan, proučavala se tehnologija same izrada alata i ispitivala se funkcionalnost na NU stroju. Projektiranjem novog steznog alata ponajviše se radilo na povećanju sigurnosti tijekom obrade. Rješenja,

koja su se do tad primjenjivala za obradu, (ukoliko bi došlo do prestanaka funkcionalnosti nekog od steznih elemenata, tj. ukoliko bi došlo do puknuća jednog od steznih vijaka pri samom procesu obrade), dovodila su u opasnost mogućnost trajnog oštećenja stroja, alata za obradu, pa time i sama sigurnost radnika. Uz povećanje sigurnosti rada alatnog stroja novim steznim alatom se također sagledavala mogućnost povećanja kvalitete proizvoda koja dovodi do povećanja proizvodnosti. Starim načinom stezanja gubila se funkcionalnost nekih dijelova, što je u krajnjim slučajevima dovodilo do nekvalitetnih proizvoda, tj. pojavljivanja „škarta“. Najveći problem pri projektiranju steznog alata (pakni, međupakni) su nekompatibilnost dimenzija amerikanera pakni i međupakni. Kamen koji ulazi u utor na amerikaneru, na kojeg se stežu međupakne s paknama, nije imao mogućnost spuštanja na određenu poziciju za stezanje obradka zadanih dimenzija te su se primjenjivala rješenja s gore navedenim problemima. Za izradu steznog alata koristile su se obrade tokarenja, glodanja, strojnog rezanja pilom, bušenja i brušenja. Postupci obrada opisani su u daljnim poglavljima. Alat se u svrhu dobivanja željene mikrostrukture i svojstava također podvrgavao procesima toplinske obrade. Jedan standardni tip steznog alata, čija će se promjena pri konstruiranju i njegova izrada prikazati u diplomskom radu, dat je na slici 1.

Slika 1. Prikaz steznog alata-pakne i međupakne

2. ALATNI STROJEVI

Postupci strojne obrade odvajanjem čestica mogu se podijeliti na nekoliko načina, a svaki od njih u nekoliko skupina. Alatni strojevi koji su se koristili prilikom izrade steznog alata dijele se na postupke:

1.) Obrada reznim alatom s geometrijski definiranom oštricom u koje spadaju postupci tokarenja, glodanja, bušenja i piljenja.

2.) Obrada reznim alatom s nedefiniranom oštricom u koje spadaju postupci brušenja.

2.1. Obrada odvajanjem čestica na alatnim strojevima s definiranom reznom geometrijom alata

Obrada odvajanjem čestica je postupak promjene oblika sirovca, gdje dolazi do smanjenja volumena obradka zbog djelovanja reznog sredstva – alata. Osnovni oblik reznog alata je klin. Njegova je zadaća razdvajanje materijala i odvajanje čestica materijala. Prednosti obrade odvajanjem čestica su:

- omogućavanje postizanja točnosti i preciznosti (uske tolerancije) te dobre kvalitete obrađene površine, često bez potrebe za naknadnim završnim obradama,
- najbolji, a i često jedini način da se oblikuju oštri rubovi, ravne površine, te unutarnji i vanjski profili,
- može se primijeniti pri obradi gotovo svih materijala,
- jedini način preoblikovanja toplinski obrađenih i krtih materijala,
- moguće je obrađivati i kompliciranu geometriju,
- moguće su obrade u širokom rasponu dimenzija (od makropoizvoda poput turbina i zrakoplova do mikroproizvoda),
- pri odvajanju malo se mijenja struktura materijala obradka (samo tanki sloj),

- pogodna je za automatizaciju,
- ekonomičnost i produktivnost (jeftinija i brža) kod maloserijske i pojedinačne proizvodnje.

Nedostaci obrade odvajanjem čestica su:

- stvara odvojene čestice,
- za izradu jednog elementa obradka (tolerirani provrti, utori) potrebno je više obradnih postupaka i više raznovrsnih alatnih strojeva,
- neki dijelovi zahtijevaju primjenu NU strojeva i komplicirano programiranje,
- alatni strojevi i potreba za rukovanjem alatima i obratcima zahtijevaju velik prostor,
- utjecaj obradnih procesa na mikroklimu (toplina, buka, rashladne tekućine, ulja, itd.),
- visoki udio pomoćnih i pripremno-završnih vremena (vrijeme zahvata alata i obradka je često manje od 2% ukupnog vremena protoka pozicije). [4]

2.2. Tokarenje na univerzalnoj tokarilici

Univerzalne tokarilice imaju elektromotorni pogon (trofazni asinkroni kavezni elektromotor) i ručno su upravljane. Jedna univerzalna tokarilica korištena prilikom izrade dijelova ovog diplomskog rada i obrada na njoj prikazane su na slikama 2 i 3.

Slika 2. Univerzalna tokarilica

Slika 3. Obrada na tokarilici

Glavni prigon je spojen na glavno radno vreteno na kojem se nalazi centrirajuća stezna glava (amerikaner). Iz dva posmična prigona izlaze navojno vreteno za tokarenje navoja i posmično (glatko) vreteno. Oba prolaze kroz suport. Navojno vreteno se spaja preko dvodjelne (rasklopne) matice i osigurava posmak suporta koji

odgovara koraku tokarenog navoja. Posmično vreteno se u suportu spaja preko padnog puža – mehanizma koji omogućava uzdužni i/ili poprečni posmak kod tokarenja. Na suportu se nalazi držač noža u koji se upinju tokarski noževi. Suport klizi po vodilicama koje se nalaze na krevetu tokarilice. Na vodilice se može montirati i lineta kojom se centriraju duža i tanja vratila kako bi se izbjegao mogući progib i velike vibracije tijekom tokarenja. Konjić na kraju tokarilice služi za centriranje duljih predmeta zbog što točnije obrade. Na njima se osim operacija tokarenja (unutarnjeg i vanjskog obodnog tokarenja, konusnog tokarenja, planskog tokarenja, urezivanja i odrezivanja, profilnog i krivuljnog tokarenja) mogu izvoditi operacije bušenja, upuštanja, razvrtanja, rezanja unutrašnjih i vanjskih navoja. [4]

2.3. Glodanje na vertikalnoj glodalici

Glodalice su alatni strojevi za obradu odvajanjem čestica pomoću kojih se rezanjem obrađuju dijelovi pretežno kutijastog oblika te profili, navoji, zubi, itd. Glavno gibanje je uvijek rotaciono gibanje alata, dok je posmično gibanje pravocrtnog ili kružnog oblika i uvijek je okomito ili pod nekim kutom na os rotacije. Vertikalne glodalice izvode se tako da im os glodala stoji vertikalno dok je ostali dio stroja jednak horizontalnim. Pogodne su za čeono glodanje, glodanje utora, kanala, rubova utornim glodalima te profilno glodanje.
Jedna vertikalna glodalica korištena za izradu steznog alata prikazana je na slici 4.

Slika 4. Glodanje na vertikalnoj glodalici

2.4. Strojno rezanje

Obrada pilom je postupak obrade odvajanjem čestice koji se upotrebljava kod odsijecanja ili dijeljenja materijala. Izvodi se na alatnim strojevima, pretežito pilama, pri čemu je glavno (rezno) i posmično gibanje pridruženo alatu. Alat (pila) ima više reznih oštrica, od kojih je samo nekoliko istovremeno u radu. Vrsta gibanja određena je vrstom postupka piljenja. Pila korištena prilikom izrade dijelova steznog alata iz ovog diplomskog rada, prikazana je na slici 5.

Slika 5. Tračna pila

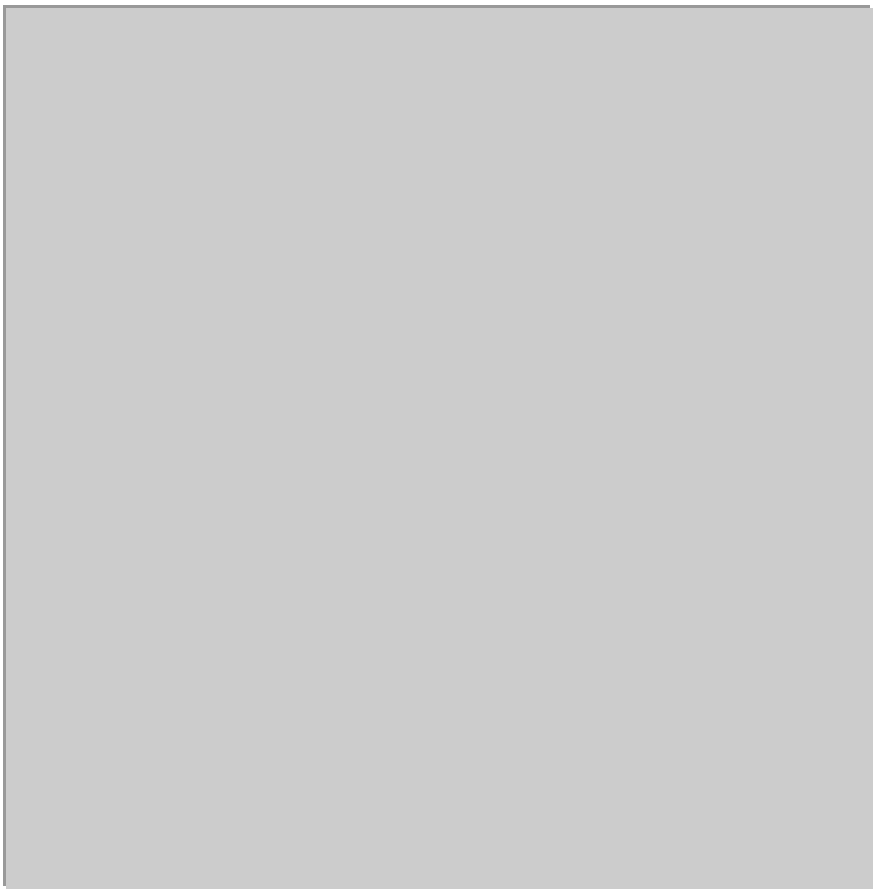
2.5. Bušenje, upuštanje i razvrtavanje

Bušenje je način obrade odvajanjem čestica kojim se specifičnim reznim alatom izrađuju provrti u obratku. Alat za bušenje je svrdlo, definirane geometrije reznog dijela, s dvije glavne rezne oštrice i jednom poprečnom oštricom koja otežava obradu. Bušenje je povezano s predradnjom zabušivanja i naknadnim operacijama proširivanja, upuštanja, razvrtanja i izbušivanja.

Upuštanje je postupak obrade ulaza ili izlaza okruglog provrta, a upuštala su rezni alati koji se upotrebljavaju za proširivanje ulaza ili izlaza provrta te za postizanje odgovarajućih skošenja postojećih provrta. Vrše obradu kao i svrdla, glavnim

rotacijskim gibanjem, a izrađuju se s dvije, tri ili više reznih oštrica. Posmično gibanje je pravocrtno u smjeru osi obrađivanog provrta.

Razvrtanje je postupak fine (završne) obrade cilindričnog provrta. Točnost dimenzije, geometrijski oblik i hrapavost površine, koja se dobije nakon obrade svrdlom, ne zadovoljava u većini slučajeva. Razvrtala su rezni alati koji se upotrebljavaju za završnu obradu provrta i služe za finu obradu već postojećih provrta, tj. za dotjerivanje glatkoće površine i postizanje veće točnosti izbušenih provrta. Alatni stroj na kojem su se odvijale operacije obrade provrta tj. bušenja, upuštanja i razvrtavanja prikazan je na slici 6.



Slika 6. Alatni stroj-bušilica u radu

2.6. Brušenje

Brušenje je proizvodni postupak obrade odvajanjem čestica koji skida promjenjiv presjek odvojene čestice. Postupak se koristi kao jedan od završnih obrada jer se njime postiže velika točnost i kvaliteta površine uskih tolerancija. Osnovne karakteristike strojnog brušenja su velike glavne brzine rezanja uz male posmične brzine, te rezni alat – brusnu ploču koja ima oštrice ne definirane rezne geometrije.

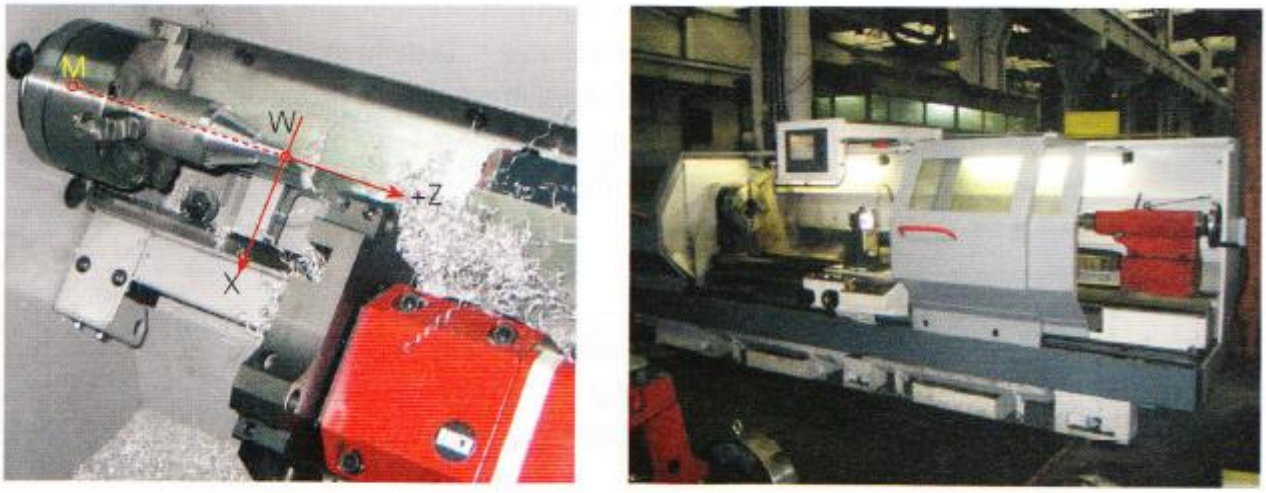
Brusna ploča je u obliku diska i ona vrši glavno rotacijsko gibanje. Strojna brusilica za ravno brušenje prikazana je na slici 7.

