

**REDIZAJN BRUSILICE ZA SPOLJAŠNJE KRUŽNO BRUŠENJE**  
**REDESIGN OF THE EXTERNAL CYLINDRICAL GRINDING MACHINE**Uroš Rodić, Marin Gostimirović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazan redizajn vreteništa tocila sa kliznim uležištenjem, usvojeno rešenje i verifikacija izvedenog rešenja zajedno sa rezultatima ispitivanja. Predstavljen je problem određene brusilice u eksploataciji i predlog rešavanja tog problema izmenom dizajna.

**Ključne reči:** *Industrijski dizajn, Brusilica, Vretenište tocila, Klizni ležaj*

**Abstract** – *This paper presents redesign of wheel head with plain bearings, adopted solution, and it's verification together with the results of the test. The problem of a certain grinding machine in the exploitation is presented and the solution for this problem by design change.*

**Key words:** *Industrial design, Grinding machine, Wheel head, Plain bearing*

**1. UVOD**

U savremenom društvu se razvoj i unapređenje proizvodnih struktura postavlja kao imperativ, posebno industrijske proizvodnje koja ima najveći potencijal da stvori uslove za stabilan razvoj društva i poboljšanje životnog standarda građana. U tom kontekstu, do posebnog izražaja dolaze sposobnosti inženjera da svakodnevno unapređuju postojeća tehnička i tehnološka rešenja proizvoda, sredstava rada i postupaka obrade, tj. da omoguće njihovu efikasnu primenu u različitim oblastima društvenog života.

U ovom radu će biti reči o dizajnu u proizvodnji alatnih mašina i implementaciji novih rešenja u već postojeće konstrukcije. Konkretno se radi o industrijskom redizajnu postojeće brusilice za spoljašnje kružno brušenje koja mora da ispuni posebno postavljene zahteve određenog korisnika.

U modernim i moćnim mašinama alatkama sve više se povećava značaj uležištenja vratila. Rešenja za ove zadatke nude valjkasti i kuglični, kao i klizni ležajevi. U posljednjih nekoliko godina, sve su veći zahtevi za dug životni vek mašine alatke, kao i za dobre performanse u izradi površina, tačnost oblika i tolerancije izrade delova. Potražnja je naročito za implementacijom hidrodinamičkih segmentalizovanih kliznih elemenata. Ovakvi ležajevi obezbeđuju visoke performanse što se krutosti tiče, obezbeđuju visoke brzine obrtanja, centričnost komada, otporni su na udare, a pokazuju visoku izdržljivost i dugotrajnost.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marin Gostimirović, red. prof.**

Rad prikazuje više idejnih rešenja vreteništa tocila, odabir, realizacija i testiranje najkompetentnije izvedbe, korišćenje uočenih nedostataka, kao i formiranje tehnički korektnog rešenja sa verifikacijom istog.

U analizi sprovedene tehnologije izrade redizajniranog vreteništa tocila sa kliznim uležištenjem, akcenat je bio na praktičnom pristupu projektovanja, izrade i montaže navedenog proizvoda u postojećim proizvodnim uslovima.

Proces verifikacije i kontrole realizovane mašine alatke, sproveden je na mernoj mašini „Taylorond 31c“ sa prikazanim konkretnim rezultatima za različite režime obrade.

Dakle, akcenat celog rada je na pronalaženju adekvatnog rešenja vreteništa tocila brusilice za spoljašnje kružno brušenje po nalogu konkretnog kupca, a da finalni proizvod sadrži zahtevani kvalitet u funkcionalnost, uz neophodnu ekonomsku isplativost.

**2. INDUSTRIJSKI DIZAJN**

Dizajn se definiše kao intelektualni, tehnički i kreativni proces koncipiranja i oblikovanja predmeta, prostora, usluga i vizuelnih komunikacija [1]. Može se shvatiti kao proces koji zahvata sve faze kroz koje proizvod prolazi u procesu razvoja – od zamisli do konačnog plasmana na tržište. On obuhvata dosta različitih disciplina, gde svaka od njih ima vlastitu specijalizovanu svrhu, pripremu i praksu. Dizajn proizvoda je multidisciplinarni proces koji uglavnom uključuje tržište i tehnološka istraživanja, koncept proizvoda, prototip, konačni razvoj proizvoda i testiranje, kao i post proizvodno prilagođavanje.

