

DOKUMENTACIJA TEHNIČKOG REŠENJA

"Industrijski prototip uređaja za ispitivanje statičke popustljivosti i nosivosti spoja elemenata za stezanje i radnog predmeta"

Autori tehničkog rešenja:

- dr **Igor Budak**, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija,
- dr **Branko Tadić**, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, Srbija,
- dr **Branislav Jeremić**, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, Srbija,
- dr **Đorđe Vukelić**, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija,
- mr **Dragomir Miljanić**, Metalik DOO, Nikšić, Crna Gora,
- dr **Petar Todorović**, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, Srbija.
- dr **Janko Hodolić**, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija.

Ključne reči tehničkog rešenja:

- Pribor, element za stezanje, popustljivost, nosivost

Naručilac tehničkog rešenja

- Metalik DOO, Trebješka 6/26, 81400 Nikšić, Crna Gora

Korisnik tehničkog rešenja

- Metalik DOO, Trebješka 6/26, 81400 Nikšić, Crna Gora

Godina kada je tehničko rešenje urađeno

- 2012.

Област и научна дисциплина на коју се техничко решење односи

- Tehničko - tehnološke nauke / Mašinsko inženjerstvo

Projekat u okviru koga je realizovano tehničko rešenje

- Program istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011.-2014.;
- Tehnološka oblast: Mašinstvo;
- Rukovodilac projekta: dr Janko Hodolić, redovni profesor;
- Naziv projekta: Istraživanje i razvoj metoda modeliranja i postupaka izrade dentalnih nadoknada primenom savremenih tehnologija i računarom podržanih sistema;
- Broj projekta: TR 35020.

1. Opis problema koji se rešava tehničkim rešenjem

Da bi se na određenom radnom predmetu mogla vršiti obrada rezanjem zahtevane površine ili površina odgovarajućim alatima, potrebno je da se na pogodnoj mašini alatki najpre postave radni predmet i alat na one elemente mašine koji će im dati odgovarajuća kretanja (glavna i pomoćna) nužna za vršenje obrade. Pri tome i radni predmet i alat treba da na odgovarajućim elementima mašine alatke zauzmu određene položaje, kako u odnosu na same elemente mašine tako i u međusobnim položajnim odnosima, da bi se omogućila obrada zahtevanih površina. Takvi se položaji moraju održati sve vreme obrade pogodnim stezanjem suprodstavljajući se dejstvu svih sila koje deluju na radni predmet, odnosno alat u toku obrade. Postavljanje i stezanje radnog predmeta i alata u radnom položaju vrši se posredstvom posebne opreme ili sredstava za proizvodnju, koja nazivamo opštim imenom pribori.

Prema napred navedenom, osnovni zadaci pribora su:

- da prihvate radni predmet ili alat na određene elemente mašine alatke ili radnog mesta uopšte,
- da obezbede međusobne položajne odnose između radnog predmeta i alata,
- da radni predmet ili alat dovoljno čvrsto stegnu u cilju održavanja potrebnih položaja u toku obrade uprkos dejstvu svih sila koje ih napadaju.

Nakon što se radni predmet postavi u pribor i izvrši njegovo pozicioniranje, isti se steže da bi pri obradi mogao zadržati svoj položaj suprodstavljajući se dejstvu svih sila koje na njega deluju u toku obrade. Elementi za stezanje bi trebalo da ispunjavaju sledeće zahteve:

- da radni predmet pouzdano stegnu a da pri tome ne menjaju njegov položaj,
- da su sile stezanja dovoljno velike da spreče svako pomeranje i/ili vibracije radnog predmeta u toku obrade,
- da sile pri stezanju ne deformišu radni predmet,
- da se stezanje izvodi brzo, odnosno u što kraćem vremenu i sa što kraćim hodom elemenata za stezanje,
- da je za stezanje potrebno malo prostora,
- da elementi za stezanje ne ometaju izvođenje operacije obrade itd.

Pregledom i analizom literaturnih izvora može se konstatovati da su greške izrade radnog predmeta u velikoj meri posledica neadekvatnog načina stezanja. Nepouzdanost stezanje može prouzrokovati ne samo veću popustljivost veza elemenata za stezanje i radnog predmeta nego čak i potpuno odvajanje radnog predmeta od elemenata za baziranje, što može imati krajnje negativne posledice.

2. Stanje rešenosti problema u svetu – prikaz i analiza postojećih rešenja

Poslednjih godina pažnja mnogih istraživača je bila usmerena na optimizaciju konstrukcije pribora. U dosadašnjim istraživanjima, cilj optimizacije konstrukcije pribora jeste pronalaženje takve konfiguracije pribora koja će minimizirati elastičnu deformaciju radnog predmeta i kontaktne deformacije radnog predmeta na mestima kontakta radnog predmeta i elemenata pribora u toku celokupnog procesa obrade. Optimizacija konstrukcije pribora započela je sa razvojem metodologija za izučavanje problema prihvatanja radnog predmeta.

Zajednička karakteristika svih dosadašnjih istraživanja jeste da je model radnog predmeta posmatran kao kruto telo [3, 5, 6, 7, 8, 19]. U većini istraživanja, trenje koje nastaje između elemenata pribora i radnog predmeta se zanemaruje. Neka istraživanja se bave problematikom analize deformacija radnih predmeta pod varijantnim opterećenjem i određivanjem minimalne i maksimalne sile stezanja koja će obezbediti zahtevanu tačnost izrade [10, 11, 15, 25, 27]. Sa druge strane, čest je slučaj minimizacija superpozicije pomeranja u čvorovima u posebnim tačkama na obrađivanoj površini [18, 20, 28]. Nelinearne tehnike optimizacije i heuristički postupci korišćeni su za određivanje statički stabilne konfiguracije pribora [7, 8]. Umesto brojeva čvorova (MKE), korišćeni su i konstruktivni parametri radnog predmeta, tj. rastojanja od referentnih ivica [4, 6, 12, 13]. Problematika je prilično pojednostavljena pošto su neka istraživanja izvršena na dvodimenzionalnim radnim predmetima [14]. U nekim slučajevima razvijani su modeli za predviđanje minimalnih sila stezanja, koji uzimaju u obzir kontaktnu deformaciju radnog predmeta na mestu dejstva elementa za stezanje [9, 14]. Eksperimentalni rezultati istakli su značaj koji elastičnost pribora ima za ponašanje sistema *radni predmet–pribor* pod opterećenjem usled obrade. Razmatrane su i pozicije elemenata za pozicioniranje i stezanje izvođenjem analize stabilnosti na osnovu proširene teorije vijka (*screw theory*) [2, 17], kao i primenom postupaka uravnoteženja sila [1, 23]. Primenom gore pomenutih metoda moguće je u manjoj ili većoj meri izvesti optimizaciju položaja elemenata za pozicioniranje i/ili stezanje.

Optimizacijom šema pozicioniranja (broja, tipa i rasporeda elemenata za pozicioniranje) i šema stezanja (broja, tipa i rasporeda elemenata za stezanje i inteziteta sile stezanja) mogu se u značajnoj meri smanjiti deformacije radnog predmeta i povećati preciznost izrade, što je posebno važno pri obradi radnih predmeta sa tankim zidovima i složenom geometrijom. Potrebne sile stezanja (sile stezanja pri kojim se radni predmet neće pomeriti izvan granica dozvoljene tolerancije) su vrlo često varijabilne i menjaju se u funkciji trajektorije alata i parametara režima rezanja. To je najčešće slučaj pri obradi radnih predmeta složenog oblika na obradnim centrima. Sa tim u vezi optimizacija konstrukcije pribora sve više dobija na značaju. Optimizacija konstrukcije pribora se svodi na pronalaženje takve konfiguracije pribora koja će minimizirati elastičnu deformaciju radnog predmeta i kontaktne deformacije radnog predmeta na mestima kontakta radnog predmeta sa elementima pribora (elementi za baziranje, elementi za stezanje, pomoćni oslonci i ostali elementi). Minimiziranje deformacija direktno utiče na smanjenje grešaka

izrade i povećanje kvaliteta obrađenih površina radnog predmeta. Međutim, može se postaviti i pitanje da li postoji mogućnost da se na određeni način izvršiti deformisanje pojedinih uskih zona na radnom predmetu, a da se na kraju tehnološkog procesa dobije radni predmet u granicama dozvoljenih tolerancija. Uz uslov da će i kompletna proizvodnja biti produktivnija i jeftinija.

S obzirom na savremene uslove obrade (velike brzine rezanja koje dostižu a nekada i prevazilaze vrednosti od 1000 m/min, velike brzine pomoćnog kretanja alata koje dostižu a nekada i prevazilaze vrednost od 1000 mm/min, velike preseke strugotina i srazmerno visoke vrednosti sila rezanja) posebnu pažnju treba usmeriti na optimizaciji konstrukcije pribora u smislu minimizacije popustljivost svih veza radnog predmeta sa elementima pribora. Dakle, istraživanja prvenstveno treba usmeriti, ne na konstataciju pojave nepovoljnog odziva sistema pribora već na teorijski i eksperimentalno zasnovanim istraživanjima koja dovode do konkretnih konstruktivnih rešenja elemenata pribora veće pouzdanosti. Sa tim u vezi autori izlažu deo rezultata svojih teorijskih i eksperimentalnih istraživanja usmerenih na optimizaciju steznih elemenata pribora sa aspekta smanjenja popustljivosti i povećanja tangencijalne nosivosti veze elemenata za stezanje i radnog predmeta. Pri tome se pod tangencijalnom nosivošću veze podrazumeva nosivost veze upravno na pravac dejstva sile stezanja.