Slika 7. Strojna brusilica za ravno brušenje

Opisani postupci obrada korišteni su na tradicionalnim odnosno klasičnim alatnim strojevima koji su ručno upravljani. Stezni alat izrađivan na tim strojevima koristi se na numerički upravljanom (NU) alatnom stroju. Usporedba obrade na tradicionalnim strojevima i na NU alatnom stroju dovodi do zaključka da je osnovni pristup izradbi dijelova gotovo jednak: analiza crteža (i ostalih dokumenata), izbor operacija obradbe, određivanje baznih površina i izbor načina stezanja, odabir odgovarajućih reznih alata, proračun optimalnog režima obradbe, izradba programa i testiranje te sama izradba predmeta. Razlika je u predzadnjoj radnji koje na tradicionalnim strojevima nema. Također se i pri samoj obradbi pojavljuju bitne razlike. Operater na tradicionalnom alatnom stroju obavlja uključivanje/ isključivanje posmaka, glavnog gibanja, rashladnog sredstva, tj. obavlja vođenje alata. Za to je potrebno znanje i određene vještine. O stupnju vještina operatera ovisit će i kvaliteta i vrijeme izradbe. Problem nastaje kad je potrebno izraditi više potpuno istih dijelova. Po prirodi čovjek ne može ponoviti sve postupke na potpuno jednak način, što rezultira određenim razlikama u dimenzijama predmeta i kvaliteti površine. Zbog tih nedostataka, te u svrhu što bolje i jednoličnije izrade obradaka, koriste se NU alatni strojevi. Numerički upravljana tokarilica, za koju se izrađuje stezni alat u diplomskom radu, opisati će se u sljedećem poglavlju.

3. NU TOKARILICE

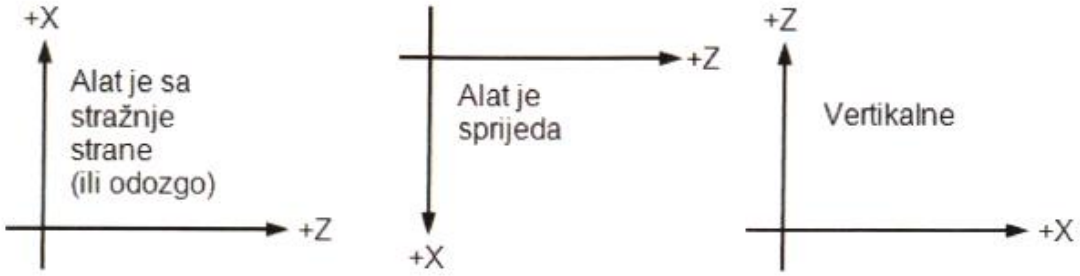
Među prvim konstruiranim strojevima bile su tokarilice. S razvojem numeričkog upravljanja tokarilice su se razvijale u konstrukcijskom i upravljačkom dijelu pa ih danas ima različitih vrsta. Prema položaju radnog vretena tokarilice se mogu podijeliti na: horizontalne (horizontalno radno vreteno) i vertikalne (karusel tokarilice). Horizontalne tokarilice koriste se gotovo u svakoj strojarskoj radionici, a vertikalne su rjeđe i uglavnom se primjenjuju za obradbu predmeta većih dimenzija i promjera. Pravac i smjer glavnih osi određuje se na temelju pravila ,,desne ruke“. Vertikalne tokarilice imaju uglavnom dvije osi koje se označuju sa X i Z. Horizontalne tokarilice mogu imati dvije, tri, četiri i šest osi. Pozitivni smjer osi Z usmjeren je od radnog vretena prema van i poklapa se s osi radnoga vretena, a pozitivni smjer osi X ovisi o smještaju nosača alata (s prednje ili stražnje strane uzdužnih vodilica). Bez znanja o smjerovima osi na stroju nije moguće programirati stroj. Na slici 8. prikazana je horizontalna NU tokarilica. [2]



Slika 8. Horizontalna NU tokarilica [2]

Tokarilica s tri osi ima dodatnu os koja se obično označuje s C u apsolutnom modu, a sa H u inkrementnom. Dodatne mogućnosti su joj poprečno glodanje, izradba žljebova, izradba poprečnih provrta i sl. Ta os služi kao zamjena za jednostavnije operacije na glodalici, ali često ima određena ograničenja. Tokarilica s četiri osi ima potpuno drugačiji koncept od one s tri osi. Programiranje te tokarilice svodi se zapravo na programiranje rada dviju dvoosnih tokarilica istovremeno. Pri tome jedna

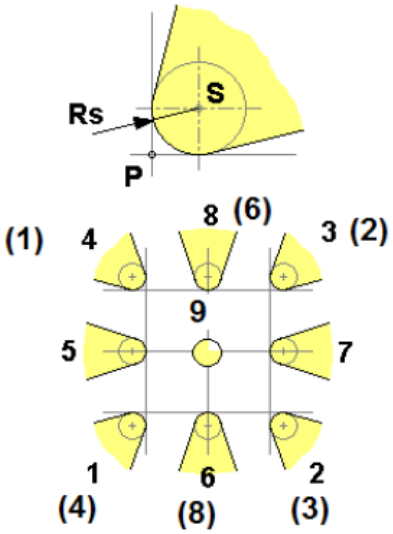
obavlja obradbu vanjskih površina, a druga obradbu unutarnjih površina. Tokarilice sa šest osi su specijalne tokarilice s dva magazina alata te sa setom od tri osi po magazinu. Koriste se u radionicama za izradbu vijaka i sl. Označavanje glavnih osi na tokarilicama prikazan je na slici 9. [2]



Slika 9. Prikaz označavanja glavnih osi na tokarilicama [2]

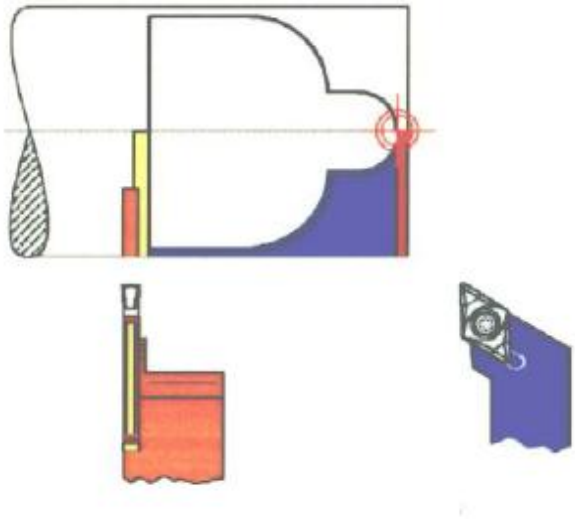
3.1. Alati kod NU tokarilica

Kod NU tokarilica opremanje stroja s različitim reznim alatima je od bitne važnosti za kvalitetnu izradu. Alati su smješteni u revolversku glavu prema redoslijedu korištenja, a postavljeni su tako da se izmjenjuju alat za vanjsko tokarenje i alat za obradu unutarnjih ploha, te su jedni alati odbrojani s parnim, a drugi s neparnim brojevima. Revolverska glava može imati 6, 8 ,12 ili 24 mjesta za smještaj alata. U programiranju kod definiranja alata moraju se unijeti i podaci o položaju vrha oštrice alata u odnosu na izradak, što je prikazano na slici 10. Vrijednosti u zagradama odnose se na alate s prilazom alata odozdo. [2]



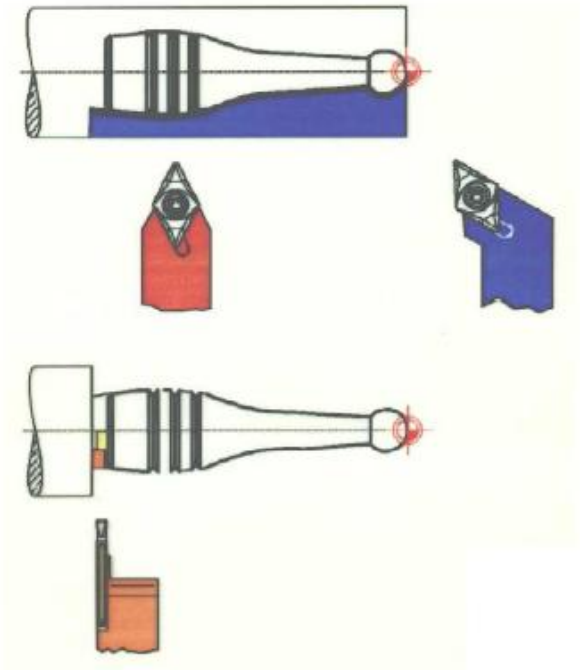
Slika 10. Položaj vrha oštrice alata [2]

U prvom primjeru su prikazana dva alata za obradu: desni nož za fino tokarenje koji provodi operaciju konturnog tokarenja (plava boja) i nož za odsijecanje (žuta boja), kako je prikazano na slici 11.



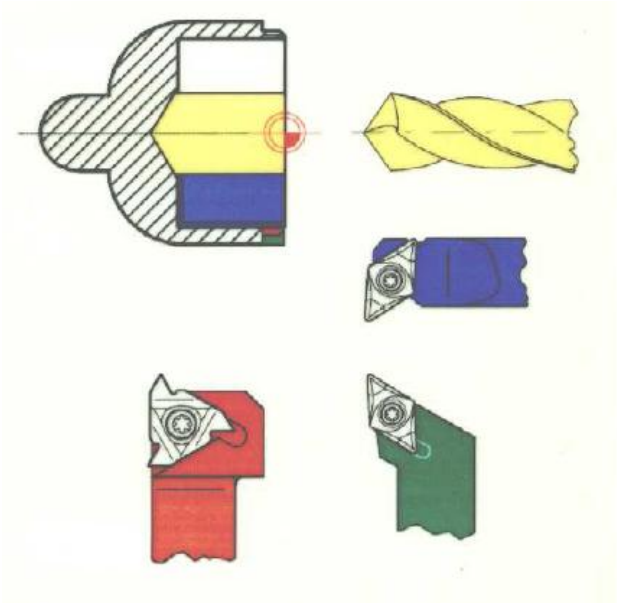
Slika 11. Prvi primjer primjene alata za konturno tokarenje i odsjecanje [2]

U drugom primjeru, uz dva spomenuta alata, koristi se i neutralni nož (crvena boja) za izradu tri mala kutna utora. Drugi primjer primjene alata za obradke prikazan je na slici 12.



Slika 12. Drugi primjer primjene alata za konturno tokarenje, odsjecanje i za izradu utora [2]

Treći primjer ima još tri nova rezna alata: spiralno svrdlo (žuta boja), bušnu motku za unutrašnje tokarenje (plava boja) i vanjski nož za izradu navoja (crvena boja). Ovi alati su prikazani na slici 13. [2]



Slika 13. Treći primjer primjene alata za bušenje, unutrašnje tokarenje i izradu navoja [2]

3.2. Izbor parametara obrade

Pod izborom režima obrade podrazumijeva se izbor vrijednosti sljedećih parametara:

- brzine rezanja v_c , m/s ili m/min
- posmaka f , mm/min
- dubine rezanja a_p , mm

Vrijednosti režima obrade se biraju na osnovi slijedećih parametara:

- vrste materijala obradka
- vrste materijala reznog alata
- geometrije alata (kutovi, dimenzije, radijus vrha pločice)
- tipa operacije i vrste obrade (gruba, čista ili fina obrada),

a kod izbora vrijednosti režima treba još uvažavati ograničenja vezana uz slijedeće:

- kvalitetu obrade (tolerancije i hrapavost površine)
- stroj (snaga, okretni moment, najveća brzina vrtnje i najveći posmak)

- sigurnost (brzina vrtnje povezana sa stezanjem obradka te nebalansiranost stegnutog obradka)
- tehničko-ekonomske kriterije (troškovi, produktivnost) koji ovise o životnom vijeku alata, a time i o odabranim parametrima obrade.

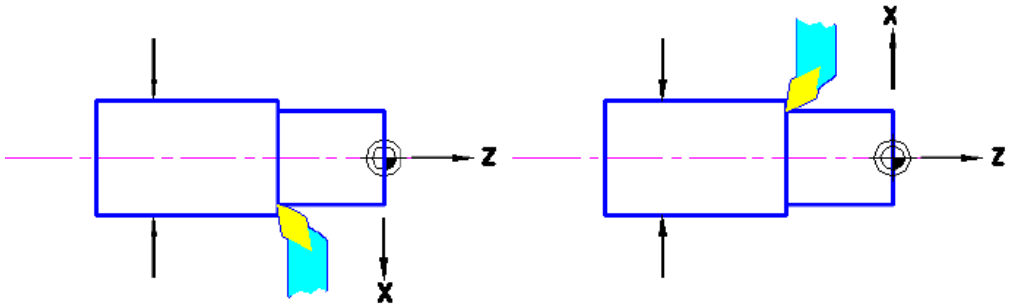
Određivanje vrijednosti parametara obrade može se temeljiti na:

- iskustvu tehnologa obrade odvajanjem čestica,
- priručnicima i katalozima proizvođa alata,
- računalskim sustavima za određivanje parametara obrade.

Metoda temeljena na iskustvu se zasniva na bogatom višegodišnjem iskustvu tehnologa koji se bavi postupcima obrade odvajanjem čestica. U današnjim proizvodnim situacijama primjena ove metode nosi veliki rizik, jer ostaje nepoznato da li su odabrane vrijednosti parametra obrade optimalne. Dobra strana metode je brzina određivanja vrijednosti parametara obrade. Metoda temeljena na podatcima iz kataloga proizvođača alata i priručnika koristi podatke o vrijednostima parametara obrade dobivenim na sustavno izvedenim laboratorijskim eksperimentima. Iako je pouzdanija od iskustvene metode, ima i nedostatke. Zasnovana je na najnepovoljnijem slučaju, općenita je pa ne pokriva specifičnosti obrade konkretnog obradka. Kod primjene ove metode potrebno je prepoznati specifičnosti obrade konkretnog obradka te u tom smislu izvršiti korekciju preporučenih vrijednosti parametara obrade iz kataloga (npr. veća tvrdoća materijala obradka, loše stezanje i sl.). Metoda temeljena na podatcima dobivenim pomoću računalnog sustava za određivanje vrijednosti parametara obrade počinje se razvijati pojavom NU strojeva, a pogotovo razvojem CAM sustava. Za određivanje vrijednosti parametara, računalni sustav može rabiti baze podataka i matematičke modele sustava obrade. Metoda je pouzdanija od prethodnih, ali podrazumijeva posjedovanje odgovarajućeg računalnog sustava, koji ima svoju cijenu. [2]

3.3. Koordinatni sustav kod NU tokarilica

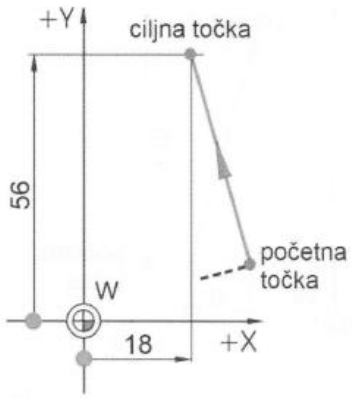
Kod NU tokarilica koordinatni sustav je dvoosni, tj. u osi izratka nalazi se os Z, a okomito na os izratka se nalazi os X. Pozitivna os X može biti prema literaturi [1] postavljena u jednom ili drugom smjeru, što ovisi o položaju alata odnosno revolverske glave u odnosu na izradak, što je prikazano na slici 14.