Dobar dizajn proizvoda je u funkciji uspešnog poslovanja preduzeća. Postoje tri bitna područja u kojima odlučivanje o dizajnu ima izuzetno značenje:

- identitet preduzeća,
- dizajn proizvoda i
- identitet marke.

**Identitet preduzeća** predstavlja sliku preduzeća kroz arhitekturu, unutrašnje uređenje, proizvode, logotipe, slogane i ekonomsku propagandu.

**Dizajn proizvoda** odnosi se na izbor kombinacije funkcionalnih, strukturnih i estetskih obeležja. Funkcionalna obeležja su povezana sa koristi koja se očekuje od proizvoda. Na primer, kišobran treba da pruži zaštitu od kiše. Strukturna obeležja se odnose na mogućnost ispunjavanja funkcionalnih obeležja proizvoda i uključuju odluke o veličini, obliku, materijalu. Na primer, kišobran može biti veličine koja omogućava njegovo nošenje u torbi i može biti izrađen od prozirnog materijala kroz koji

se može gledati. Estetska se obeležja odabiraju i kombinuju tako da daju osećajnu privlačnost proizvodu.

**Identitet marke** uključuje imena, reči, znakove, simbole i/ili oblike koji se koriste u cilju razlikovanja proizvoda jednog proizvođača ili prodavca od konkurencije. Identitet marke u funkciji je stvaranja imidža proizvoda, utiče na odluke o ceni i stvara percepciju o kvalitetu proizvoda.

Osnovni uslovi koje mora ispuniti dobar dizajn vezani su za:

- upotrebljivost proizvoda,
- ergonomsku prilagodljivost,
- tehničku/ekonomsku pouzdanost,
- estetsku senzibilnost i
- doslednost imidža.

### 3. OBRADA BRUŠENJEM

#### 3.1. Uopšteno o brušenju

Brušenje je najčešći postupak završne obrade rezanjem, a koristi se i kao postupak grube obrade.

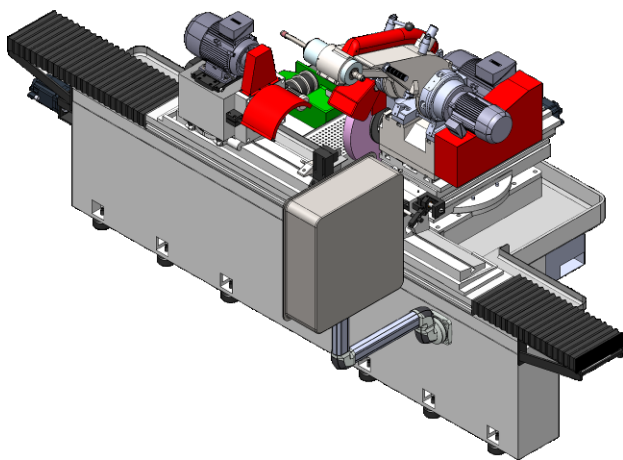
Kao gruba obrada, brušenje se koristi kod čišćenja odlivaka i otkovaka (skidanje oksidnog sloja), a kao završna obrada javlja se u svim slučajevima kada je potrebno poboljšati kvalitet obrađene površine, posle grube obrade ili ako su delovi termički obrađeni [2,3].

Osnovna podela klasičnih mašina za obradu brušenjem podrazumeva:

- brusilice za kružno brušenje,
- brusilice za ravno brušenje,
- brusilice za glačanje,
- brusilice za specijalne namene i
- numerički upravljane brusilice.

### 4. UNIVERZALNA BRUSILICA FB BSC 237

Predmet ovog rada jeste redizajn univerzalne brusilice za spoljašnje kružno brušenje FB BSC 237 iz proizvodnog programa firme GRINDEX. Firma koja je proizvođač brusilica za brušenje spoljnih i unutrašnjih cilindričnih površina.