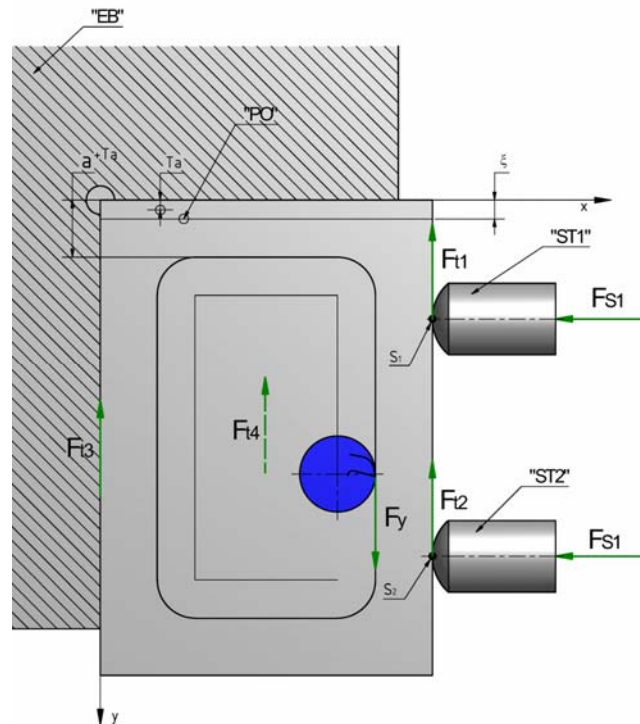
Predložena metoda stezanja radnog predmeta polazi od pretpostavke da se nosivost veze radnog predmeta sa elementima za stezanje može značajno povećati kada se steznom elementu omogući da lokalno, i praktično zanemarljivo, deformiše određenu usku zonu na radnom predmetu. Ove male lokalne deformacije, s obzirom na prethodno izneto, u velikom broju slučajeva, nemaju neželjene efekte estetske prirode. Ovde je reč o lokalnim deformacijama čije veličine, i za veoma visoke vrednosti sila stezanja, ne izazivaju negativne estetske efekte na radnom predmetu, što je najčešće slučaj pri obradi složenih odlivaka i otkovaka.

3. Suština tehničkog rešenja

Poznato je da se kod pribora sile rezanja, u dosta slučajeva, uravnotežavaju preko sila trenja između steznih elemenata pribora i radnog predmeta koji se obrađuje (slika 1.).

U zonama kontakta (zone S_1 i S_2) elemenata za stezanje (ST_1 i ST_2) sa površinom radnog predmeta i zonama kontakata radnog predmeta (PO) sa elementima za baziranje pribora (EB), pri dejstvu sile stezanja i sile rezanja F_y , nastaje složeno naponsko stanje. Pri dejstvu sile rezanja F_y , u pomenutim zonama kontakta doći će do određenih pomeranja – popustljivosti u pravcu i smeru dejstva vektora sile F_y . Veličina tih pomeranja (popustljivosti izražene koordinatom ξ_1) zavisi od vrednosti sila trenja F_{t1} , F_{t2} , F_{t3} i F_{t4} . Veličina pomeranja predmeta obrade u toku procesa izvođenja obrade rezanjem nastala kao rezultat popustljivosti zone kontakta stezača i predmeta obrade i popustljivosti između predmeta obrade i elementa za baziranje steznog pribora u principu zavisi od veličine opterećenja kontakta, odnosno sile F_y i realno može prouzrokovati grešku obrade i pored

toga što je sistem, statički ili dinamički posmatrano na makro nivou, u ravnoteži. To će se desiti kada veličina pomeranja ξ_1 (popustljivosti u zoni kontakta) prekorači vrednost dozvoljene tolerancije po koti α , odnosno kada je $\xi \geq T_a$.



Slika 1. Primer uravnotežavanja sila rezanja silama trenja

Tačnost izrade radnog predmeta i maksimalno dozvoljene sile rezanja, pored ostalog, zavise ne samo od vrednosti sila stezanja (F_{s1} i F_{s2}), koeficijenta trenja i ostvarenih sila trenja već i od same makro geometrije kontakata koja definiše polja napona i pomeranja u zonama kontakata odnosno popustljivost i nosivost ovih spojeva.

Zakoni promene tangencijalne F_t i radijalne F_r sile rezanja u vremenu su poznati i mogu se naći u literaturnim izvorima [43].

Sile trenja F_{t1} , F_{t2} , F_{t3} i F_{t4} su složene funkcije makro i mikrogeometrije kontakta, karakteristika materijala kontaktnih parova, sile stezanja F_s i popustljivosti veze ξ_1 . Za svaku vezu bilo da je reč o elementu za stezanje ili elementu za baziranje, može se napisati zavisnost tipa:

$$F_t = (G, M, F_n, \xi_1)$$

gde je:

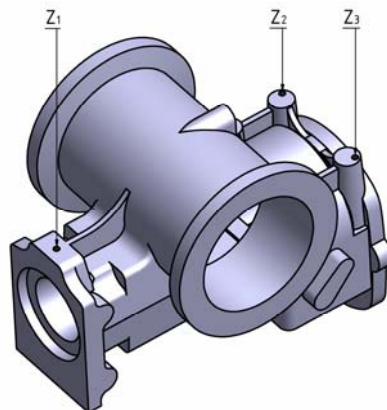
- G - skup parametara koji definišu makro i mikro geometriju kontakta,
- M -skup parametara koji definišu karakteristike materijala kontaktnog para,
- F_n - normalno opterećenje kontakta (koje je u funkciji sile stezanja), i
- ξ_1 - popustljivost kontakta.

S obzirom na veliki broj uticajnih parametara koji definišu mikrogeometriju kontakta (veliki broj parametara hrapavosti površina) i parametara koji definišu karakteristike materijala kontaktnih parova (tvrdoća, čvrstoća, hemijski sastav), i u suštini veoma složene procese i mehanizme trenja i habanja, sa aspekta pouzdanosti veoma je diskutabilna svaka analitička zavisnost tipa $F_t = (G, M, F_n, \xi_1)$. Iz tog razloga ove zavisnosti su formirane eksperimentalnim istraživanjima.

Ako se sile trenja F_{t1} , F_{t2} , F_{t3} i F_{t4} , za određene uslove ispitivanja, odrede eksperimentalno i to za širok interval sile stezanja onda je moguće da se na osnovu velikog broja eksperimentalnih podataka formiraju određene regresione jednačine tipa $F_t = (G, M, F_n, \xi_1)$. Dakle, moguće je formirati regresione jednačine tj. zavisnosti sila trenja od normalnog opterećenja kontakta i tangencijalne popustljivosti kontakta, odnosno tangencijalne krutosti kontakta. Na taj način stvaraju se ključni preduslovi za određivanje greške izrade radnog predmeta. Naime, eksperimentalne funkcije ovog tipa omogućavaju da se modelira ponašanje radnog predmeta u priboru i pre izvođenja procesa obrade i realno predvide greške izrade radnog predmeta po određenim kotama.

U tom cilju eksperimentalno su razmatrana dva tipa steznog elementa koji u principu mogu predstavljati ne samo stezne elemente već i oslone elemente pribora.

Predložena metoda stezanja polazi od činjenice da postoji veliki broj delova na kojima se izvode operacije obrade rezanjem samo po relativno manjem broju površina. Ostale površine takvih predmeta obrade se ne obrađuju i nemaju ulogu koja bi zahtevala tačniju obradu rezanjem ili pak izraženu estetiku tih površina. To je najčešće slučaj sa raznim vrstama kućišta, postolja, nosača i sličnih delova čiji su polufabrikati izrađeni livenjem i kovanjem (slika 2).



Slika 2. Primer dela (odlivka) koji s obzirom na svoju funkciju i estetiku može biti trajno deformisan u zonama stezanja (zone Z_1 - Z_3)

Funkcija takve grupe delova (slika 2.) neće biti narušena ako se u određenim uskim zonama izvrši njihovo lokalno trajno deformisanje. Na primer, lokalno deformisanje kućišta transmisije (slika 2.) u „tačkama“-zonama Z_1 , Z_2 i Z_3 . Očigledno je, da s obzirom na funkciju dela, lokalne trajne deformacije male zapremine u jednoj ili većem broju tačaka (zona) neće proizvesti neželjene efekte.

Imajući navedeno u vidu, definisane su sledeće hipoteze:

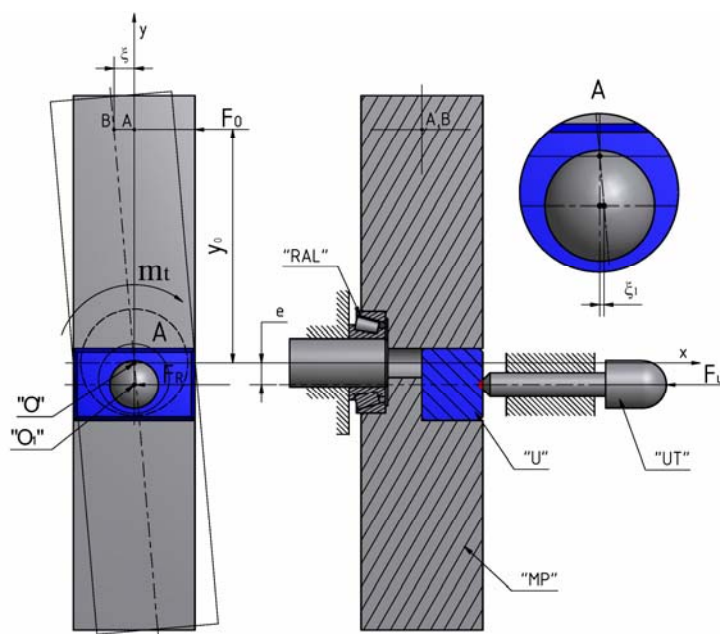
- Da popustljivost spoja u „tačkama“- zonama gde se vrši stezanje dela, pored mikrogeometrije kontaktnih površina, u značajnoj meri zavisi i od makrogeometrije kontakata steznih elemenata i radnog predmeta,
- Da tangencijalna nosivost spoja (nosivost spoja u pravcu upravnom na silu stezanja) u „tačkama“- zonama gde se vrši stezanje dela, takođe u značajnoj meri zavisi od makrogeometrije kontakata steznih elemenata i radnog predmeta,
- Da se izborom geometrije kontakata steznih elemenata i radnog predmeta može u značajnoj meri povećati tangencijalna nosivost spoja i smanjiti popustljivost spoja čime se bitno može poboljšati ili tačnost izrade dela ili povećati dozvoljene sile rezanja, odnosno režimi rezanja koji obezbeđuju veću produktivnost,
- Da spoj utisnutog oštrog vrha steznog elementa u radni predmet, sa dubinama utiskivanja veličine do 3mm, može obezbediti manje popustljivosti i veće nosivosti spoja u odnosu na spojeve u kojima se spoljašnje opterećenje uravnotežava isključivo silama trenja koje nastaju u zoni kontakata elementa za stezanje i radnog predmeta.