Slika 14. Koordinatni sustav NU tokarilica [1]

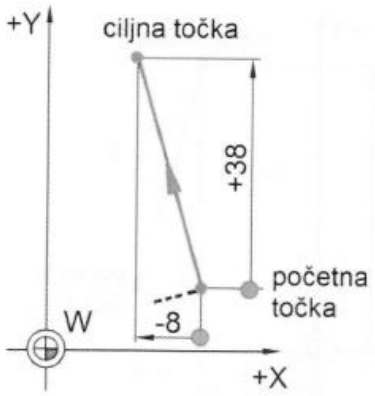
Koordinate s negativnim predznakom (-X, -Y) označavaju gibanje reznog alata prema radnom predmetu, a pozitivni predznak znači odmicanje alata od radnog predmeta. Dakle, treba zapamtiti da se alat (suport) uvijek giba u predmet ili u smjeru predmeta, ako koordinata ima negativni predznak. Razlog zašto je to tako leži u činjenici da ako se pri programiranju zaboravi negativan predznak, neće doći do sudara alata i predmeta, nego će se alat odmaknuti od predmeta.[1]

Orijentacija koordinatnog sustava na NU stroju dogovorena je tako da pozitivni smjerovi koordinatnih osi slijede položaj prstiju desne ruke, odnosno palac pokazuje u pozitivnom smjeru os X, kažiprst u pozitivnom smjeru os Y, dok srednji prst pokazuje pozitivni smjer osi Z. U procesu programiranja upotrebljavaju se dva sustava mjerenja: apsolutni i inkrementalni. Apsolutni koordinatni sustav ima jednu fiksnu nul točku u ishodištu obradka (W), a koordinate pojedinih točaka znače udaljenost tih točaka od ishodišta po vrijednosti i predznaku. Na slici 15 je prikazan apsolutni koordinatni sustav i vidljivo je da je u odnosu na početnu točku, ciljna točka udaljena od ishodišta koordinatnog sustava (W) u smjeru osi X za 18 mm, a u smjeru osi Y za 56 mm.



Slika 15. Apsolutni koordinatni sustav [2]

Kod inkrementalnog koordinatnog sustava mjerenja, koordinate iduće točke se izražavaju u odnosu na prethodnu točku (increment – pomak) gdje se nalazi koordinatni sustav. Koordinatni sustav je dakle promjenjiv i nalazi se uvijek u početnoj točki odakle kreće gibanje. U primjeru na slici 16 je prikazan inkrementalni koordinatni sustav mjerenja, gdje je vidljivo da je ciljna točka udaljena od početne u smjeru osi X za -8 mm, a u smjeru osi Y za +38 mm. [2]



Slika 16. Inkrementalni koordinatni sustav [2]

3.4. Referentne točke NU tokarilice

Kod programiranja NU strojeva potrebno je poznavati određene referentne, odnosno nul točke koje definiraju koordinatni sustav i sam alat.

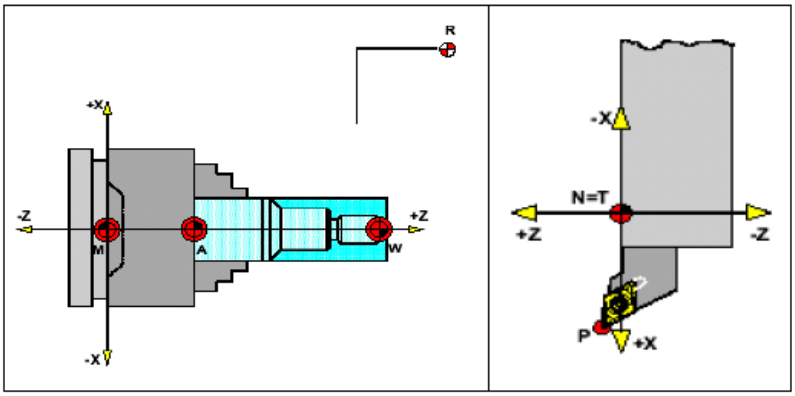
W – Nul točka izratka *(Workpiece zero point)* - točka vezana za izradak. Slobodno se mijenja prema potrebama konstrukcije ili izrade i može ih biti više. U ovoj točki je ishodište koordinatnog sustava koje je prebačeno iz točke M i time se olakšava programiranje.

M – Strojna nul točka *(Machine zero point)* - pozicija ove točke se ne može mijenjati. Određena je od strane proizvođača NU stroja. Ona je ishodište koordinatnog sustava i od nje se proračunavaju svi pomaci alata.

N – Referentna točka alata *(Tool mount reference point)* - početna točka od koje se mjere svi alati. Ta točka leži na osi držača alata. Određena je od strane proizvođača i također se ne može mijenjati.

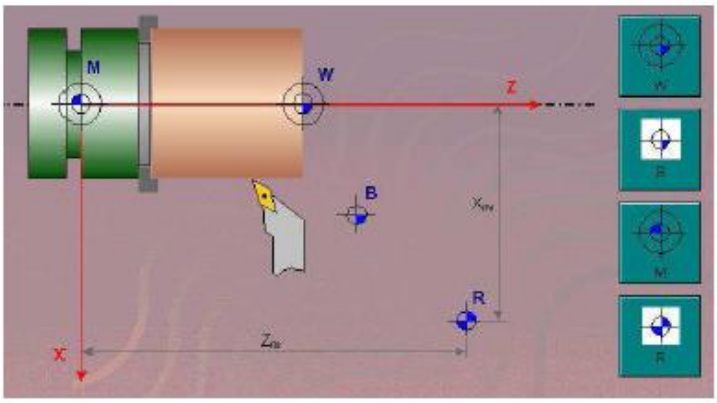
R – Referentna točka *(Reference point)* - točka u radnom području stroja koja je determinirana s krajnjim prekidačima. Služi za kalibriranje mjernog sustava stroja i u početku rada sa strojem mora se dovesti alat u točku R.

B - Početna točka alata *(Begin point)* - od ove točke alat počinje s obradom i u njoj se vrši izmjena alata. Ne mora biti neophodno definirana. Na slici 17. nalazi se prikaz nekih nul točaka na NU tokarilici. [1]



Slika 17. Prikaz nul točaka na NU tokarilici [1]

Prikaz prilaza alata na tokarilici na sljedećem primjeru je s donje (prednje) strane stroja, pa je koordinatni sustav i položaj referentnih točaka kao na slici 18.



Slika 18. Prilaz alata na tokarilici s donje (prednje) strane stroja [1]

Pri obradi stezni alat je u direktnom dodiru s obratkom. Sila kojom stezni alat djeluje na obradak mora biti dovoljno velika da se obradak ne pomiče pri strojnoj obradi. Obrada je moguća samo ako obradak miruje. Ako je potrebno izvršiti više različitih obrada, potrebno je zadržati obradak na istoj poziciji. Za što bolje pozicioniranje, tj. za što točniju izradu, potrebna su pomagala koja su specijalno konstruirana za tu svrhu. U sljedećem poglavlju dat će se kratki pregled vrsta steznih alata, osnove konstruiranja, te stezanje obradaka.

4. STEZNI ALAT

Stezni alati predstavljaju posebne uređaje koji imaju zadatak izvršiti:

- stezanje obradka na stroju
- točno postavljanje obradka u odnosu na alat
- u ovisnosti o stroju i tehnologiji voditi rezni alat za vrijeme obradbe.

Osnovni zadatak steznih alata je poboljšanje i pojednostavljenje tehnološkog procesa proizvodnje, smanjenje troškova proizvodnje zbog bržeg i točnijeg načina rada, puna zamjenljivost dijelova i siguran rad na radnom mjestu.

Razlikuju se dvije vrste steznih alata:

1.) univerzalni stezni alati

2.) specijalni stezni alati

Univerzalni stezni alati imaju opću primjenu i nisu vezani za određenu tehnološku operaciju. U ovu skupinu spadaju stege, stezne glave kod tokarilica i bušilica, čahure, okretni stolovi i sl. Ovi alati se još nazivaju i standardni alati. [6]

Specijalni stezni alati konstruiraju se za samo jednu tehnološku operaciju i samo za određeni proizvod. Rabe se uglavnom pri serijskoj i masovnoj proizvodnji u metaloprerađivačkoj industriji. U maloserijskoj prozvodnji se rabe samo onda kada se bez njih ne može izvesti postupak obradbe. Ovi alati se ne mogu standardizirati, ali se pri njihovoj konstrukciji i izradi treba koristiti što je moguće više standardnih dijelova. Ekonomske analize troškova pokazuju kako je puno skuplje izrađivati vlastite specijalne alate s vlastitim dijelovima nego koristiti standardne dijelove. Na taj se način postiže ušteda u vremenu izrade steznog alata, a samim time i u pripremi proizvodnje. Glavna karakteristika specijalnih steznih alata je što povećavaju tehnološke mogućnosti strojeva na kojima su ugrađeni ili postavljeni. Mogu se podijeliti na dva načina:

1.) Prema vrsti strojeva na kojima se rabe, a to su: stezni alati za bušilice, stezni alati za glodalice, stezni alati za tokarilice, stezni alati za brusilice i sl.

2.) Prema proizvodima – za točno određenu vrstu proizvoda (proizvod 1, 2 i sl.).

Prednosti steznih alata su slijedeće:

- brzo i točno postavljanje obradka

- izbjegavanje skupog ocrtavanja i obilježavanja radnog predmeta
- smanjivanje broja mjerenja
- smanjenje lomova, kvarova i zatupljenja reznih alata
- osiguranje točnosti dimenzija cijeloj seriji proizvoda
- mogućnost istovremene obradbe više obradaka
- oslobađanje viskokokvalificirane radne snage za druge razine iskoristivosti

Nedostaci steznih alata su slijedeći:

- dugotrajna priprema proizvodnje
- visoka cijena ovakvih alata
- uporaba ograničena samo na jednu vrstu dijelova

Prema literaturi [6], materijali koji se rabe za izradu steznih alata su vrlo različiti, a tu spadaju konstrukcijski čelici (za cementiranje) koji omogućavaju površinsku tvrdoću uz zadržavanje žilavosti po poprečnom presjeku dijelova, čelici za poboljšavanje, alatni čelici itd.

4.1. Vrste steznih alata

Obradak koji se postavlja u stezni alat potrebno je stegnuti kako bi se obrada mogla obaviti. Stezanjem je potrebno osigurati sljedeće:

- obradak ne smije promijeniti početni položaj
- sile stezanja trebaju biti dovoljne kako bi onemogućile okretanje ili pomicanje dijelova u obradi
- obradak se mora stegnuti jednostavno i brzo.

Elementi steznih alata prema složenosti mogu biti jednostavni ili složeni.
Jednostavni dijelovi su: zavrtnji koji služe za direktno i indirektno pritezanje, te klinovi koji imaju elemente samokočenja. Značajni su kada je potrebno osigurati siguran rad. Ekscentri se rabe u konstrukciji specijalnih alata. Dijele se na kružne i spiralne ekscentre. Poluge za pritezanje – ravnog oblika s ravnim ili savijenim krajem. Složeni

elementi ili mehanizmi koriste jednostavne elemente, a mogu biti pogonjeni pneumatskim, hidrauličkim, električkim ili drugim sustavima. Prema stupnju mehanizacije dijele se na:

a) Ručne – mehaničke ili mehaničko-hidrauličke mehanizme;

b) Mehanizirane s pneumatskim, hidrauličkim, pneumohidrauličkim, električkim ili vakuumskim sustavom rada;

c) Automatizirane mehanizme čiji je rad sinkroniziran s radom alatnog stroja.