Slika 1. Model brusilice FB BSC 237 izrađen u SOLIDWORKS-u

### 5. VRETENIŠTE TOCILA SA KLIZNIM ULEŽIŠTENJEM

Jedan od upita koji je pristigao od kupaca, bio je da vretenište tocila brusilice za spoljno kružno brušenje bude sa hidrodinamički podmazivanim kliznim ležajevima.

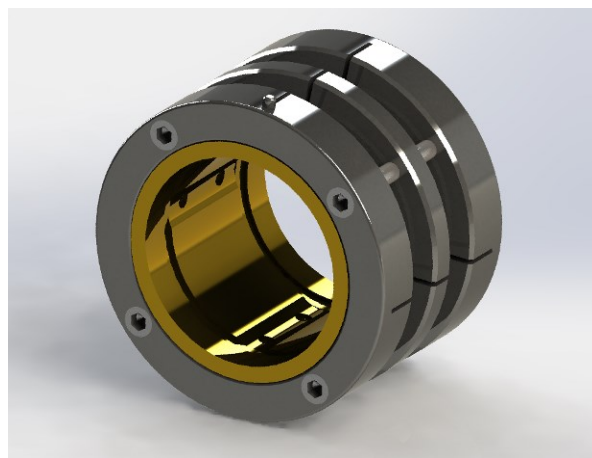
Kao referenca za dalju problematiku, korišćeno je rešenje firme „Livnica Kikinda“ koja je svojevremeno proizvodila ovakva vreteništa, ali po tehnologiji i licenci Nemačkog giganta u proizvodnji alatnih mašina „Fortuna“. Sudeći da Grindex nema licencu za korišćenje ovog patenta, moralo se pristupiti pronalaženju rešenja koje bi se dalje implementiralo utekući proizvodni program. Kasnije ako se ova solucija pokaže kao dobra, dugotrajna i tehnički korektna, patentiraće se i nastaviti ugradnju u iduće generacije mašina alatki.

U tom kontekstu, u daljem radu pristupilo se redizajniranju vreteništa tocila sa novim ležajevima i novim sistemom za podmazivanje.

#### 5.1. Idejno rešenje

Sudeći da postoji zalih odlivaka od starih mašina, praksa je pokazala da korišćenjem ovih delova, ne samo da se pojeftinjuje proizvodnju, već i u velikoj meri ostvaruje visoka tačnost mašine u daljoj eksploataciji. Takođe, istraživanjem i sagledavanjem tržišta, došlo se na ideju da je dobra solucija iskoristiti klizne ležajeve Nemačke proizvodnje, marke SPIETH (Sl. 2) [4].

Dakle, ovi ležajevi su iskorišćeni za novo radijalno uležištenje redizajniranog vreteništa tocila.



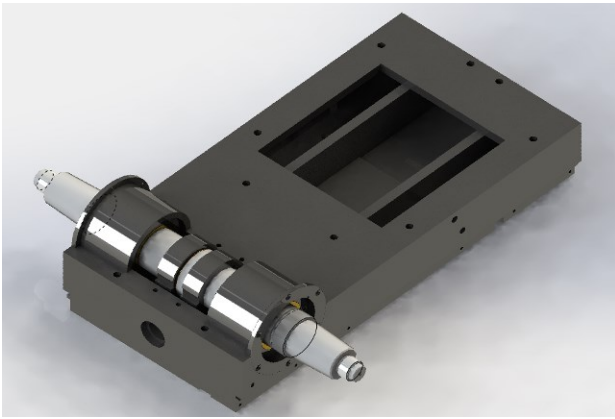
Slika 2. SPIETH radijalni klizni ležaj MSR 85.100

#### 5.2. Realizovano rešenje

Početno idejno rešenje obuhvatilo je dva ista ležaja, jedan pozicioniran sa strane tocila, drugi sa strane remenice i konstrukcijski bi našli mesto unutar dve zasebne čaure (prirubnice), slika 3. Ovakvo rešenje nije baš najbolje u smislu greške koja će se neminovno pojaviti usled netačnosti obrade. Za aksijalni ležaj, isprva, namera je bila da se iskoristi postojeća (Fortunina) tehnologija.