4. Detaljan opis tehničkog rešenja (uključujući i prateće ilustracije i tehničke crteže)

Namenski projektovan i realizovan uređaj čija je principna šema data na slici 3., sklop uređaja na slici 4, a fotografski prikaz uređaja na slici 5. funkcioniše na mehaničkom principu. Uređaj preko polužnih mehanizama i izbaždarenih tegova omogućava utiskivanje utiskivača u ispitivani uzorak određenom silom utiskivanja F_u , simulaciju opterećenja spoja F_r i praćenje popustljivosti spoja ξ_1 . Pored utiskivača različitog oblika (slika 20.) uređaj omogućava ispitivanja statičke nosivosti i popustljivosti spojeva i u slučaju primene specijalno dizajniranih utiskivača (elemenata za stezanje). Primer specijalno dizajniranog utiskivača (elementa za stezanje) prikazan je na slici 21.

Merna poluga MP po osi koja prolazi kroz težište masa - x osa (slika 3.) uležištena je radiaksijalnim ležajem RAL . Ovaj radiaksijalni ležaj omogućava obrtanje merne poluge oko tačke O u ravni x-y. U uzorak koji je pričvršćen na mernu polugu vrši se utiskivanje utiskivačima koji mogu biti različitih geometrija. Utiskivanje se vrši u tački O_1 koja je u odnosu na osu obrtanja merne poluge pomerena u pravcu ose y za veličinu e . Različite vrednosti sile utiskivanja F_u obezbeđuju se preko specijalno dizajniranog polužnog mehanizma i izbaždarenih tegova. Nakon utiskivanja utiskivača u ispitivani uzorak na mernu polugu se u tački A , na odstojanju y_0 od tačke obrtanja merne poluge, deluje silom F_0 i prati pomeranje ξ . Sila F_0 se takođe obezbeđuje preko specijalno dizajniranog sistema poluga i izbaždarenih tegova, pri čemu sila F_0 periodično raste od minimalne do maksimalne vrednosti. Na opisani način se za svaku geometriju utiskivača i svaku simuliranu vrednost sile utiskivanja F_u dobija i niz vrednosti sile F_0 i pomeranja ξ .

Očigledno je da sila utiskivanja F_u simulira silu stezanja, sila F_o tangencijalno opterećenje spoja uzorka i utiskivača, a pomeranje ξ indirektno registruje popustljivost spoja u tački A.



Slika 3. Principska šema uređaja za merenje nosivosti i popustljivosti spoja.

Na bazi geometrijskih odnosa (slika 3) i statičkih uslova ravnoteže merne poluge proizilaze vrednosti nosivosti spoja F_r i popustljivosti spoja ξ_1 u tački O_1 odnosno popustljivosti spoja ξ_1 u zoni u kojoj je utiskivač utisnut u uzorak. Na osnovu rečenog sledi:

$$F_r = (F_o y_o - M_t) / e$$

$$\xi_1 = e \xi / y_o$$

gde je:

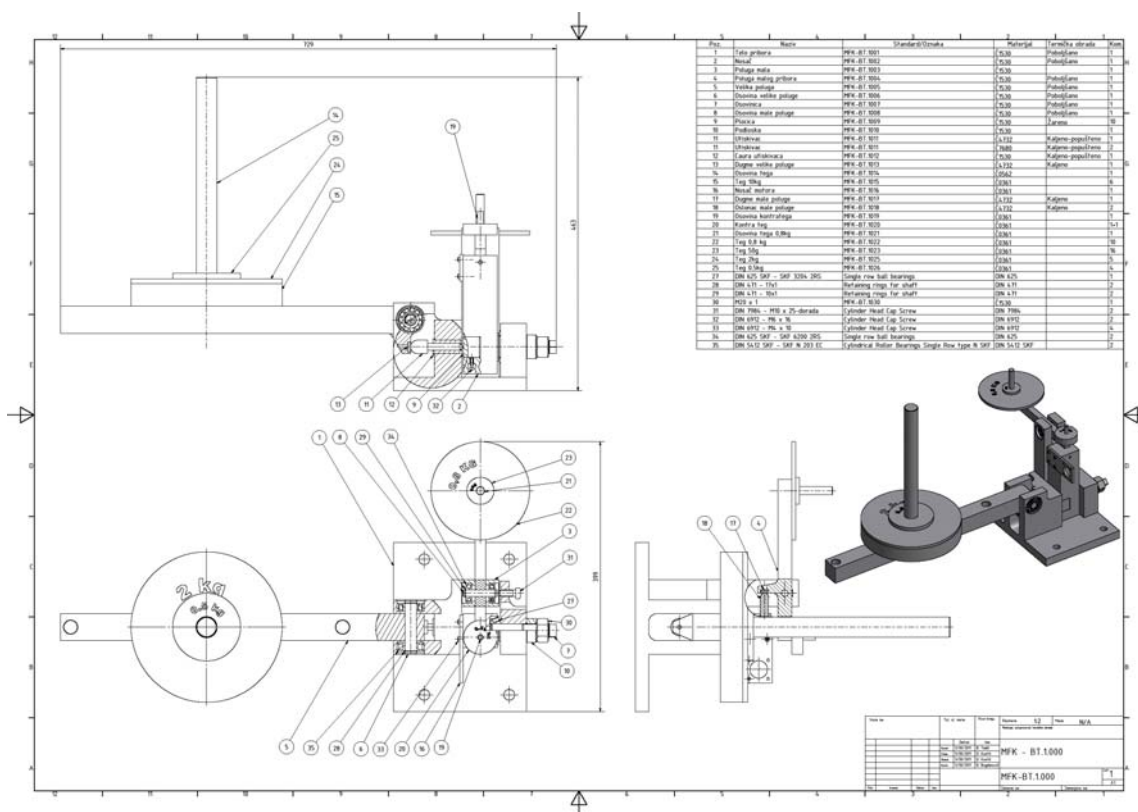
- F_r - nosivost spoja,
- F_o - opterećenje spoja u tački A,
- M_t - moment trenja kotrljanja radijsijalnog ležaja RAL,
- e - odstojanje tačke utiskivanja utiskivača u odnosu na osu obrtanja merne poluge,
- y_o - odstojanje od tačke dejstva sile F_o do ose obrtanja,
- ξ_1 - popustljivost spoja ispitivanog uzorka i utiskivača u tački O_1 ,
- ξ - pomeranje merne poluge po osi x u tački A koja predstavlja tačku dejstva sile F_o .

Merni uređaj (slika 4.) o čijoj šemi je bilo reči je projektovan kao veoma stabilan merni sistem. Sve deformacije (deformacije merne poluge i deformacije ostalih poluga mernog sistema kao i deformacije utiskivača) mogu se, u odnosu na samu popustljivost spoja uzorka i utiskivača zanemariti.

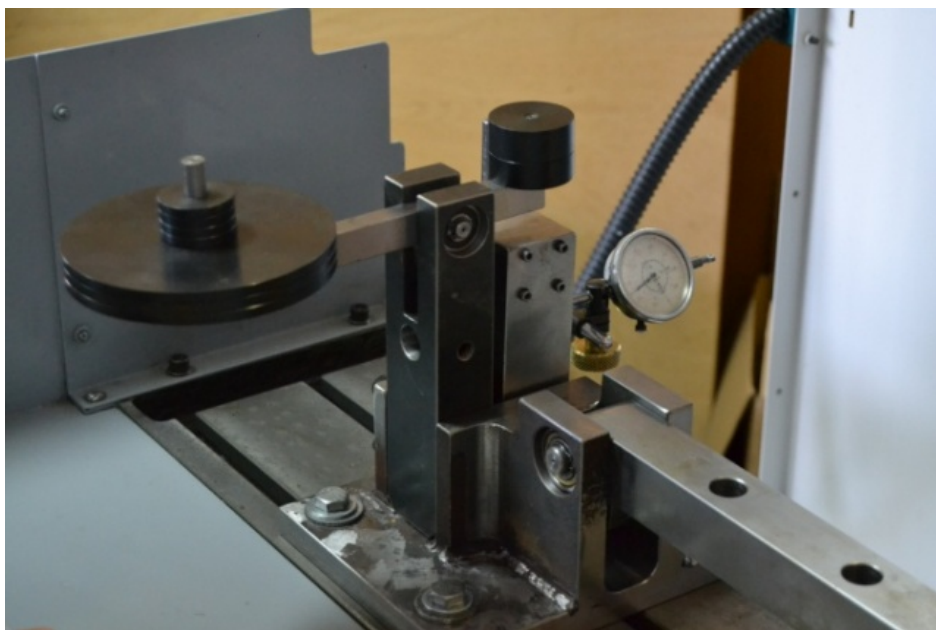
Takođe treba naglasiti i sledeće:

- Merni uređaj je koncipiran tako da omogućava obezbeđenje niza planiranih konstantnih vrednosti sila utiskivanja na utiskivačima različitog oblika ali ne i unapred definisanu dubinu utiskivanja. Dubina utiskivanja se može odrediti (izmeriti) kao trag utiskivanja koji se odnosi na određenu silu utiskivanja;
- Merni uređaj (slika 4) obezbeđuje tačnost vođenja utiskivača veću od 0.0005mm što, s obzirom na registrovane vrednosti pomeranja u intervalu do 0.1mm predstavlja osnovni preduslov za pouzdano merenje;
- Obrtne tačke merne poluge i svih ostalih poluga izvedene su sa kotrljajnim ležajevima visoke tačnosti i malog koeficijenta trenja kotrljanja;
- Radiksijalni ležaj koji je ugrađen na mernoj polugi je ležaj visokog kvaliteta i male vrednosti koeficijenta trenja kotrljanja a prilikom proračuna momenta trenja ovog ležaja korišćeni su eksperimentalni podaci dobijeni od proizvođača ležaja. Takođe su i za sve ostale ležajeve, u funkciji njihovog opterećenja, proračunate i uzete u obzir vrednosti njihovih momenata trenja.

Komparateri-indikatori pomeranja rade sa tačnošću očitavanja od 0.01mm. Preko njih se, sa ciljem povećanja tačnosti merenja, prate pomeranja koja su 22.5 puta veća od pomeranja u zoni kontakta utiskivača i ispitivanog uzorka, pa se na osnovu preko određenih geometrijskih relacija (slika 3) preračunavaju pomeranja nastala u zoni utisnutog utiskivača u predmet obrade.