Prema načinu stezanja alati mogu biti jednostezni i višestezni. Jednostezni alati obavljaju stezanje na jednoj točki (površini). Višestezni alati rade na već opisane načine stezanja. Djelovanjem na jedan element pokreću se stezači koji omogućavaju istovremeno stezanje na nekoliko mjesta. Stezanje je ravnomjerno u svim steznim točkama. Osim navedenih načina, stezanje je moguće obaviti nekonvencionalnim načinima – primjenom tekućih i plastičnih materijala. Primjenom Pascalovih zakona (djelovanjem vanjske sile na zatvorenu posudu u kojoj je tekućina – postiže se efekt jednakog tlaka na svim dodirnim površinama) odnosno, dobiva se tlak koji je jednoliko raspoređen po svim površinama. Ova primjena je naročito izražena kod višesteznih i centrirajućih alata. Veliki problem je pri tome odrediti tekućinu koja će moći prenijeti tlak. Biraju se tekućine poput ulja, glicerina i slično. Kada se postavljaju uvjeti u kojima tekućina ne smije dopirati kroz zazor obrađenih dijelova te ravnomjerno i bez gubitaka prenositi tlak tada se razmatra uporaba plastičnih masa. Moraju biti otporne na temperaturne promjene i ne smiju mijenjati svojstva tijekom procesa obradbe. [6]

4.2. Osnovna pravila konstruiranja steznih alata

Problem izradbe steznog alata neophodno je promatrati s nekoliko gledišta. Konstrukcija steznog alata mora zadovoljiti osnovni uvjet – što više primijeniti standardne dijelove i elemente. Način i postupak stezanja steznim alatom uvelike ovisi o načinu i količini proizvoda te vrsti proizvodnje. Konstruktor alata, kao i kod reznih alata mora vrlo dobro poznavati uređaj (alatni stroj) i tehnologiju proizvodnje proizvoda kako bi mogao načiniti kvalitetnu konstrukciju. Stoga, pri konstrukciji steznih alata, treba pratiti preporuke za jednostavnije i lakše konstruiranje [6]:

1. Za izradbu steznog alata neophodna je uska suradnja konstrukcijskog i tehnološkog tima.

2. Prije početka konstruiranja neophodno je provjeriti broj dijelova koji će se navedenim steznim alatom stezati u obradi. Na taj način se određuje materijal i rok izradbe steznog alata.
3. Potrebno je provjeriti ima li sličnih steznih alata na skladištu, kako se ne bi dva puta radio isti alat, već samo preradio sličan. Također je potrebno provesti analizu takvih troškova prerade.
4. Kod izrade steznog alata treba rabiti što je moguće više standardnih dijelova.
5. Stezni alat mora biti određenih svojstava – čvrstoće i krutosti, a masa steznog alata ne bi trebala biti prevelika ukoliko određeni dijelovi trebaju biti prenosivi.
6. Mehanizam stezanja mora biti jednostavan i lagan, a vrijeme stezanja sirovca u stezni alat mora biti što kraće.
7. Stezni alat mora omogućiti preglednost i vidljivost korištenog reznog alata. Odvojene čestice se moraju odvajati bez zapinjanja i opasnosti za radnika. Sredstvo za hlađenje i podmazivanje mora bez zadržavanja otjecati.
8. Spojeve steznog alata ne treba opterećivati nepotrebnim velikim silama.
9. Prilikom stezanja izbjegavati primjenu alata poput čekića i odvijača.
10. Stezni alat ne smije dovoditi operatera u zabunu prilikom postavljanja obradka.

4.3. Izrada i održavanje steznih alata

Svaki radni predmet koji se proizvodi u masovnoj proizvodnji zahtijeva poseban način prihvata i stezanja. Prilikom izradbe alata prvo se izrađuje tijelo steznog alata koje nosi i povezuje sve dijelove steznog alata. Tijek izradbe tijela steznog alata uvelike ovisi o tehnologiji, odnosno je li lijevano ili zavareno, je li iz jednoga ili više komada. Potom slijedi izradba ostalih dijelova alata – elementi za lokalizaciju, elementi za stezanje kao i drugi potrebni elementi. Po izradi svih pojedinačnih dijelova steznog alata pristupa se sklapanju. Pri tome se redoslijed sklapanja mora odrediti unaprijed za svaki određeni alat jer ovisi o više čimbenika: vrsti steznog alata, složenosti steznog alata, broju dijelova itd. Ako se pojedini mehanizmi, koji su dio steznog alata, sastoje od više dijelova tada se prvo obavi sklapanje dijelova mehanizma koji se potom postavlja na stezni alat pazeći na redoslijed sklapanja. Prilikom izrade provrta, navoja i otvora poželjno ih je raditi u sklopu zbog omogućavanja kvalitetnijeg i boljeg stezanja obradka. Vijek trajanja steznog alata prije svega ovisi o tome kako je postavljen na alatnom stroju, kako se postupa sa steznim alatom tijekom njegova perioda eksploatacije i kako i na koji način se održava. Nepravilno rukovanje i

nepravilno postavljanje staznog alata na alatnom stroju vrlo brzo će rezultirati njegovim oštećenjem i kvarom. Pri tome je obavezno pratiti kako se steže obradak, bez uporabe čekića, poluga i sličnih pomagala koja će nepovratno oštetiti stezni alat. Elementi koji su izloženi trošenju, poput elemenata za lokalizaciju i stezanje obradaka, te elementi za vođenje reznih alata moraju se s vremena na vrijeme kontrolirati i premjeriti ovisno o broju odrađenih radnih sati stroja. Po potrebi se navedeni dijelovi, ovisno o istrošenju, mijenjaju. Klizne površine koje su izložene trenju potrebno je redovito podmazivati. Po obavljenom poslu stezni alat treba, jednako kao i alatni stroj, očistiti od odvojenih čestica metala, prašine te sredstva za hlađenje i podmazivanje. Nakon toga je obavezno podmazati navedene dijelove. [6]

4.4. Stezanje obradaka

Plan stezanja je dokument koji operateru na stroju prikazuje kako stegnuti pripremak za pojedine operacije obrade. U njega se ucrtava nul točka izratka (točka W), glavne izmjere pripremka (izratka), koordinatni sustav izratka, mjesta stezanja i mjesta oslanjanja pripremka, početna točka alata, položaj alata pri izmjeni izratka. Alati za stezanje i pozicioniranje osiguravaju pravilan položaj obradka u odnosu prema stroju i reznom alatu za vrijeme obradbe. Način stezanja odabire se s obzirom na geometriju obradka i traženu kvalitetu površine, vodeći računa o tome je li to zadnja operacija ili faza obradbe. Izbor načina oslanjanja i stezanja utječe na sljedeće: veličinu površina koje se mogu obraditi, točnost izradbe, veličinu dopuštenih sila rezanja, a time i na izbor režima obrade, putanju alata, a time na oblik i veličinu alata. Dvije su vrste obradaka koje je potrebno stegnuti: obradci koji su kružno simetrični i obradci koji nisu kružno simetrični. Kružno simetrični obradci stežu se u steznu glavu s tri čeljusti. Preporuka je da duljina dodirne površine između čeljusti i pripremka (obradka) bude najmanje 1-2 puta veća od njegova promjera što osigurava poklapanje osi obradka s osi vretena stroja. Pri tome duljina stezanja ne smije biti manja od 5 mm. Elementi za stezanje sprečavaju pomicanje obradka za vrijeme obrade uslijed djelovanja sila rezanja. Oni fiksiraju prethodno određen položaj obradka u napravi. Položaj sile stezanja ne smije prouzročiti deformaciju ili njihanje obradka. Smjer djelovanja sile treba biti, po mogućnosti, u smjeru obrade i nasuprot čvrstog oslonca. Obradak se ne smije odmicati od oslonca za vrijeme obrade. Sila stezanja treba biti što bliže sili rezanja da se izbjegnu deformacija i vibriranje

obradka. Kod tokarenju se pokreće obradak velikom brzinom vrtnje (brzina rezanja). Zbog navedenog treba paziti na sljedeća pravila:

- tijelo steznog alata treba biti što lakše, ali i dovoljno kruto
- stezni alat treba biti što bolje uravnotežen (balansiran) i s točnom kružnošću vrtnje (udar)
- tokarski nož postaviti s malim krakom i čvrsto stegnuti
- stezna sila mora biti dovoljna da se suprostavi centrifugalnoj sili i pri velikom broju okretaja [5]

U diplomskom radu obrađuje se izrada steznog alata (međupakni i pakni) koje bi trebale poboljšati dosadašnje stezanje prstenastih izradaka koje ima niz nepravilnosti. Prstenasti izradci koji su poprilično malih dimenzija, stezani su na NU stroju steznim alatima koji nisu konstruirani za njihove dimenzije, te se njihovo stezanje koristilo kao jedno rješenje koje nije u skladu sa radom na stroju. Za odabir steznog alata gubilo se poprilično vremena za pronalazak pakni koje bi trebale ispunjavati zahtjeve stezanja prstenastih obradaka. Međupakna koja je namjenjena prstenastim izradcima za veće dimenzije okreće se za 180º te se pakna priteže na nju. Pakna se priteže samo na jedan vijak umjesto na dva, te ako pri radu dodje do pucanja vijka, dolazi do pucanja steznog alata, alata koji vrši obradu te na kraju do kvara stroja. Sigurnost radnika na takvom stroju također je ugrožena.

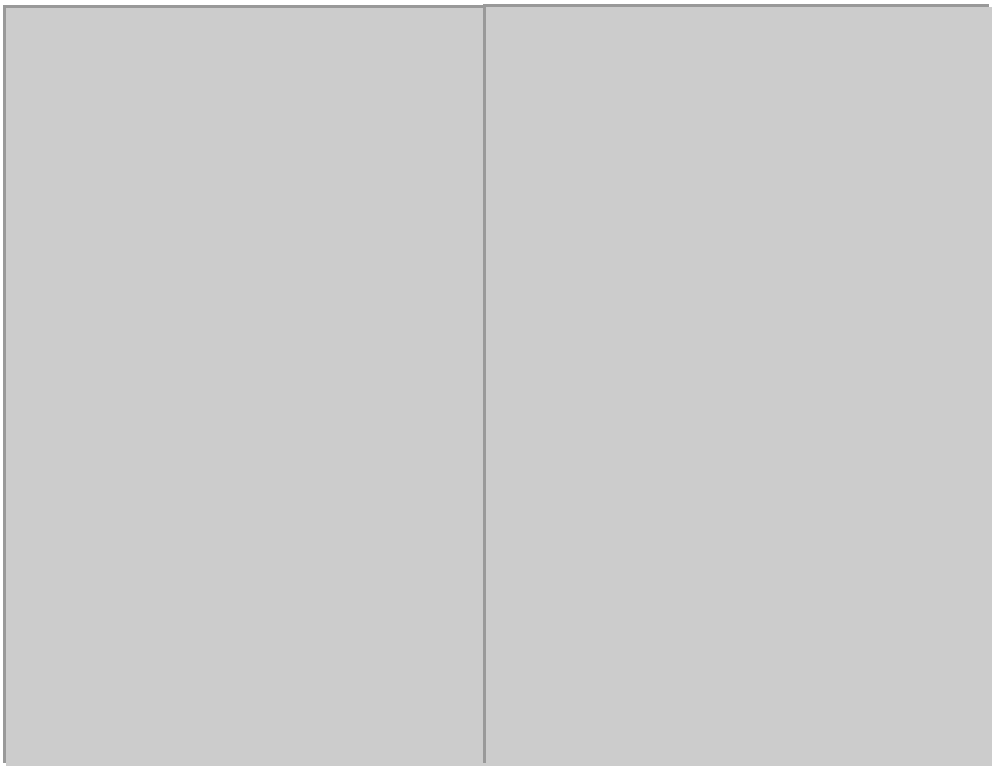
Zadatak ovog diplomskog rada je pronaći rješenje koje poboljšava standardni stezni alat kojim se vrši ovakvo stezanje te se u daljnjim poglavljima daje pregled konstruiranja poboljšanog steznog alata i izrada alata, koje poprilično smanjuje potragu za kompatibilnim steznim alatom i povećava sigurnost za radnika na alatnom stroju.

5. KONSTRUKCIJA STEZNOG ALATA ZA PRSTENASTE IZRADKE

Prvi korak pri izradi steznog alata (dalje međupakne i pakne), je konstruiranje nacrta koji se izrađuje u programu AutoCAD. Pri konstruiranju glavni problem je raspon navojnih provrta za vijke kamena i međupakni kojima se stežu za amerikaner. Standardna međupakna ima provrte za vijke kojima se steže na amerikaner iznad svornjaka što onemogućava stezanje obradaka. Prikazana je na slici 19.

Slika 19. Prikaz nacrta standardne međupakne (lijevo) i međupakne s prednje strane (desno)

Ukoliko je pakna tim načinom stezana na međupaknu nastaje problem nespuštanja pakne ispod krajnje pozicije kamena na amerikaneru. Prilikom konstruiranja međupakni, ideja je da se kamen razreže, čime se dobivaju pozicije navojnih provrta za stezne vijke koje odstupaju od dosadašnjeg načina konstruiranja alata. Prikaz kamena, te njegova krajnja pozicija na amerikaneru prikazana je na slici 20.



Slika 20. Kamen i njegova krajnja pozicija u amerikaneru

Problem nemogućnosti stezanja obradka prikazan je na slici 21.

Slika 21. Prikaz stezanja obradka na amerikaneru

Obzirom na taj problem, jedno od rješenja je rotiranje međupakne i stezanje jednim vijkom na amerikaner, što je prividno rješenje gledano od strane sigurnosti. Ukoliko tijekom obrade dođe do pucanja jednog od vijaka, moguća su trajna oštećenja stroja kao i alata za obradu, što bi unazadilo proizvodni proces. Takvim načinom stezanja

ugrožava se i sigurnost radnika na radnom mjestu. Ujedno se javlja problem stezanja pakne jer se njenim stezanjem na međupaknu gubi sloboda gibanja, tj. pakna postaje kruta jer nema ulaska elastične opruge iz međupakne u paknu, kojom se dobiva samostalno nasjedanje pakne na obradak, obzirom da obradak i pakna ne mogu biti savršeno zaobljeni. Pritom se javljaju i problemi kvalitete izrade obradaka te se mogu dogoditi deformacije na obradku. Za konstrukcijsko idejno rješenje se uzima pozicioniranje svornjaka između vijaka. Glavni problem koji se javlja je premala dužina utora u amerikaneru. Gornja pozicija vijka ne smije izlaziti iz amerikanera, zbog toga se uzimaju maksimalno smanjeni razmaci između donjeg vijka i svornjaka, a tako i gornjeg vijeka i svornjaka.

Projektiranje se odvija prema sljedećem rasporedu:

[redacted]

Amerikaner i međupakna prikazani su na slici 22.

Slika 22. Prikaz pozicioniranja međupakne za početak projektiranja steznog alata

[redacted]

Nacrt za međupaknu prikazan je na slici 23.

Slika 23. Nacrt za izradu međupakne

[redacted]

[redacted]

Slika 24. Prikaz konstruiranja pakne

[redacted]

Slika 25. Nacrt za izradu pakne

[redacted]

Slika 26. Stezanje međupaki i pakni

Slika prikazuje međupaknu (crveno) i paknu (plavo) te sirovac Φ80 mm (crno). Stezanje međupakne i pakne odvija se preko svornjaka, te se oprugom onemogućuje rotacija pakne oko međupakne, i dobiva se bolje nasjedanje pakne na obradak. Slika 27 prikazuje stezanje steznog alata na amerikaner (crno).