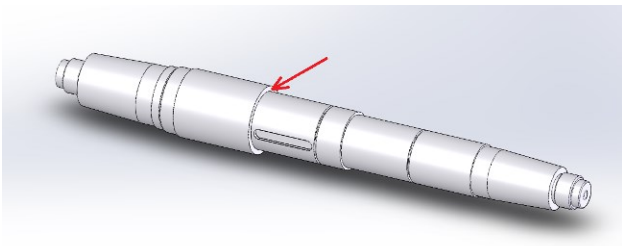
U daljem razmatranju odustalo se od ovog rešenja. Zamisao je da se po potrebi vreteno može izvući na jedan kraj. Ovakva izvedba to ne dozvoljava. U slučaju nekog servisiranja, zamena vretena ili sl., moralo bi se sve demontirati. U staroj (Fortuna) konstrukciji, ovo nije bio problem, štaviše, ovakav je bio redovan postupak (sudeći

da se tamošnja konstrukcija radijalnih ležajeva sastojala iz dva dela povezana zavrtnejvima.)



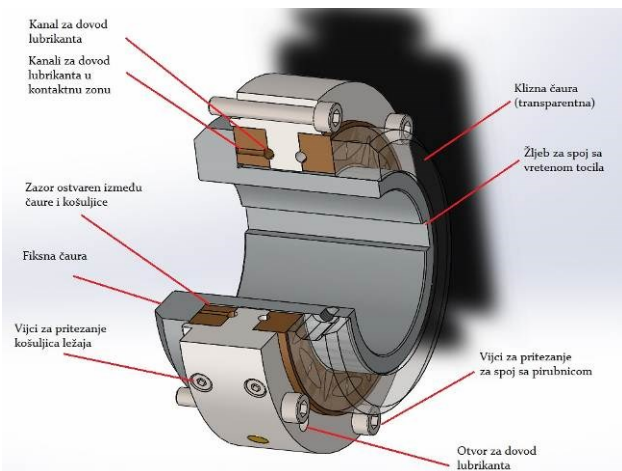
Slika 3. Idejno rešenje vreteništa tocila

U usvojenom rešenju, došlo se na ideju da se izradi stepenasto vratilo (sl. 4). Konus na delu do prirubnice tocila bi bio standardan, kako bi se mogla koristiti stara izvedba prirubnice. Remenica bi morala biti korigovana, iako se radi o istom konusu (1:10), a otvor bi bio manjeg promera. Naime, jeftinije je izraditi novu remenicu koja se pravi od SL nego prirubnicu, protuprirubnicu i sl. Isto tako, bitnije je više ukrutiti deo vretena na koji dolazi tociolo, nego suprotno. Pri tome za ovo konstrukciono rešenje, bilo je potrebno uzeti u razmatranje dva ležaja različitog prečnika.



Slika 4. Stepenasto vratilo

Na slici. 5, strelicom je pokazan stepen na koji bi se oslonilo vreteno, a time obezbedilo osiguranje od aksijalnog pomeranja. Izgled prve varijante aksijalnog ležaja prikazan je na slici 5.

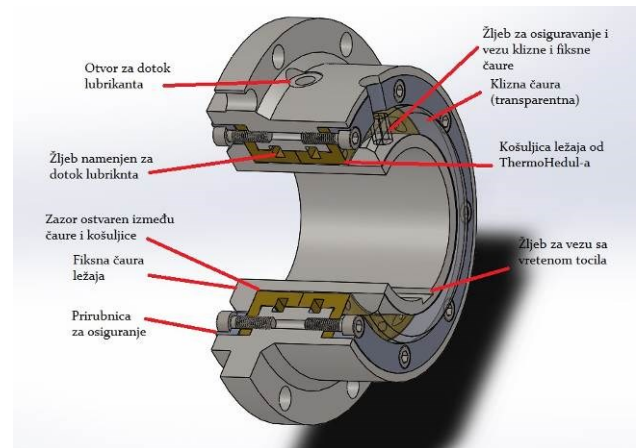


Slika 5. Sklop varijante aksijalnog ležaja

Glavni nedostatak, koji je srećom na vreme uočen je baš u aksijalnom ležaju. Naime, kada se dovede pritisak ulja za podmazivanje, pojavilo se enormno curenje i pritisak u samom vreteništu nije bio dovoljan. Uz ovakav problem, nije bilo moguće pokrenuti motor. Stoga se moralo pribeći ugradnji novog tipa uležištenja