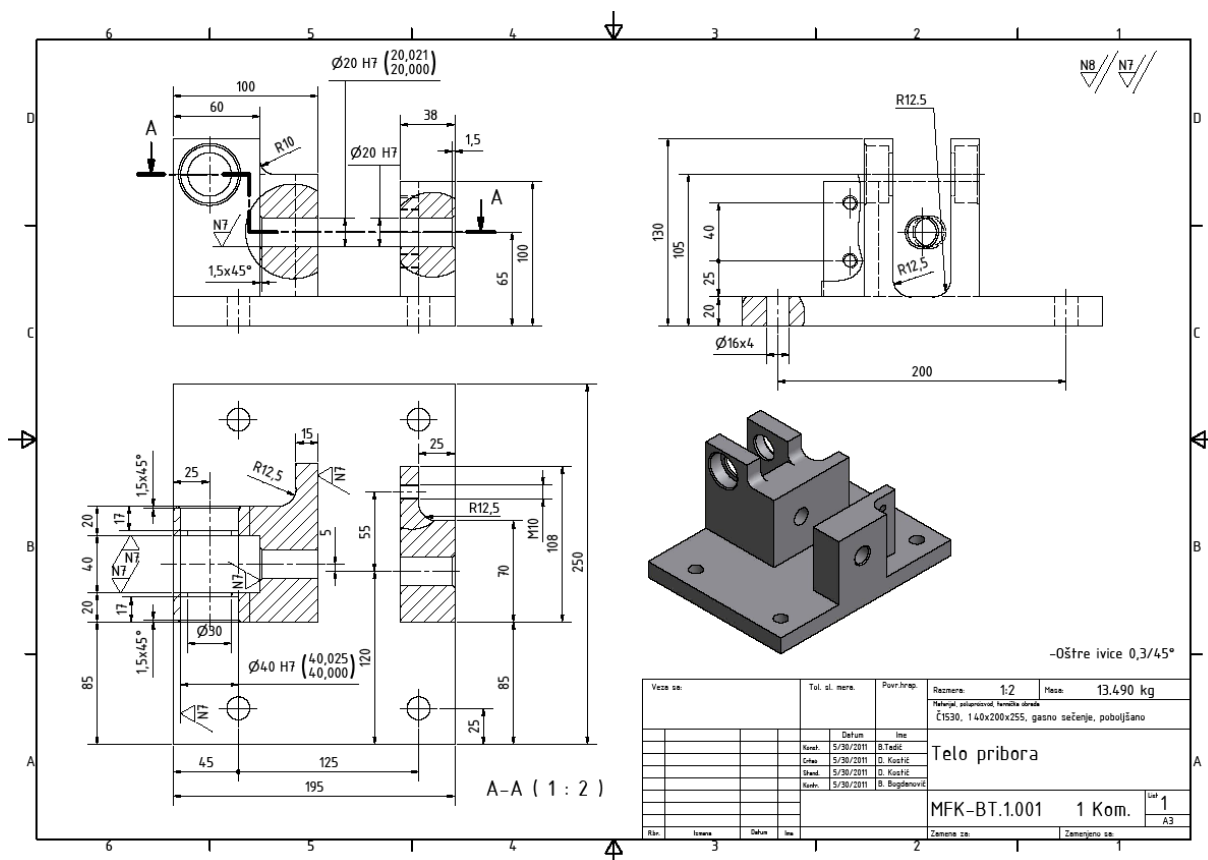


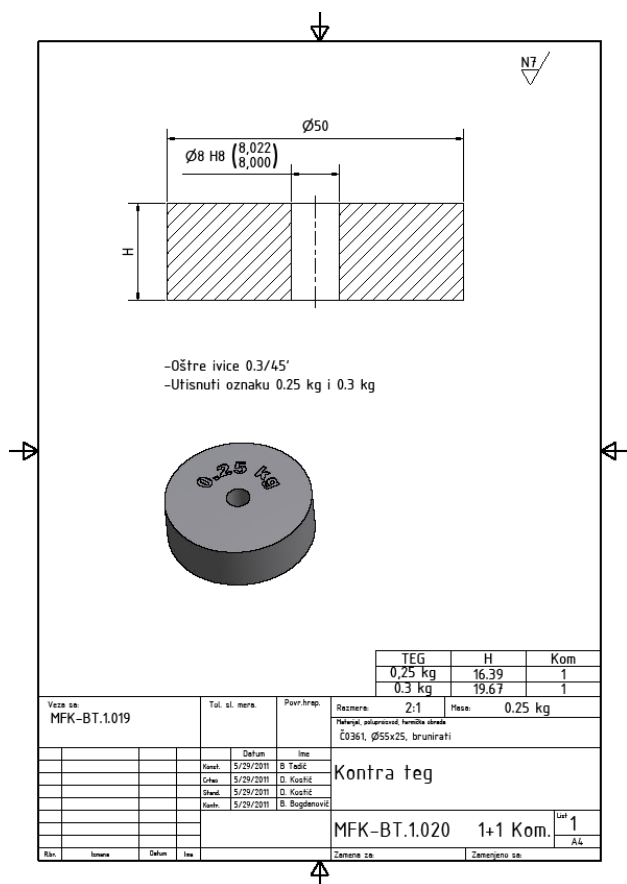
Slika 4. Sklop uređaja za merenje nosivosti i popustljivosti spoja.



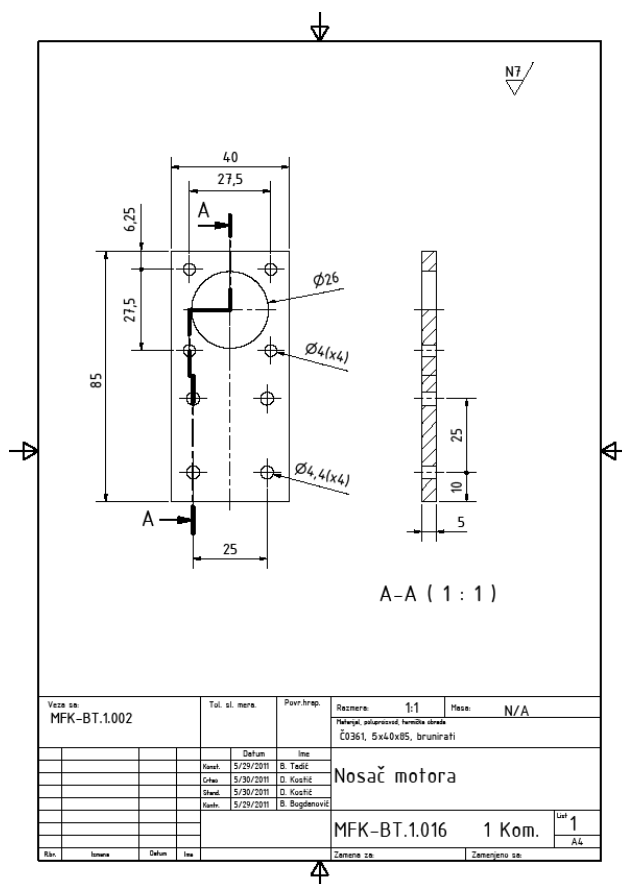
Slika 5. Fotografski prikaz uređaja za ispitivanje statičke nosivosti i popustljivosti spojeva

Na slikama 6-31 prikazani su i tehnički crteži elemenata pribora.