Slika 27. Stezanje steznog alata na amerikaneru

Iz slike je vidljivo da se međupakna steže na amerikaner vijcima preko kamena koji sastoji od dva dijela u svrhu dobivanja novog raspona vijaka za stezanje. Čepovi nasjedaju na obradak u svim trima paknama, bez preklapanja, te se zaključuje da bi konstruirani alat mogao izvršavati zadaće stezanja prstenastog obradka raspona promjera od Φ70-90 mm.

6. IZRADA STEZNOG ALATA ZA PRSTENASTE IZRADKE

Stezni alat izrađivan je na alatnim strojevima poput univerzalne tokarilice, vertikalne glodalice**,** te se za izrezivanje steznog alata koristi strojna pila, a završna obrada vrši se strojnim brušenjem.

6.1. Izrada međupakni

[redacted] Potrebni rezni alati prikazani su na slici 28.

Slika 28. Alati za izradu međupakni

[redacted] Izrada provrta za svornjak prikazana je na slici 29.

Slika 29. Glodanje provrta za svornjak

[redacted] Bušenje provrta za vijke na međupakni prikazano je na slici 30.

Slika 30. Bušenje provrta na međupakni

[redacted]°, što je prikazano na slikama 31 i 32.

Slika 31. Izrada stepenice za ozubljenje međupakne

Slika 32. Izrada obaranje bridova

[redacted]

Slika 33. Izrada ozubljenja međupakne

Nakon ozubljenja međupakne su podvrgnute toplinskoj obradi, procesu poboljšavanja, čime se povećavaju vrijednosti čvrstoće, tvrdoće i žilavosti. Tražena vrijednost tvrdoće iznosi 35 Rockwella. Slika 34. prikazuje međupakne nakon poboljšavanja.

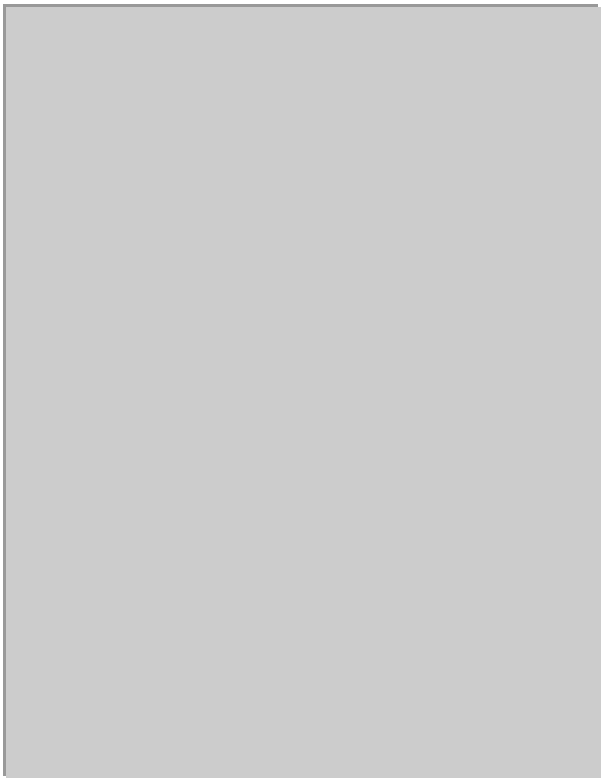
Slika 34. Međupakne nakon poboljšavanja

Završna obrada brušenja provodi se u svrhu dobijanja jednakih dodirnih površina pri stezanju pakni i međupakni. Ravno obodno brušenje, tri međupakni istovremeno, prikazano je na slici 35.

Slika 35. Brušenje međupakni

6.2. Izrada pakni

Kod izrade pakni prvo se odreže komad iz sirovca dugog 800mm promjera Φ250 mm, na debljinu za izradu pakni 30 mm Φ250 mm. Na sljedećim slikama 36. i 37. prikazani su sirovac iz kojeg se izrazivao komad u obliku diska, a koji se kasnije obrađuje na univerzalnoj tokarilici.



Slika 36. Sirovac za pakne

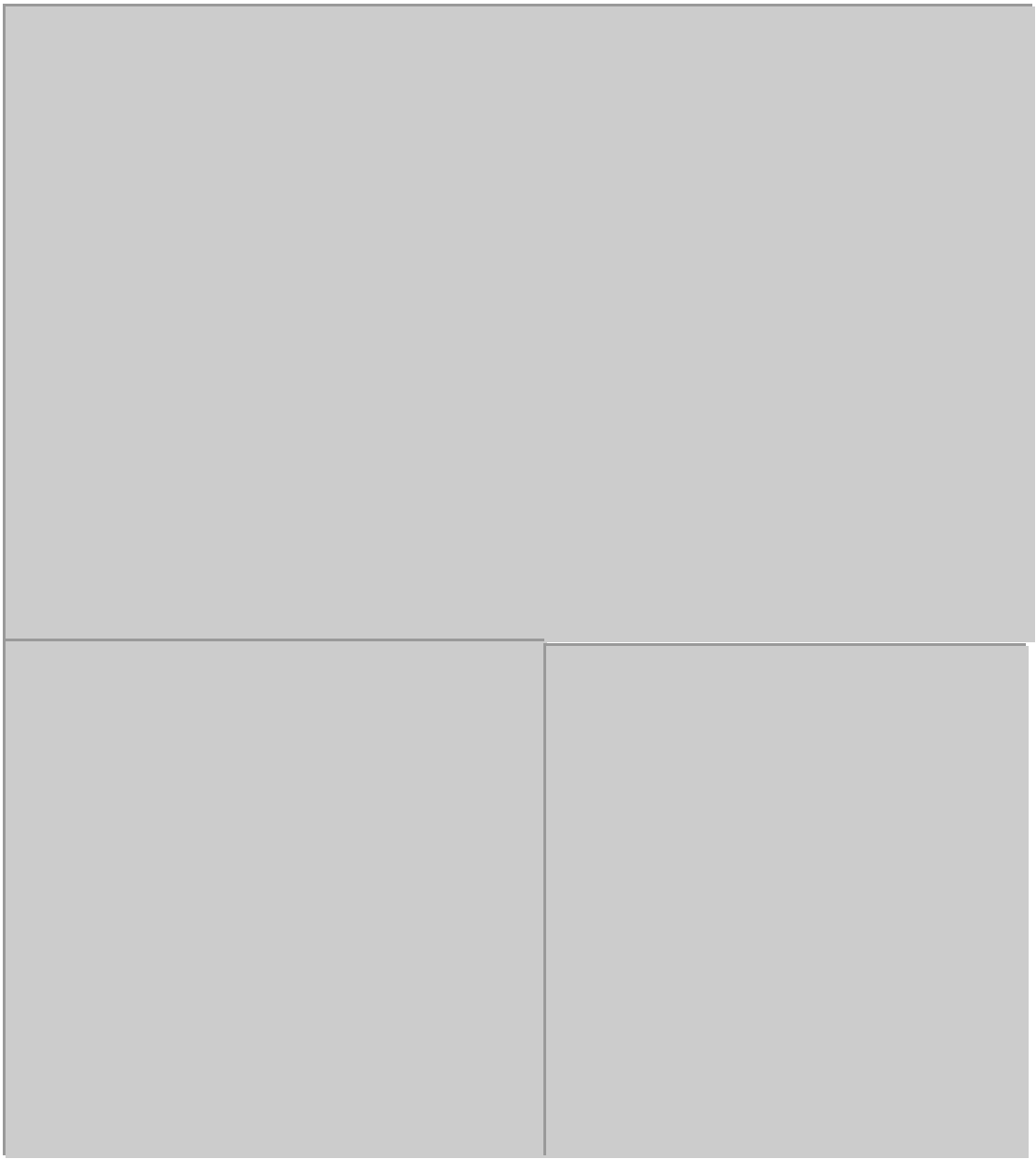
Slika 37. Izrezani disk za obradu

[redacted] Alati su prikazani na slici 38.

Slika 38. Alati za obradu pakni na tokarilici

Tokarenje se odvija prema sljedećem rasporedu:

1. Nožem za uzdužno tokarenje zaravnava se prednja strana obradka u obliku diska. Zaravnavanje obradka prikazano je na slici 39.



Slika 39. Zaravnavanje obradka

2. Nakon zaravnavanja se u središtu obradka izbuši provrt svrdlom Φ40 mm, kao priprema za unutarnje tokarenja. Operacija bušenja je prikazana na slici 40.

Slika 40. Bušenje provrta za unutarnje tokarenje

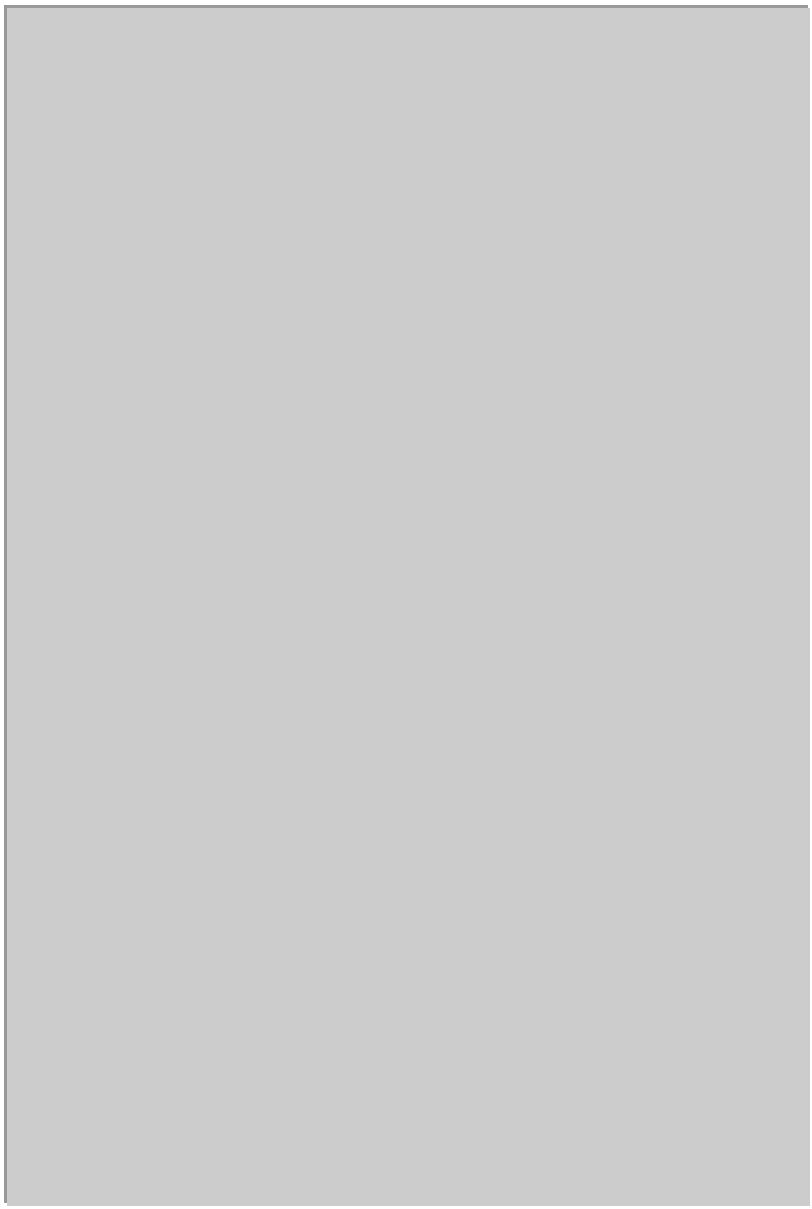
3. Nakon izrade provrta nožem za vanjsko tokarenje se uzdužno potokari obradak na zadani ukupni vanjski promjer pakni [redacted] Izrada tokarenja na ukupni promjer pakne prikazana je na slici 41.

Slika 41. Uzdužno tokarenje vanjskog promjera pakni

4. Nakon tokarenja vanjskog promjera, tokari se unutarnjim nožem provrt promjera [redacted] Tokarenje provrta prikazano je na slici 42.

Slika 42. Tokarenje provrta Φ62 mm

5. Unutarnjim nožem potokari se provrt promjera [redacted], kako je prikazano na slici 43.

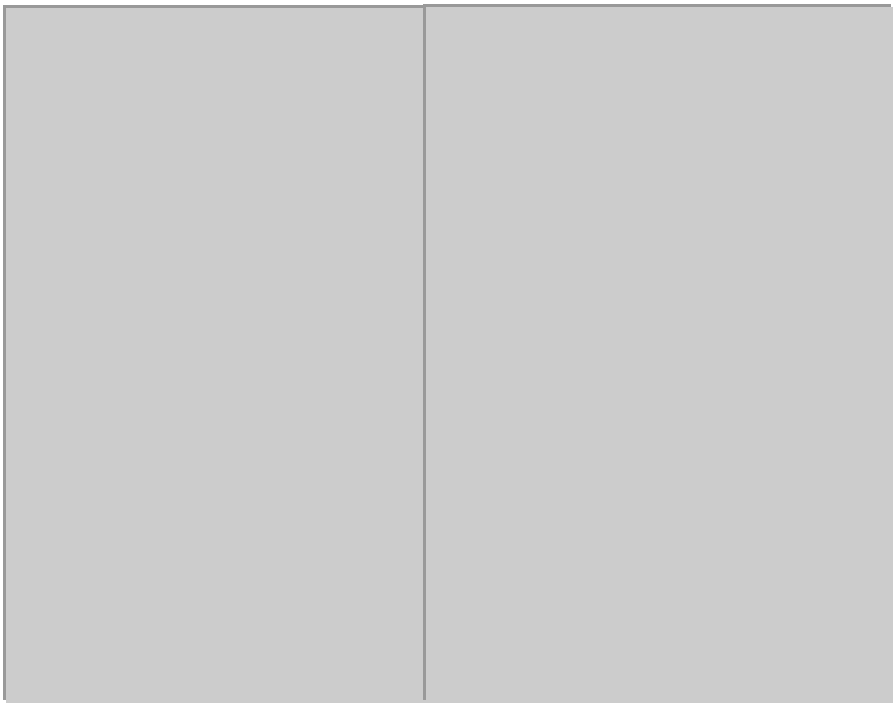


Slika 43. Tokarenje provrta promjera Φ82 mm i dubine 14mm

6. Unutarnjim nožem, slika 44, potokari se utor koji će služiti za bolje stezanje otkivka u steznom alatu. Bez utora postoji mogućnost da stezni alat loše stegne otkivak, jer na otkivcima postoje izbočine zbog kojih se otkivak loše namješta prilikom stezanja paknama. Loše stezanje će rezultirati netočnom i nepreciznom obradom tj. lošim izradkom.