## 6. VRETENIŠTE TOCILA BSC

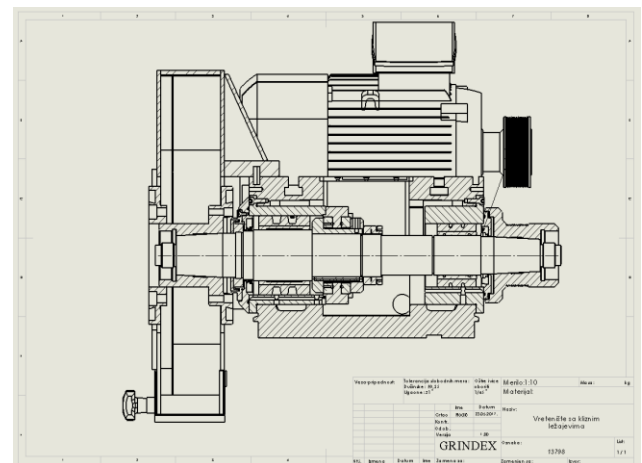
U ovoj konstrukcionoj verziji odabrani su radijalni ležajevi po ugledu na prečnik vratila, opterećenje i uslove rada. Pa se pažnja posvetila redizajnu aksijalnog ležaja. Kao prvo, stezanje košuljice u ležaju mora biti sa čela, tj. sa strane na koje se naslanja na kliznu površinu čaure. Mesto naleganja košuljice mora biti obrušeno po mogućnosti bez udara na osu čaure. Lepovanjem se obezbeđuje naleganje na čaure po kojima košuljica ležaja klizi (efekat hidrodinamičkog filma). Ovom verzijom ležaja, obezbeđeno je dobro zaptivanje, postignuto dobro plivanje vretena i temperatura u radu je bila u propisanim granicama.



Slika 6. Presek modela ležaja za BSC vretenište

Pri montaži vreteništa tocila, isprva se montira aksijalni ležaj na prednju prirubnicu. Stegnu se svi zavrtnevi po obodu. Montiraju dve čaure unutar kućišta. Potom se ubacuju adijalni ležajevi, vodeći računa o žljebovima kroz koje se radijalno fiksira oplata ležaja uz pomoć čivija.

Ostatak konstrukcije se nije mnogo razlikovao od pređašnje verzije.



Slika 7. Sklopni crtež vreteništa tocila sa kliznim uležištenjem

## 7. VERFIKACIJA REALIZOVANOG REŠENJA

### 7.1. Merni uređaj Taylorond 31c

Ovaj uređaj potiče iz familije sličnih, čiji su patenti vlasništvo firme Taylor/Hobson. Ovaj tip instrumenta radi na komprimovan vazduh i jednostavan je za rukovanje. Prevažodna namena mu je za merenje kružnosti, ovalnosti, koncentričnosti, ravnosti, upravnosti, kvadratičnosti, cilindričnosti i saosnosti udara. Robusne je konstrukcije i pogodan za upotrebu u pogonskim uslovima.



Slika 8. Taylorond 31c

Instrument poseduje 2 osnovna modula:

1. Bazni modul - Ovaj modul nosi motorizovan radni sto (montiran na vretenu sa vazдушnim jastukom/ležajem) i stub sa motorizovanim nosačima u kojima je montirana motorizovana radijalna ruka (merni krak).
2. PC sa softverskim paketom Taylorond 31c. - Isti obezbeđuje korisničko radno okruženje i omogućava analizu podataka i izračunavanje izlaznih rezultata. Jedan opciono nosač pomoćnog merača – sonde (za rad sa dva merača) takođe je na raspolaganju.

Obradak (predmet merenja) postavlja se na radni sto, a osa predmeta merenja je u ravni sa osom obrtanja vretena. Merni pipak dodiruje površinu obratka koja se okreće oko sopstvene vertikalne ose. Radijalna kretanja se pomoću merača pretvaraju u električne signale, a signali se potom prenose do računara radi dalje obrade.