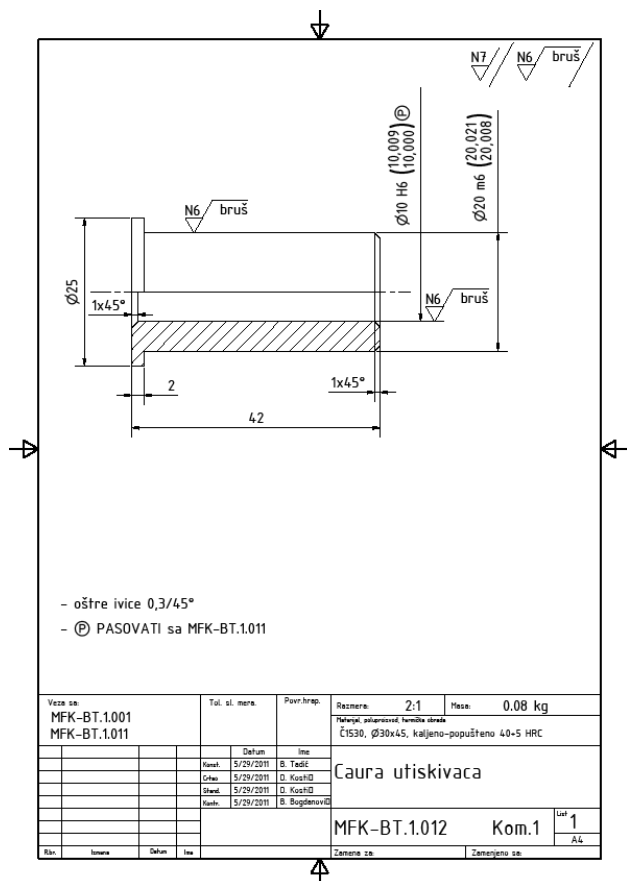




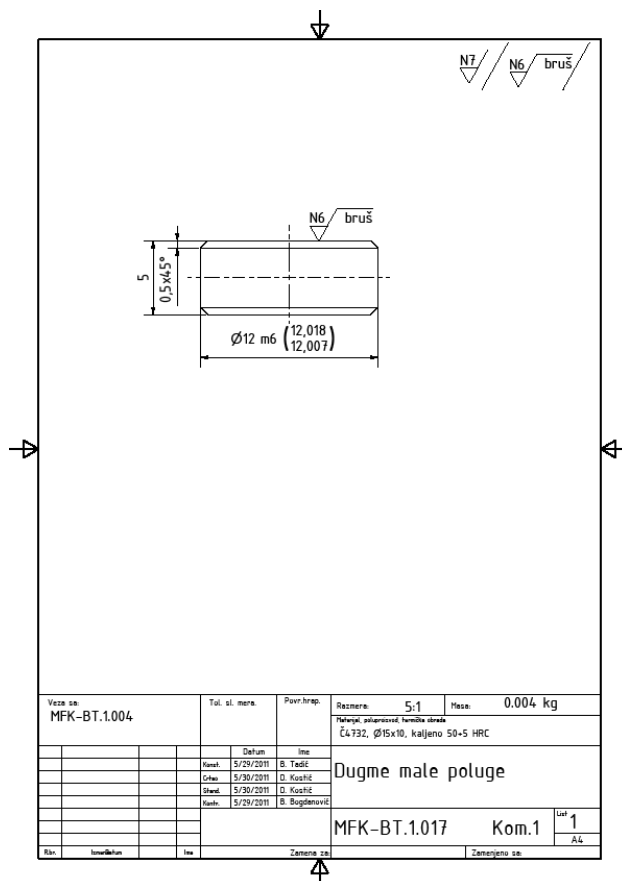
Slika 10. Kontra teg



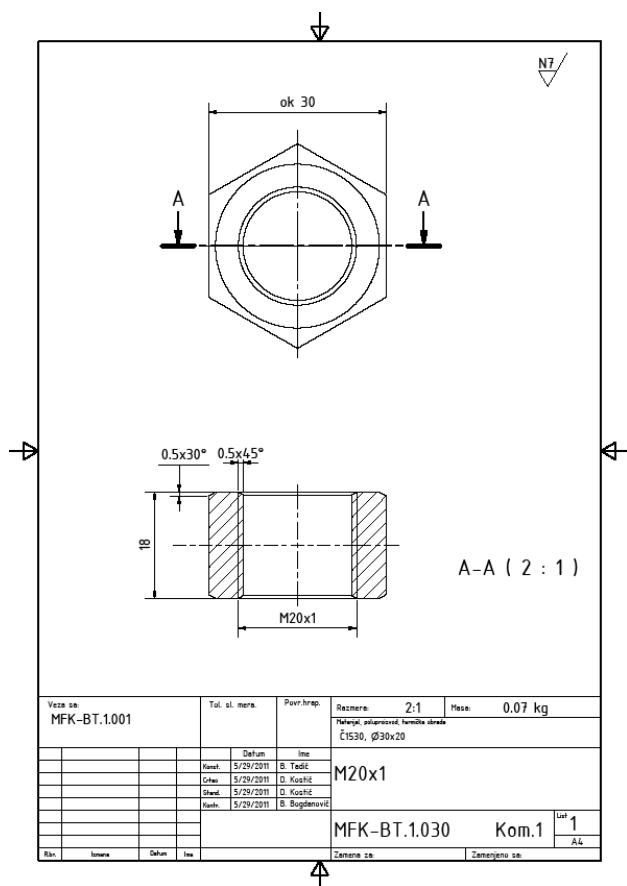
Slika 11. Nosač motora



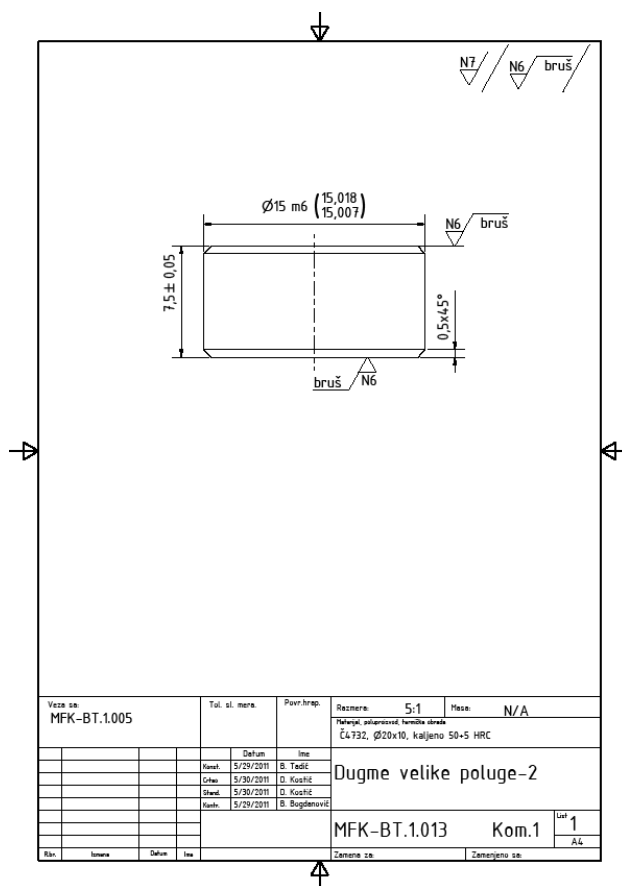
Slika 12. Čaura utiskivača



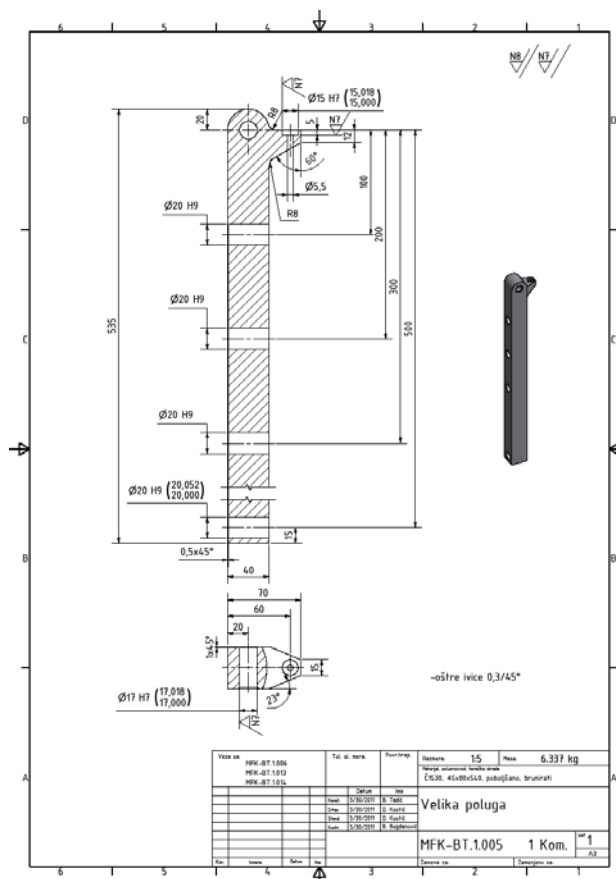
Slika 13. Dugme male poluge



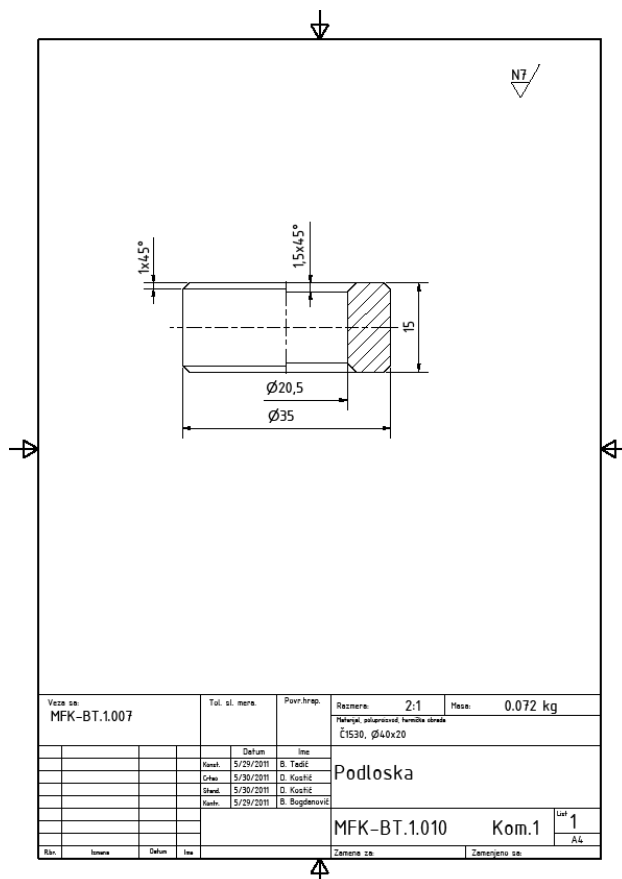
Slika 14. Navrtka M20x1



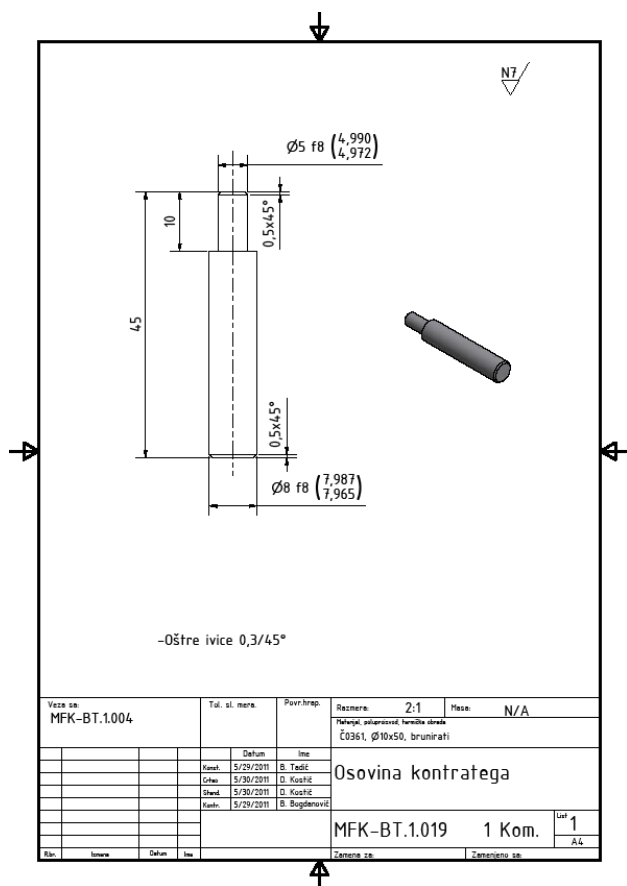
Slika 15. Dugme velike poluge



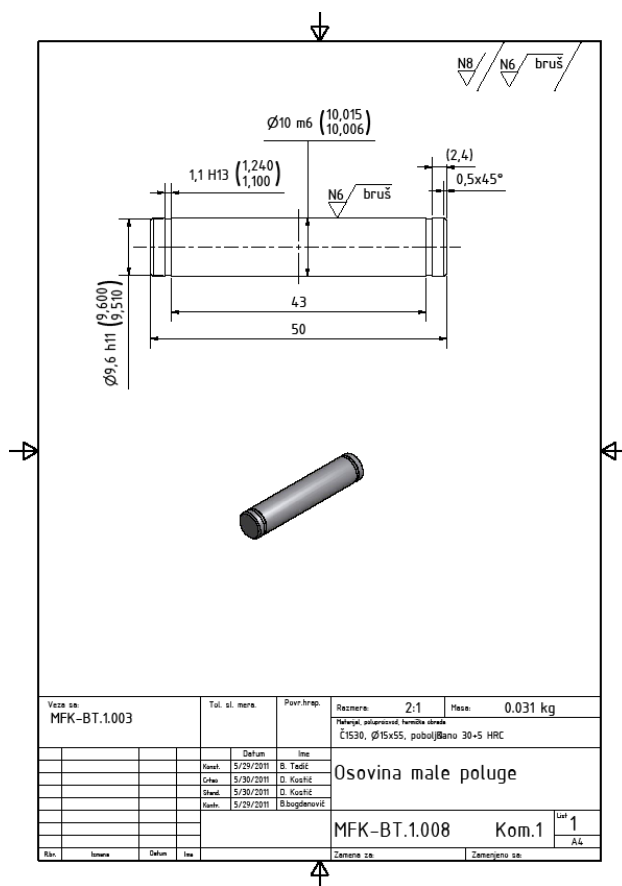
Slika 16. Velika poluga



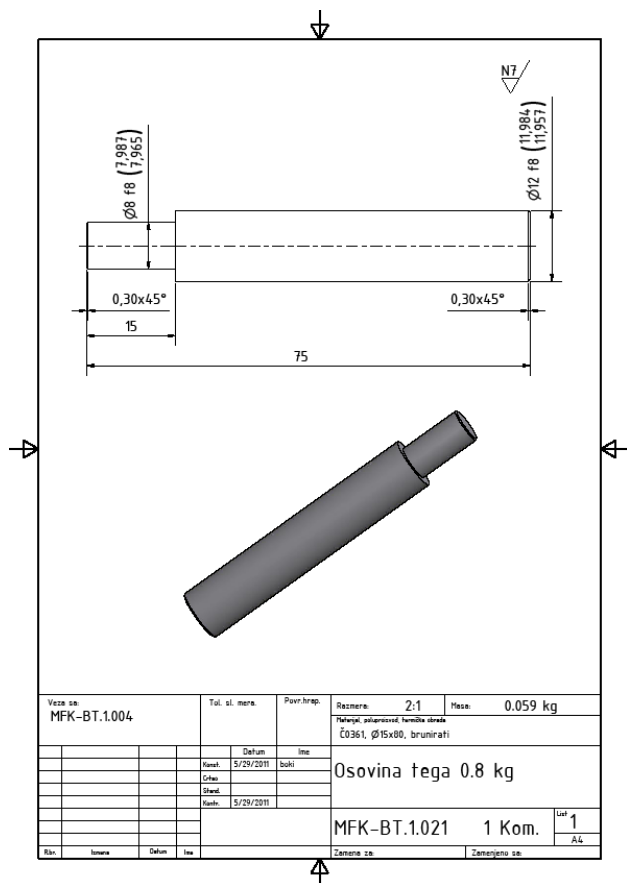
Slika 17. Podloška