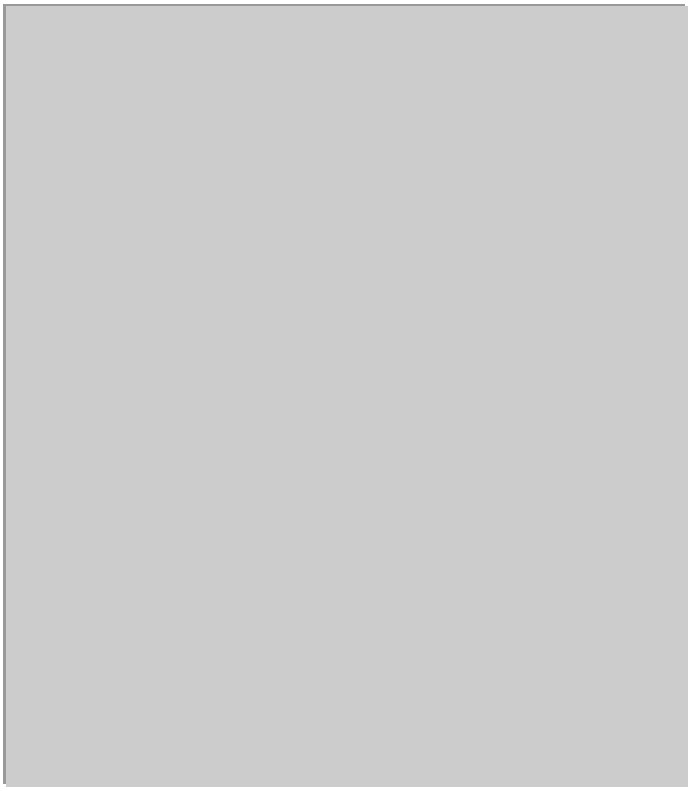
Slika 44. Tokarenje utora

7. Nakon tih operacija komad se okreće i ponovo steže, te se vrši operacija zaravnavanja nožem za uzdužno tokarenje na zadanu debljinu [redacted]. Tokaranje pakni na završnu debljinu prikazano je na slici 45.



Slika 45. Okretanje obradka (lijevo) i tokaranje pakni na završnu debljinu (desno)

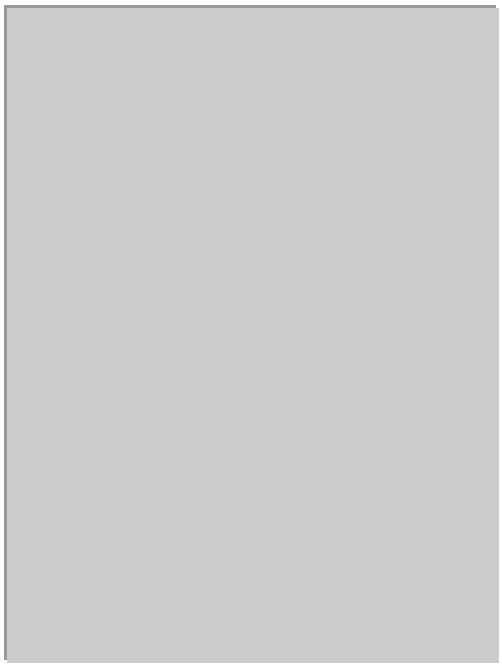
8. Zadnjom operacijom tokarenja na tokarilici, nožem za vanjsko tokarenje skida se ostatak brida pakne. Skidanje brida prikazano je na slici 46.



Slika 46. Skidanje brida

Sljedeća faza izrade je izrada provrta za svornjak na paknama. Na amerikaner s četiri stezne čeljusti (pakne) se steže obradak te se po jednom provrtu centrira za operacije bušenja i glodanja. Izrada se vrši po sljedećem redoslijedu:

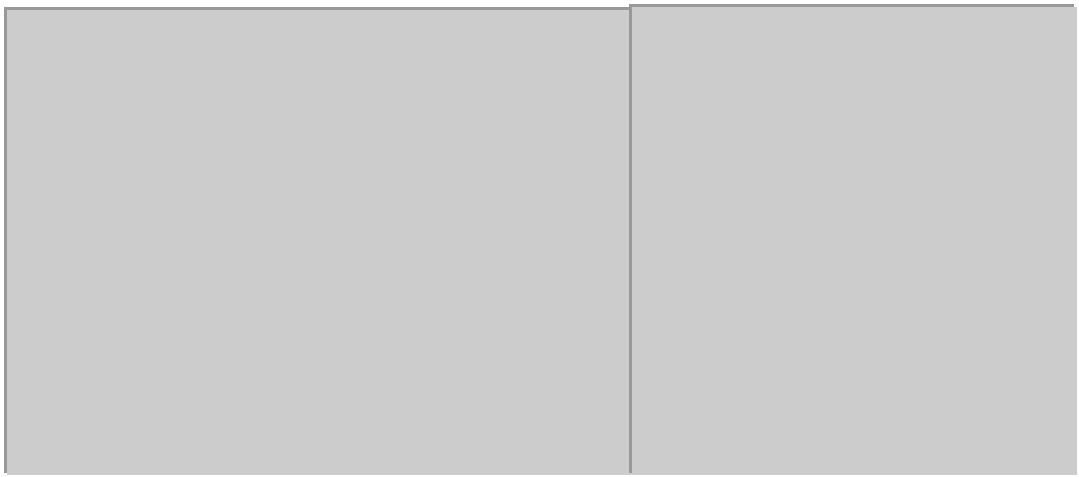
1. Početna izrada za čep kojim se stežu pakna i međupakna, izvršava se [redacted] Izrada [redacted] prikazana je na slici 47.



Slika 47. Izrada razvrtalom

2. Potom slijedi glodanje provrta za čep [redacted] kojima se stežu pakna i međupakna. Na sljedećim slikama je prikazan čep, provrt za čep te glodalo.

Slika 48. Čep za stezanje međupakne i pakne



Slika 49. Izrada glodalom Φ35 mm

3. Komad se okreće na drugu stranu i izrađuje se konusni utor za oprugu kojom pakna dobiva slobodu gibanja stezanjem na međupaknu, a koja je bitna prilikom samog namještanja pakne na obradak. Izrada se izvršavala [redacted]. Slika 50. prikazuje upuštalo i obradu provrta upuštanjem.

Slika 50. Obrada provrta upuštalom

Sljedećim operacijama izrađuju se provrti za vijke na koje dolaze čepovi, slika 48, pomoću kojih se steže obradak. Alati za izradu provrta su [redacted] prikazani na slici 51.

Slika 51. Svrdla za izradu provrta za vijke

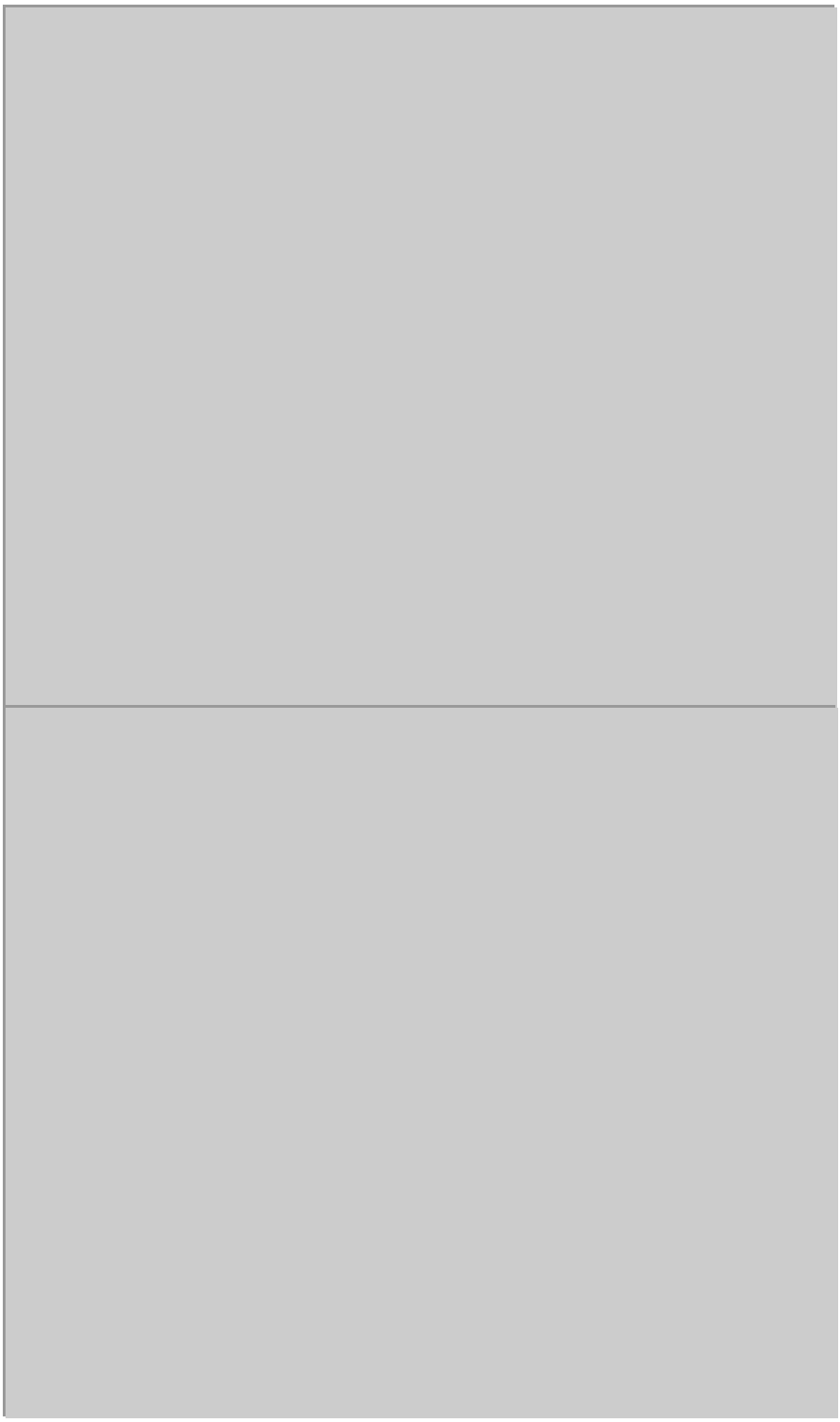
Amerikanerom se unutarnjim stezanjem priteže komad za obradu, te se pomoću opružnog stezanja dodatno učvršćuje kako ne bi došlo do pomicanja komada tijekom obrade. Obradak se centrira, slika 52, te se diobenom glavom određuju potrebni stupnjevi za obradu.

Slika 52. Stegnuti obradak na diobenoj glavi

Obradak se diobenom glavom zakreće za [redacted] na udaljenosti od početka obradka [redacted]. Daljnja zabušivanja se vrše na način da se stegnuta pakna (obradak) diobenom glavom zakreće za 60°, kako je prikazano na slici 53.

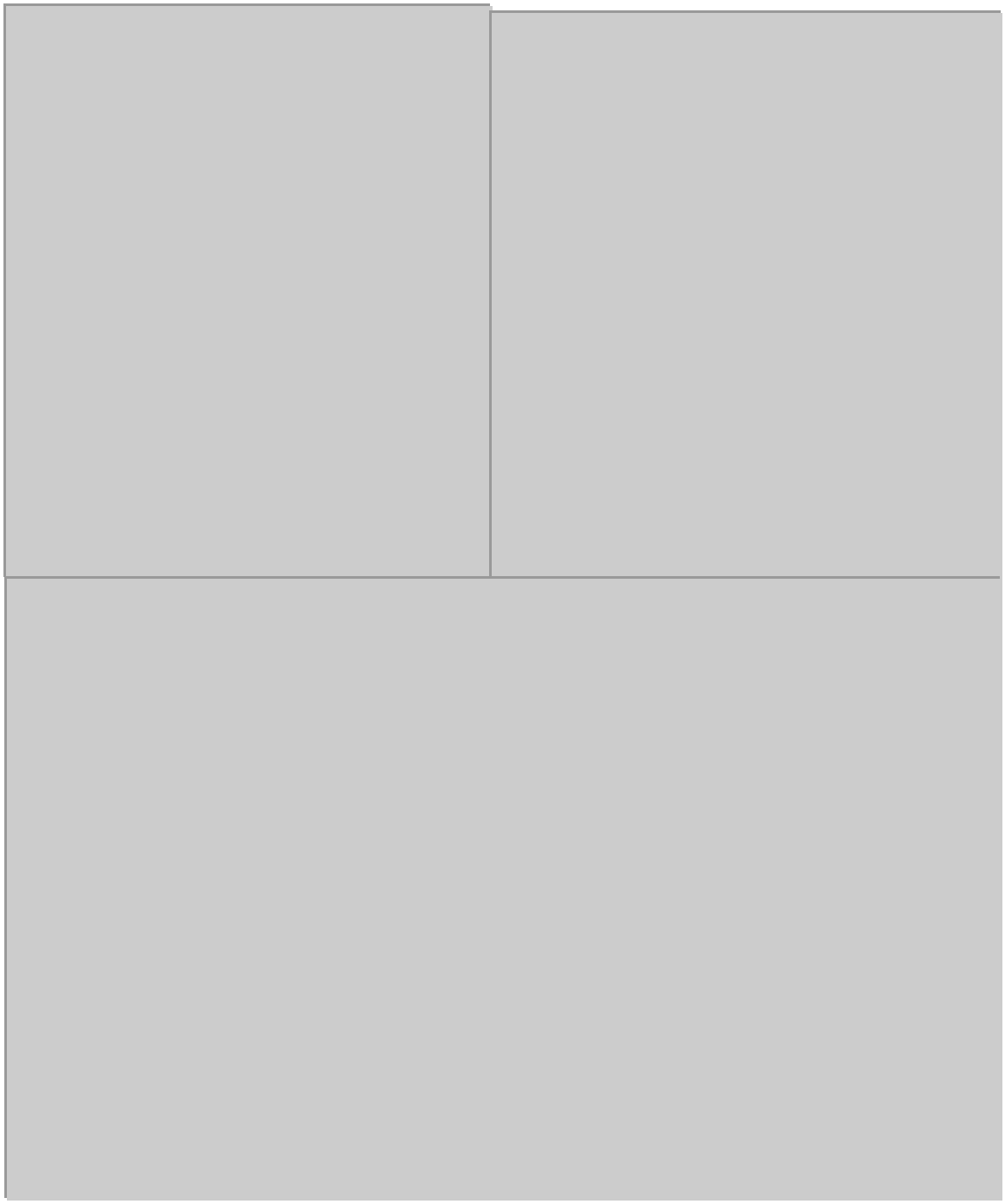
Slika 53. Prikaz zakretanja pakne na diobenoj glavi

Na slici 54. je prikazano zabušivanja provrta za vijke svrdlom [redacted].