### 7.2. Rezultati merenja

U nastavku, biće prikazani rezultati merenja rađeni za tri različita režima rezanja. Po probnom merenju, vrši se potrebna korekcija. Rezultati se upisuju u dijagram tzv. „Slezinger“, ili ti normativ tačnosti mašine.

U prvom merenju dobili su se rezultati: 0.95  $\mu\text{m}$  za kružnost, 0.1  $\mu\text{m}$  za ekscentričnost i udar od 0.95  $\mu\text{m}$ . Ovi rezultati su prilično dobri i ispunjavaju tehnički zadatak. Ono što nije dobro jeste merenje cilindričnosti. Greška je 1.281 mm, a ovo se koriguje nivelisanjem, jer je bitno da komad ima konstantnu kupastu krivu, tako da se ne smatra velikom greškom.

U drugom merenju dobijaju se gotovo isti rezultati za kružnost, ekscentričnost i udar, ali cilindričnost je još lošija nego prethodni put.

U trećem merenju je postignut lošiji rezultat za kružnost i udar - 1.55  $\mu\text{m}$ , ali ekscentričnosti nema. Usput, korigovana je geometrija da bi cilindričnost bila izmerena na 1.25  $\mu\text{m}$ . Ovo je sasvim prihvatljivo rešenje.

## 8. ZAKLJUČAK

U prikazanom radu predstavljen je jedan realan inženjerski problem, kao i predlog rešenja tog problema. Dat je prikaz jednog modela bruslice za spoljašnje kružno brušenje koja mora da ispuni posebno postavljene zahteve određenog kupca. Posebno je prikazan konstruktivni opis projektovanja, proizvodnje, montaže i funkcionisanja redizajniranog vreteništa tocila bruslice.

U radu se detaljno prikazuje pronalaženje rešenja vreteništa tocila bruslice za spoljašnje kružno brušenje po upitu kupca, a čijem se rešavanju pristupilo sekvencijalno kroz sledeće etape:

- analiziranje postavljenih zahteva,
- planiranje procedure rešavanja postavljenog problema,
- postavka idejnog rešenja,
- odabir tehnički pogodnog rešenja,
- realizacija probnog rešenja,
- testiranje,
- utvrđivanje grešaka i nedostataka,
- korigovanje uočenih nesavršenosti,
- implementacija i realizacija tehnički korektnog rešenja i
- verifikacija izvedenog rešenja.

U postavci idejnog rešenja, u konkretnom slučaju, iskoristilo se postojeće rešenje vretena tocila, kao i stari koncept kućišta. Odmah zatim je realizovano rešenje koje u potpunosti ispunjava postavljene zahteve. Usledilo je detaljno testiranje vreteništa tocila u pogonu firme GRINDEX. Testiranje se obavljalo sve dok se nije utvrdila izdašnost rešenja. Kasnije, utvrđeni su nedostaci koji su se u najvećoj meri odnosili na aksijalni ležaj. Korigovana je konstrukcija istog i utvrđena tehnička korektnost novog rešenja. Nova konstrukcija aksijalnog ležaja je implementirana i pokazala sasvim zavidne rezultate prilikom verifikacije ovog izvedenog rešenja.

## 9. LITERATURA

- [1]. Sekulić M.: *Proizvodni dizajn - skripta*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2014.
- [2]. Gostimirović M., Milikić D., Sekulić M.: *Osnove tehnologije obrade skidanjem materijala*, Univerzitet u Novom Sadu, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2015.
- [3]. Jovičić M.: *Obrada brušenjem – identifikacija karakteristika stanja i optimizacija procesa*, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.
- [4]. Zvanični katalog za klizne ležajeve firme SPIETH.

### Kratka biografija:

**Uroš Rodić** rođen je u Kikindi 1982. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka, smer Proizvodno mašinstvo, odbranio je 2018. godine iz oblasti Proizvodni dizajn.

**Marin Gostimirović** rođen je 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu 1997. godine. Od 2011. godine je u zvanju redovnog profesora. Oblast interesovanja su Procesi obrade skidanjem materijala.