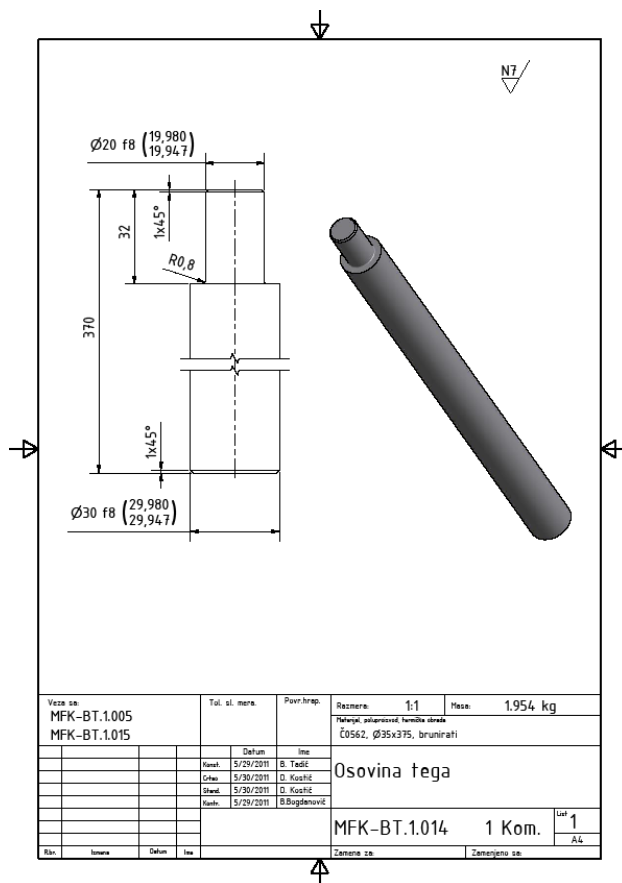
Slika 18. osovina kontratega



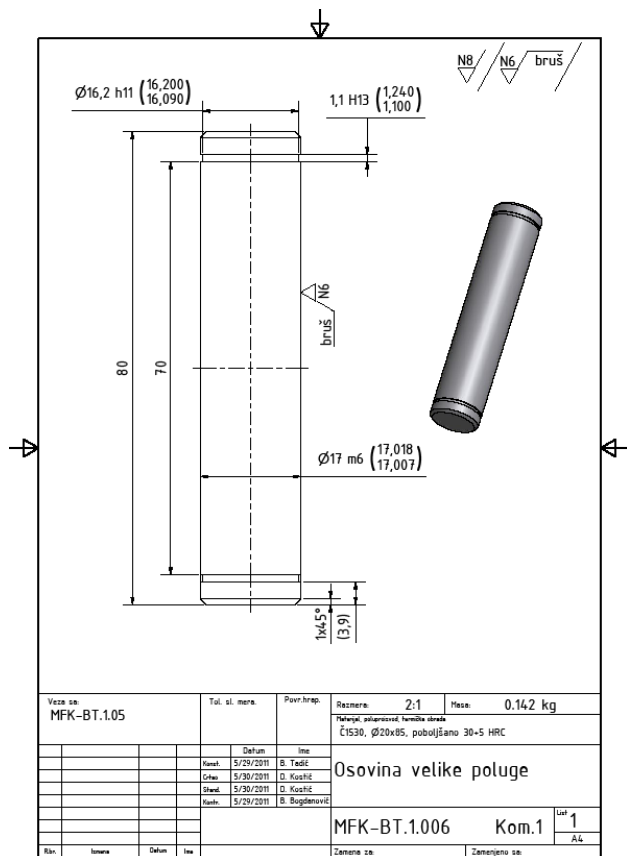
Slika 19. osovina male poluge



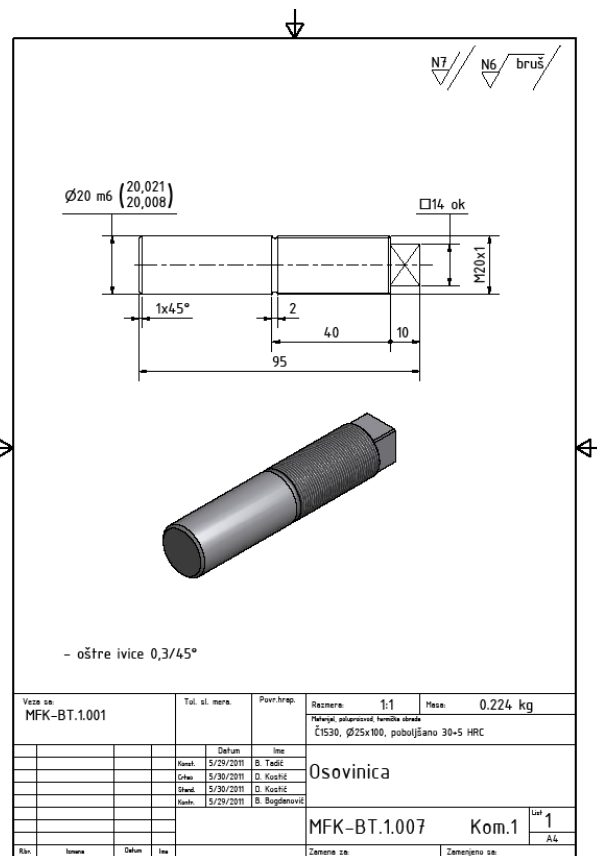
Slika 20. Osovina tega 0.8kg



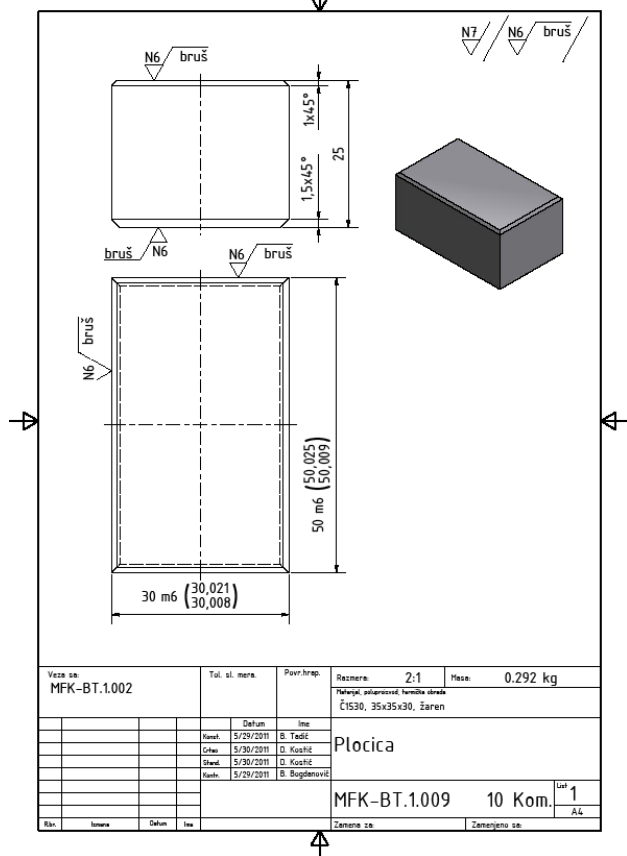
Slika 21. Osovina tega



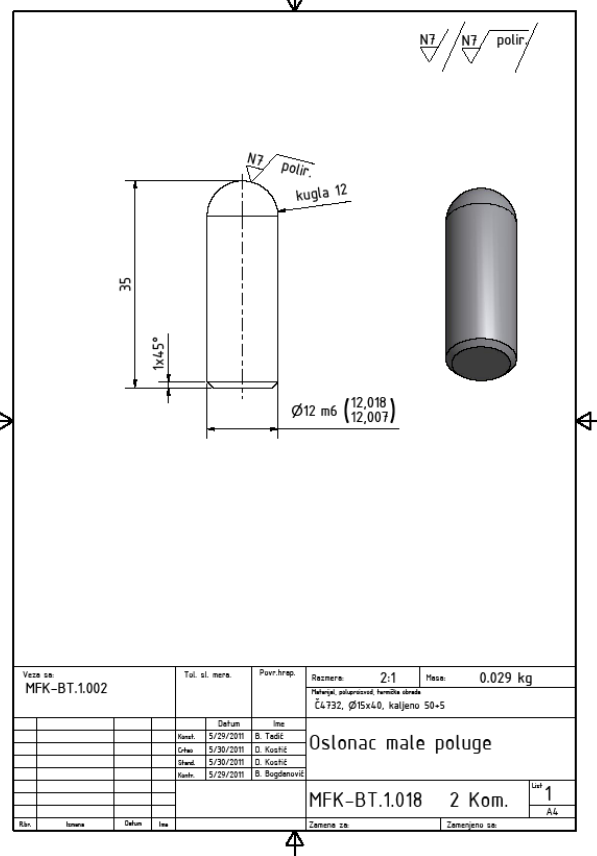
Slika 22. Osovina velike poluge



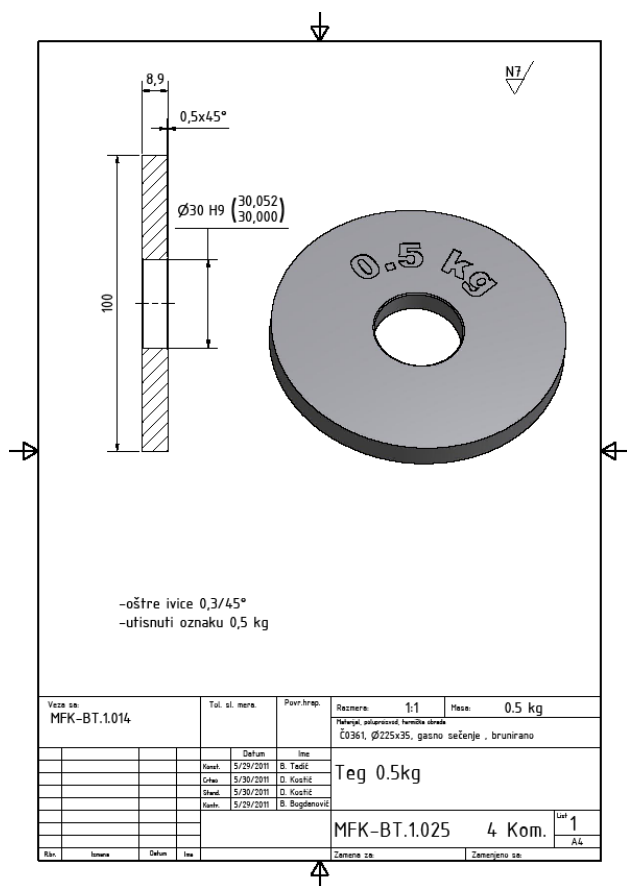
Slika 23. Osovinica



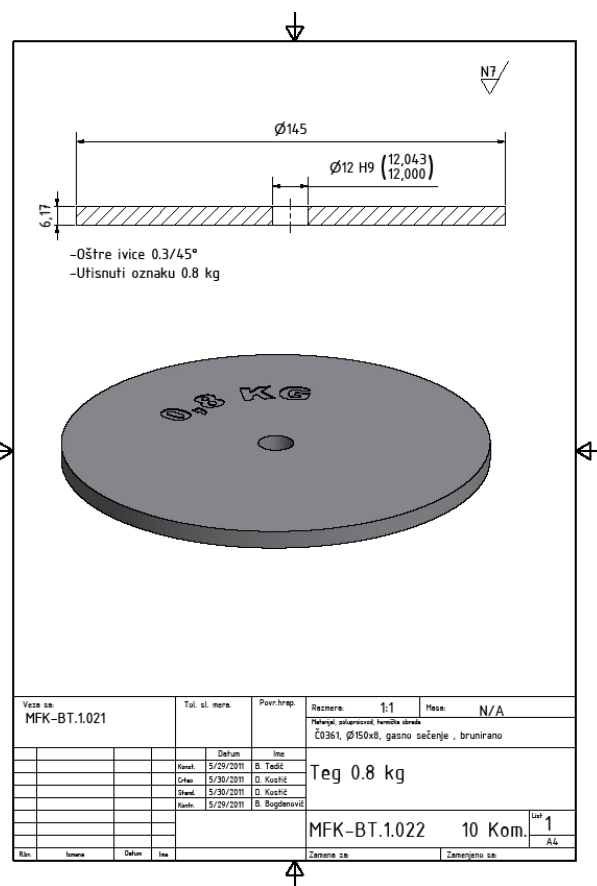
Slika 24. Pločica



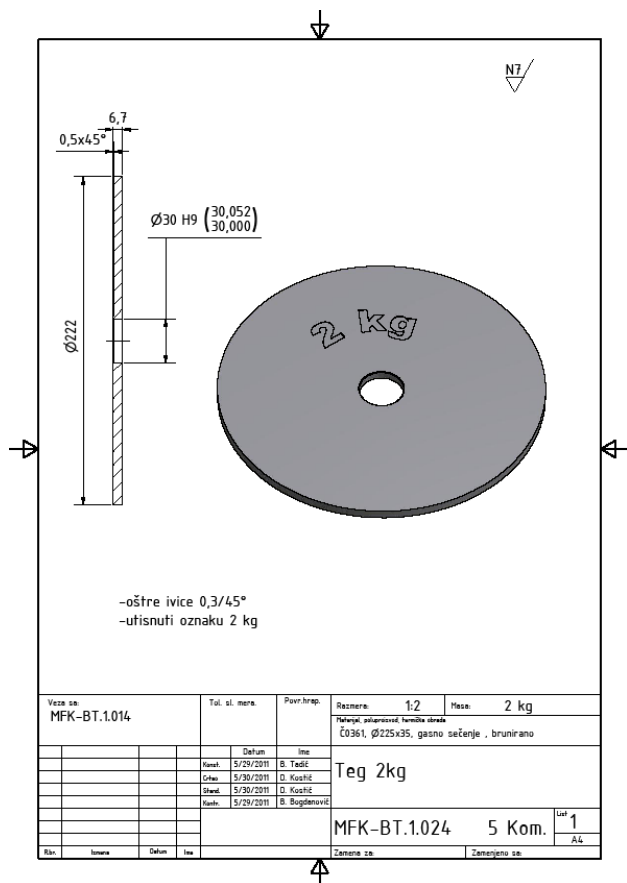
Slika 25. Oslonac male poluge



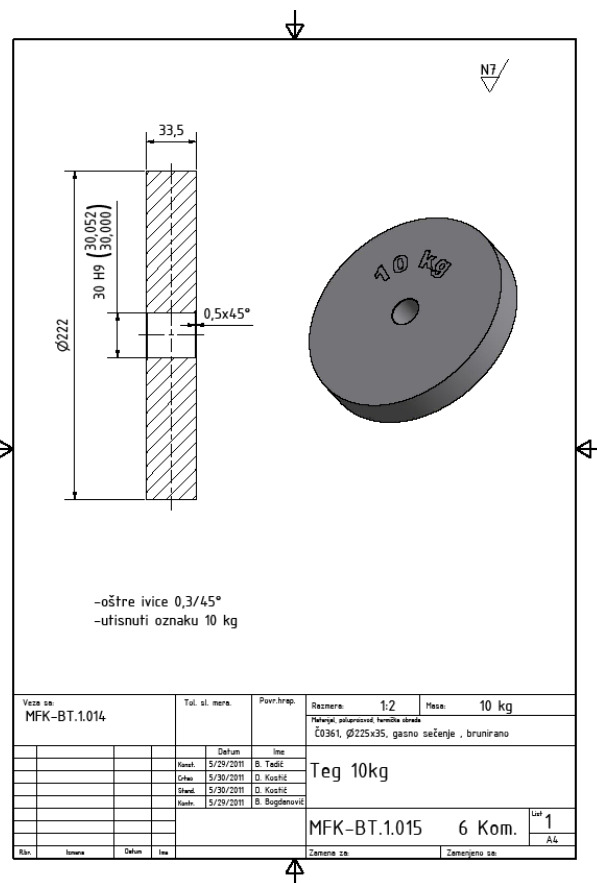
Slika 26. Teg 0.5kg