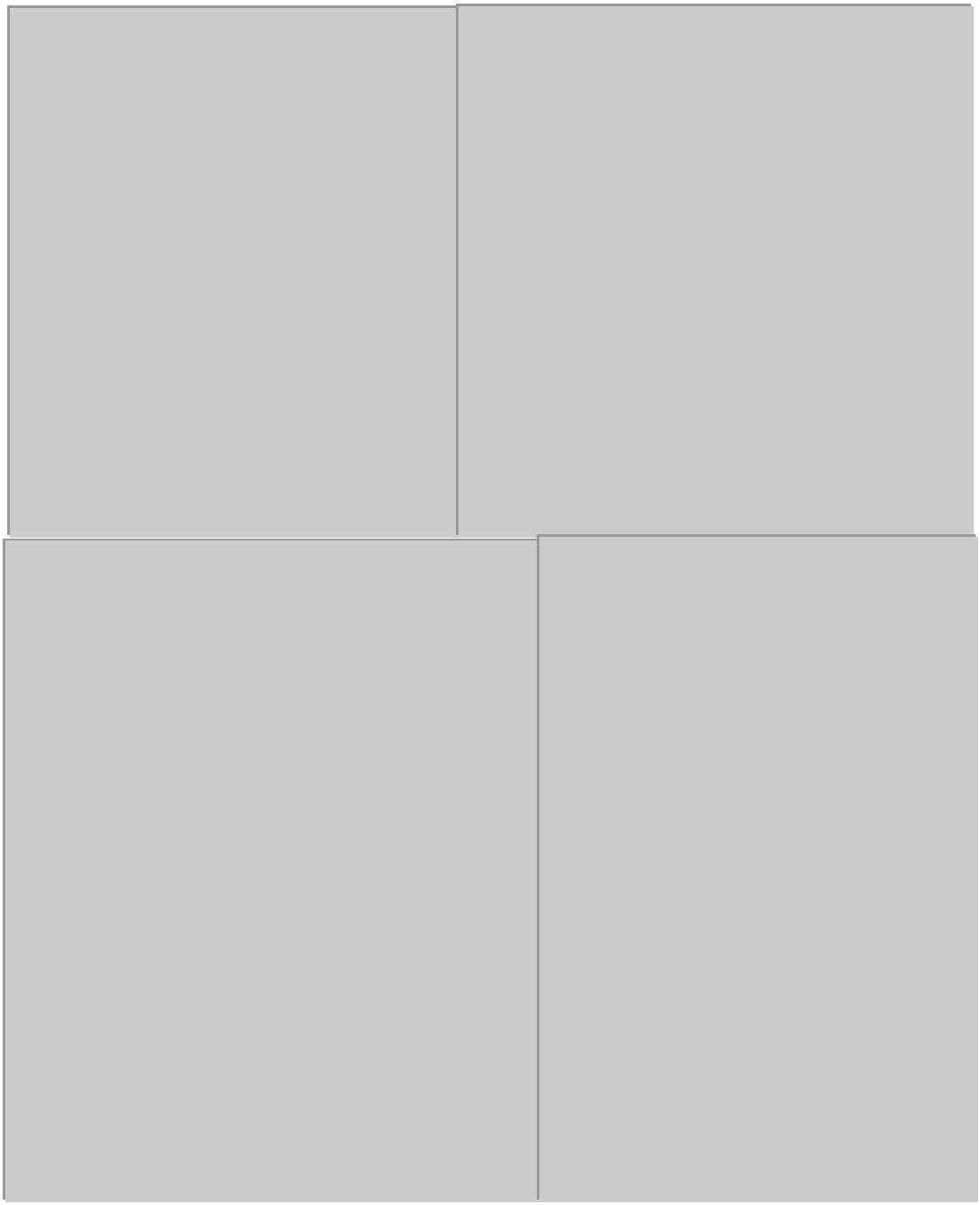
Slika 54. Zabušivanje provrta za vijke

Svrdlom [redacted] buši se provrt kroz cijeli obradak. Svrdlom [redacted] buši se provrt za glavu vijka, dubine 34 mm, kako je prikazano na slici 55.



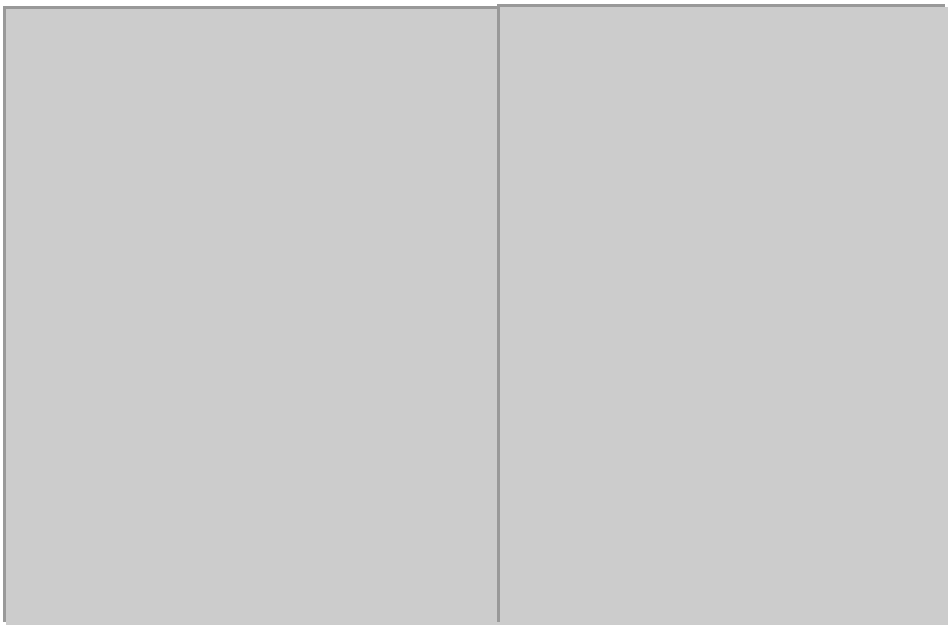
Slika 55. Izrada provrta za glavu vijka

Nakon izrade provrta za vijke vrši se piljenje obrađenog dijela u obliku diska, na četiri jednaka komada-pakne, kako je prikazano na slici 56.



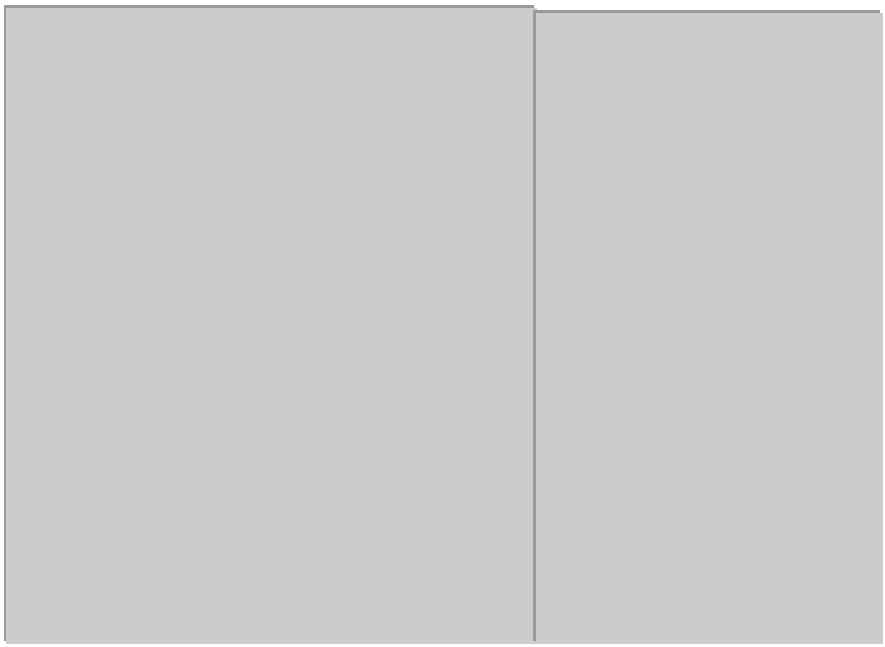
Slika 56. Piljenje diska-pakni

Nakon rezanja komada završna operacija je izrada provrta za čepove koji ulaze u donji dio pakne kojima se steže obradak. Alat koji se koristi za tu izradu su: [redacted]. Glodalom se dobiva oslobođenje na bočnoj strani pakne te se time omogućuje lakša obrada svrdlom. Ove su operacije prikazane na slici 57.



Slika 57. Izrada oslobođenja za svrdlo

Izrada provrta za čepove kojima se steže obradak odvija se [redacted] a dubina bušenja je [redacted]. Izrada je prikazana na slici 58.



Slika 58. Izrada provrta za čepove

Alat se dalje podvrgava toplinskoj obradi kaljenja u svrhu dobivanja potrebne tvrdoće. Nakon kaljenja alat se mora obraditi završnim postupkom brušenja, u svrhu dobivanja paralelnosti i bolje kvalitete površine, odnosno što boljeg prislanjanja dodirnih površina međupakni i pakni. Na slici 59. prikazano je ravno obodno brušenje površine pakne.

Slika 59. Brušenje pakne

Obradom brušenja završena je izrada pakni. Čepovi koji se ugrađuju u pakne, posljednji su dio steznog alata za stezanje prstenastih izradaka. Izrađuju se pomoću [redacted] Predhodno istokareni čepovi se postavljaju u posebnu napravu za stezanje i glodaju se zubi na dodirnoj površini čepa, kako je prikazano na slici 60.

Slika 60. Izrada čepova

Nakon prve operacije profilnog glodanja, čepovi se u napravi zakreću za 90° i vrši se druga operacija profilnog glodanja, u svrhu dobivanja drugih zubi na čepovima kojima se steže obradak. Izrada zubi prikazana je na slici 61.

Slika 61. Izrada zubi na čepovima

Nakon glodanja čepovi se podvrgavaju toplinskoj obradi kaljenja. Izgled dodirne površine čepa poslije toplinske obrade i prije toplinske obrade kaljenja prikazan je na slici 62.

Slika 62. Dodirna površina čepa poslije kaljenja (lijevo) i prije kaljenja (desno)

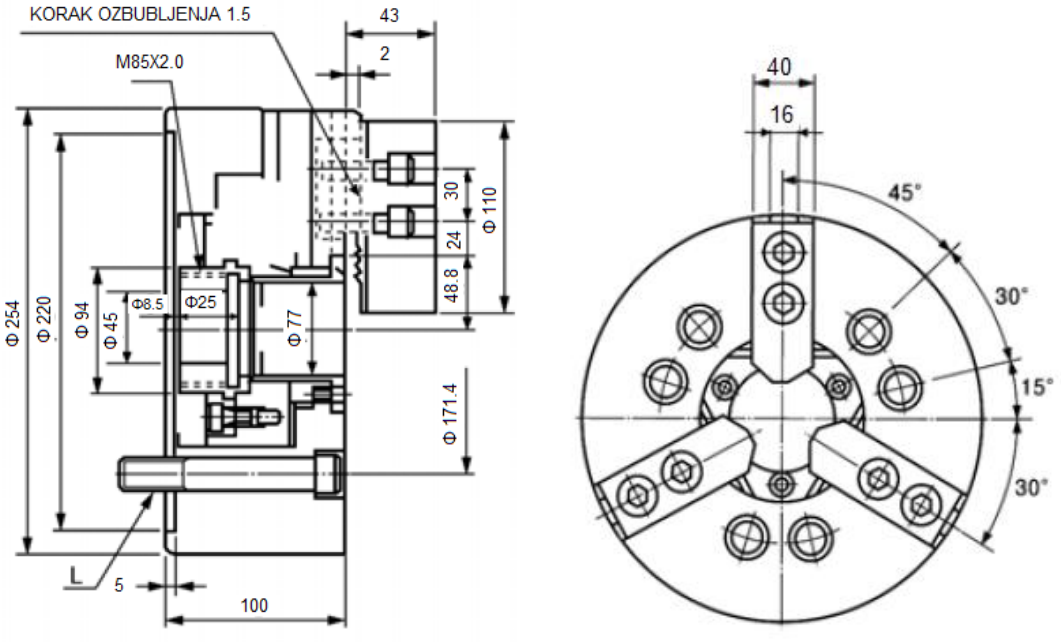
Izradom čepova za pakne završena je izrada steznog alata za stezanje prstenastih izradaka. Prilikom izrade alata nije uočena niti jedna greška ili odstupanje od idejnog nacrta. Slijedi ispitivanje steznog alata na NU tokarilici. Na slikama 63. i 64. je prikazan kompletan stezni alat i njegovim pregledom zaključuje se da je stezni alat ispravan i siguran za ispitivanje na NU tokarilici.

Slika 63. Alat prije ispitivanja na NU stroju

Slika 64. Prikaz alata prije ispitivanja na NU stroju

7. ISPITIVANJE MEĐUPAKNI I PAKNI

Ispitivanje konstruiranog i izrađenog novog alata za stezanje prstenastih izradaka je provedeno na NU tokarilici i amerikaneru proizvođača SAMCHULLY promjera Φ250 HS-10. Amerikaner je prikazan na slici 65.