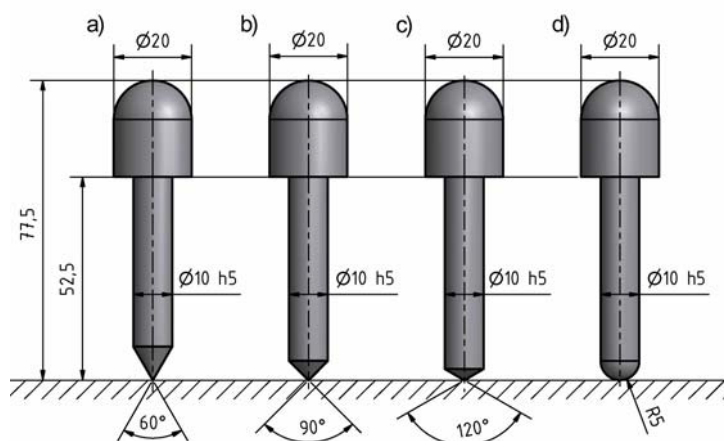
Slika 27. Teg 0.8kg



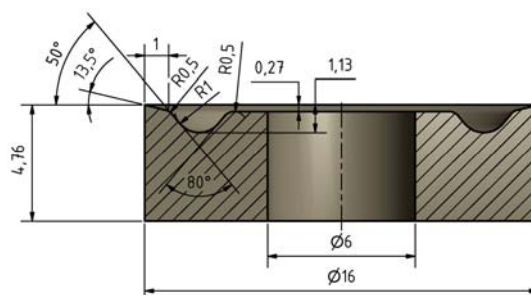
Slika 28. Teg 2kg



Slika 29. Teg 10kg



Slika 30. Primeri različitih oblika utiskivača



Slika 31. Primer specijalno dizajniranog utiskivača

U tabelama 1. i 2. dat je primer rezultata eksperimentalnih ispitivanja nosivosti i popustljivosti veze pri utiskivanju utiskivača od kaljenog alatnog čelika HS 18-0-1 tvrdoće 64HRC, sa uglom vrha od 90° (slika 30) u ispitivani uzorak od C 45 E u žarenom stanju zatezne čvrstoće 710 MPa i tvrdoće 208 HB, pri različitim vrednostima sila utiskivanja.