Slika 65. Prikaz amerikanera za ispitivanje [7]

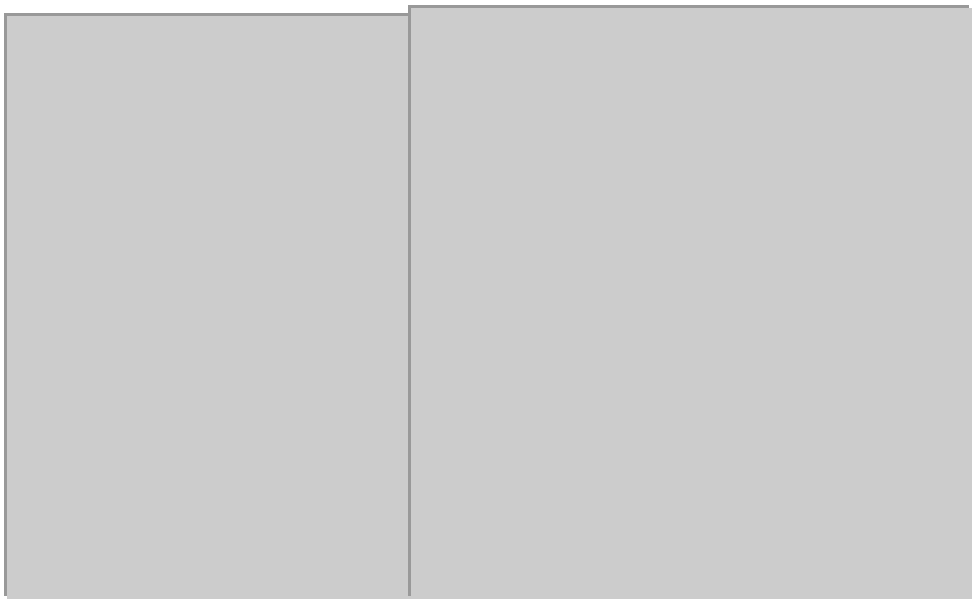
Neke od značajki amerikanera su velike sile pritezanja i visoke brzine okretaja. Proizvedeni su od visokokvalitetnog legiranog čelika, sve su dodirne površine toplinski obrađene u svrhu što veće tvrdoće koje su osnova točnosti i ponovljivosti pri obradi.

Specifikacije amerikanera za ispitivanje međupakni i pakni:

- dopuštena ulazna sila 43 KN
- maksimalna sila stezanja 111KN
- maksimalno 4200 okr/min
- maksimalni hidraulički pritisak 2.7 MPa
- hod klipa 19 mm
- masa 34.5 kg

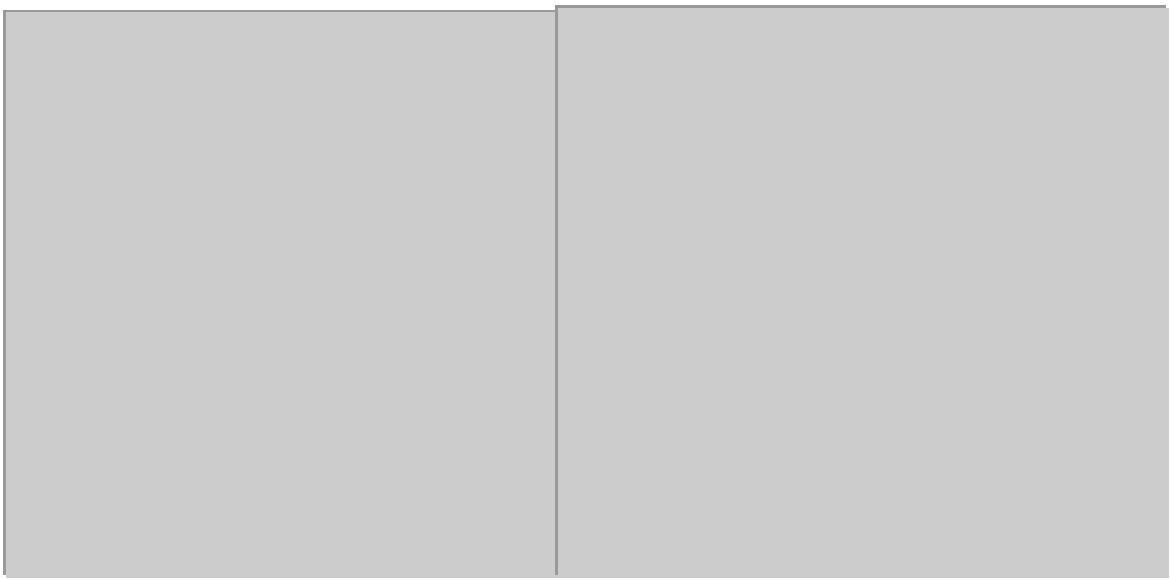
Ispitivanje steznog alata se provodi prema sljedećem rasporedu:

1. Na amerikaner se pritegnu međupakne s razdvojenim kamenom.



Slika 66. Pritezanje međupakni na amerikaner za ispitivanje

2. Na međupakne se pritežu pakne koje pritežu prstenasti obradak te se provjerava postoje li odstupanja u kružnosti prilikom okretanja obradka, prikazano na slici 67.

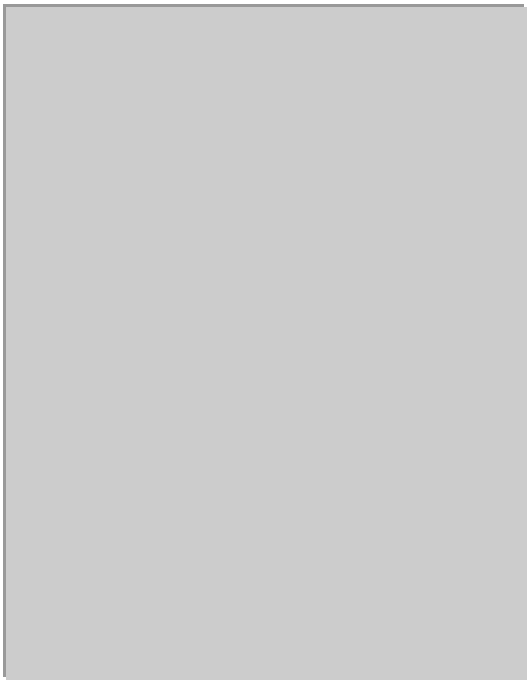


Slika 67. Pritezanje pakni na amerikaner i stezanje obradka-prstena

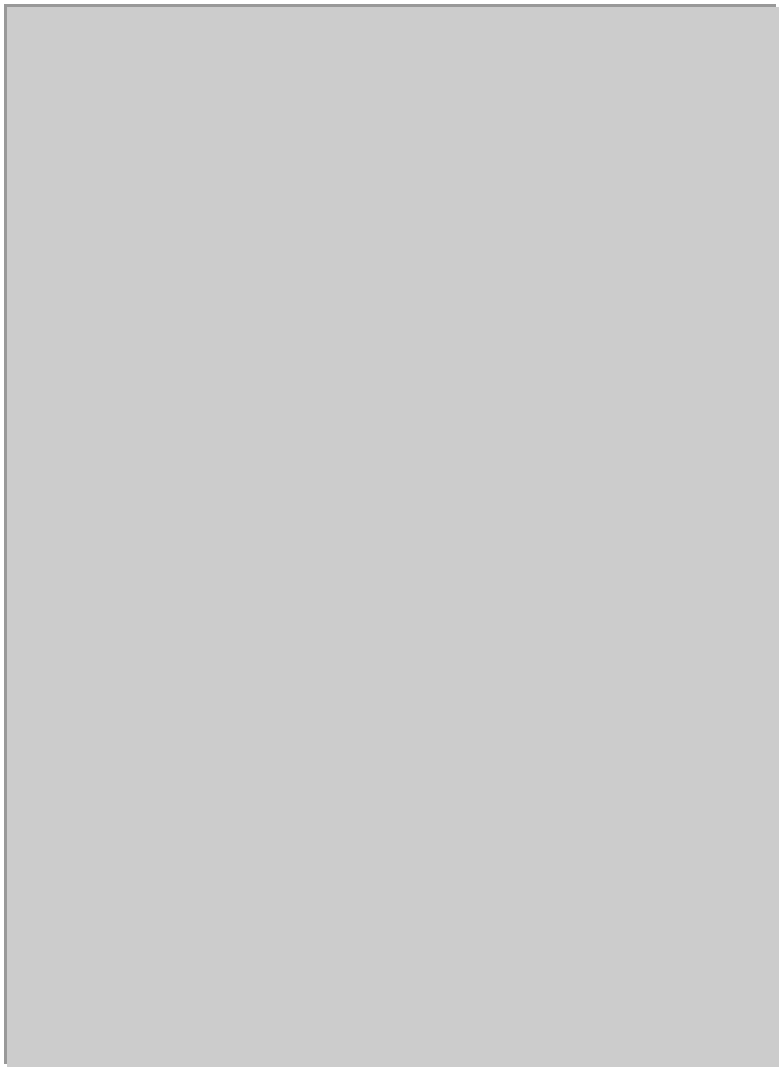
3. Ukoliko je potrebno rade se male korekcije pritezanja, u suprotnom stezni alat se pušta u obradu prstenastog izradka, prikazano na slici 68.

Slika 68. Obrada prstena

4. Nakon završetka obrade obradak-prsten se postavlja na mjerne instrumente te se provjeravaju dimenzije obrađenog dijela, kako je prikazano na slikama 69. i 70.



Slika 69. Prsten nakon obrade



Slika 70. Provjera dimenzija prstena

5. Nakon provjere, ukoliko nema odstupanja od zadanih dimenzija, te ako su dimenzije obradaka u zadanim tolerancijama, zaključuje se da stezni alat ispunjava zadaću stezanja i može se koristiti za stezanje prstenastih izradaka u serijskoj proizvodnji.

8. ZAKLJUČAK

U diplomskom radu se konstruira, opisuje izrada i ispitivanje novog steznog alat, koji služi za vanjsko stezanje prstenastih obradaka na amerikaneru. Upoznavanjem nedostataka standardnog steznog alata, došlo se do idejnog rješenje za konstruiranje novog, te je nakon izrade ispitana njegova ispravnost na samom alatnom stroju, pri obradi za zadani promjer prstena. Prilikom izrade alata upoznavala se tehnologija obrade odvajanjem čestica poput rezanja komada na tračnoj pili, tokarenja na univerzalnoj tokarilici, glodanja na vertikalnoj glodalici te bušenja i strojnog brušenja. Sam stezni alat se sastoji od dva glavna dijela: međupakni i pakni. U radu je opisana izrada međupakni, pakni i čepova za pakne. Stezni alat se u svrhu poboljšanja mehaničkih svojstava podvrgava toplinskim obradama kaljenja i poboljšavanja. Pri samom konstruiranju alata promjene se odnose na dosadašnje standardne alate te na stezanje samog alata na amerikaner. Promjenom visine međupakne i promijenjenim rasporedom navojnih provrta za stezne vijke na međupakni, omogućeno je stezanje obaju vijaka na amerikaner. Tim novim konstrukcijskim rješenjem dobiveno je prije svega sigurnije stezanje prstenastih obradaka, smanjena je mogućnost pucanja priteznih vijaka što bi moglo dovesti do oštećenja reznih alata, ostalih dijelova stroja i samog operatera. Starom konstrukcijom i načinom stezanja ulazak opruge iz međupakne u paknu je bio onemogućen. Novom konstrukcijom opruga omogućuje krajnje samonamještanje pakne na obradak. Time se osigurava sigurno stezanje i dobro prijanjanje čepova na obradak te se umanjuje mogućnost pojave deformiranih izradaka. Samom činjenicom da stezni alat omogućuje bolje stezanje i kvalitetniju obradu, te smanjenjem zastoja zbog kvara nekog dijela na stroju, povećava se proizvodnost sustava. Izradom novog alata također je ubrzan i proces odabira steznog alata, jer se prilikom stezanja starim načinom, treba pogoditi odgovarajuća kombinacija steznih alata za stezanje određenog obradka. Smanjenjem vremena odabira steznog alata također se povećava proizvodnost. Ispitivanjem na NU alatnom stroju dokazalo se da su idejno rješenje i nova konstrukcija steznog alata ispravni. Pokretanjem stegnutog obradka i vizualnim pregledom nije otkriveno odstupanje prilikom rotacije. Obrada se odvijala bez poteškoća. Pregledom dimenzija gotovog prstenastog izradka nakon obrade, s preciznim mjernim instrumentima, zaključuje se da stezni alat zadovoljavajuće odrađuje zahtjeve stezanja.

9. LITERATURA

[1] Blažević, Z.: Programiranje CNC tokarilice i glodalice, Virovitica, 2004.

[2] Bošnjaković, M.: Numerički upravljani alatni strojevi, Školska knjiga, Zagreb, 2009.

[3] Slade, I.: Skripta- Obrada materijala 1

[4] Slade, I.: Skripta- Obrada materijala 2

[5] http://www.ss-industrijska-strojarska-zg.skole.hr/upload/ss-industrijska-strojarska-zg/multistatic/78/11.%20Naprave.pdf

[6] Alati i naprave:Predavanja-zadaci-vježbe,Tehnička škola Ruđera Boškovića

[7] http://www.samchully.com/_data/kor/pdf/HS.pdf (1.7.2015)

[8] Ciglar, D.: Alati i naprave - Predavanja, Zagreb, 2014.

[9] https://www.hoffmann-group.com/HR/hr/rotometal/Stezni-alat/Tokarska-glava/Tro%C4%8Deljusna-stezna-glava%2C-upu%C5%A1teni-prihvat-Lijevano-%C5%BEeljezo-74-mm/p/310100 (2.7.2015)

[10] Margić, S. Stezne naprave, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1968.

[11]http://diy.haascnc.com/sites/default/files/Locked/Manuals/Operator/2014/Lathe/Translated/Lathe_Operators_Manual_96-HR8900_Rev_A_Croatian_January_2014.pdf (2.7.2015.)

[12]http://www.scribd.com/doc/262252149/7-izbor-Steznih-Naprava#scribd (2.7.2015.)

[13] http://www.vizijadanas.com/strugarska_obrada.html (2.7.2015.)

[14]https://www.hainbuch.com/de/startseite/produkte/spannfutter/backenfutter-b-top.html (2.7.2015.)

[15] http://www.emco.co.uk/product/conceptmill55 (2.7.2015.)