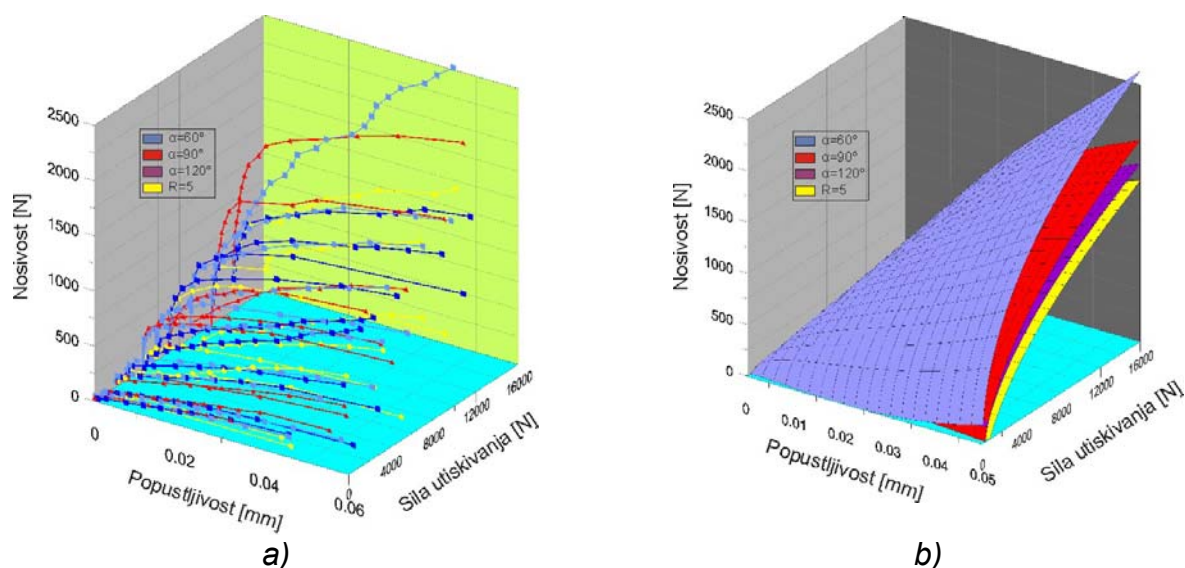
Utiskivanje za silu od 400N i dubinu 0,246mm		Utiskivanje za silu od 640N i dubinu 0,34mm		Utiskivanje za silu od 1800N i dubinu 0,6015 mm		Utiskivanje za silu od 2900N i dubinu 0,786mm		Utiskivanje za silu od 4500N i dubinu 0,966mm	
pomeranje	nosivost	pomeranje	nosivost	pomeranje	nosivost	pomeranje	nosivost	pomeranje	nosivost
0.0001	40.9	0.0003	61.4	0.0006	123.7	0.0017	185.5	0.0001	309.1
0.0009	61.4	0.0011	81.9	0.0051	185.5	0.008	247.3	0.0005	371
0.0028	81.9	0.0023	102.4	0.0119	247.3	0.0171	309.1	0.0006	432.8
0.0068	102.4	0.0057	122.8	0.0182	309.1	0.021	371	0.0011	494.6
0.0125	122.8	0.0085	143.3	0.0256	371	0.029	432.8	0.0016	556.4
0.0182	143.3	0.0125	163.8	0.033	432.8	0.0392	494.6	0.004	618.3
0.0216	163.8	0.0154	184.3	0.0415	494.6	0.0652	519.4	0.008	680.1
0.0261	184.3	0.0182	204.7	0.0545	556.4	/	/	0.0137	741.9
0.0318	204.7	0.0222	225.2	/	/	/	/	0.0239	803.8
/	/	0.0244	245.7	/	/	/	/	0.0307	865.6
/	/	0.0279	266.1	/	/	/	/	0.059	927.4
/	/	0.0324	286.6	/	/	/	/	/	/
/	/	0.0375	327.6	/	/	/	/	/	/
/	/	0.0539	348	/	/	/	/	/	/

Tabela 1. Primer rezultata eksperimentalnih ispitivanja nosivosti i popustljivosti veze pri utiskivanju utiskivača sa uglom vrha od 90° u ispitivani uzorak, pri različitim vrednostima sila utiskivanja.

Utiskivanje za silu od 5700N i dubinu 1,094mm		Utiskivanje za silu od 7000N i dubinu 1,172mm		Utiskivanje za silu od 9000N i dubinu 1,298mm		Utiskivanje za silu od 11000N i dubinu 1,432mm		Utiskivanje za silu od 13000N i dubinu 1,621mm	
pomeranje	nosivost	pomeranje	nosivost	pomeranje	nosivost	pomeranje	nosivost	pomeranje	nosivost
0.0005	371	0.0001	247.3	0.0003	371	0.0001	123.7	0.0003	741.9
0.0006	432.8	0.0005	371	0.004	494.6	0.0001	247.3	0.0003	803.8
0.0009	494.6	0.0016	494.6	0.0068	618.3	0.0002	371	0.0005	865.6
0.0011	556.4	0.002	556.4	0.0114	741.9	0.0005	494.6	0.0005	927.4
0.0033	618.3	0.0028	618.3	0.0159	865.6	0.0006	618.3	0.0006	989.2
0.0068	680.1	0.0038	680.1	0.021	989.2	0.0007	741.9	0.0007	1112.9
0.0114	741.9	0.0052	741.9	0.0307	1112.9	0.0011	865.6	0.0011	1236.6
0.0176	803.8	0.0068	803.8	0.0381	1236.6	0.0016	989.2	0.0016	1360.2
0.025	865.6	0.0091	865.6	0.0511	1360.2	0.0023	1112.9	0.0018	1483.9
0.0347	927.4	0.0131	927.4	/	/	0.0026	1236.6	0.0023	1607.5
0.0533	989.2	0.0154	989.2	/	/	0.0034	1360.2	0.003	1731.2
/	/	0.0199	1051.1	/	/	0.0044	1483.9	0.0039	1854.8
/	/	0.0279	1112.9	/	/	0.0068	1607.5	0.0063	1978.5
/	/	0.0466	1174.7	/	/	0.0193	1731.2	0.008	2102.1
/	/	/	/	/	/	0.025	1854.8	0.0137	2225.8
/	/	/	/	/	/	0.0443	1978.5	0.0222	2349.4
/	/	/	/	/	/	0.055	2040.3	0.0296	2473.1
/	/	/	/	/	/	/	/	0.0392	2596.8
/	/	/	/	/	/	/	/	0.0545	2720.4

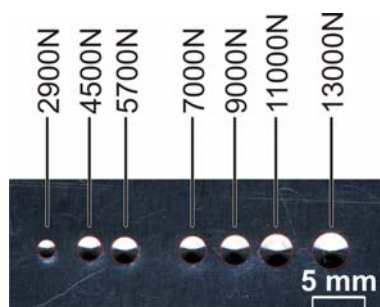
Tabela 2. Primer rezultata eksperimentalnih ispitivanja nosivosti i popustljivosti veze pri utiskivanju utiskivača sa uglom vrha od 90° u ispitivani uzorak, pri različitim vrednostima sila utiskivanja.

Na slici 32. dijagramski su prikazani rezultati merenja koji reprezentuju zavisnost nosivosti spojeva u funkciji njihove popustljivosti i veličine sile utiskivanja, za različite geometrije utiskivača.



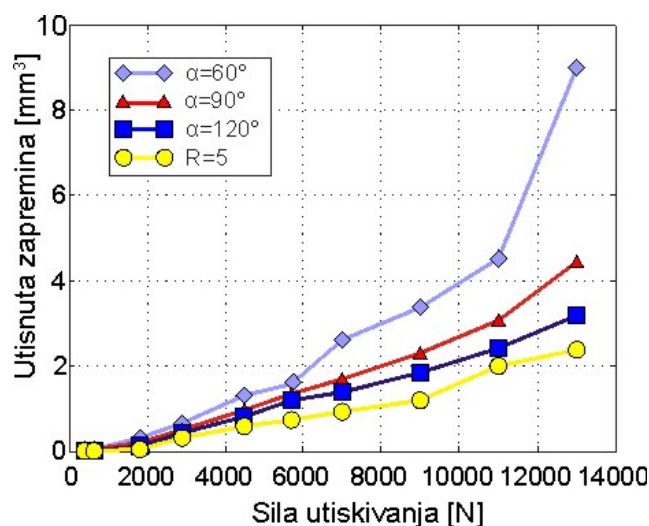
Slika 32. 3D dijagram zavisnosti nosivosti spoja od pomeranja-popustljivosti spoja, sile utiskivanja i različitih geometrija utiskivača: a) eksperimentalni podaci i b) statistički obrađeni rezultati-regresione površi.

Na osnovu rezultata teorijskih analiza i rezultata eksperimentalnih istraživanja može se konstatovati da nosivost i popustljivost spojeva, bilo da isti opterećenje prenose silama trenja ili preko utisnutih oštih vrhova utiskivača u radni predmet, predstavlja veoma kompleksnu problematiku. Na osnovu obimnih rezultata eksperimentalnih istraživanja, od kojih je prikazan određeni deo, generalno posmatrano, proizilazi da se utiskivanjem oštih vrhova utiskivača (utiskivač u eksperimentu simulira stezač) u uzorak (uzorak simulira radni predmet), za istu popustljivost, dobijaju veće nosivosti spojeva u odnosu na utiskivač sa sferičnim završetkom koji opterećenje prenosi prvenstveno trenjem. To je posebno izraženo kod utiskivača sa uglom vrha od 60° i 90° . što je prikazano preko regresionih površi na slici 32. Prema rezultatima eksperimentalnih istraživanja proizilazi da u domenu nižih opterećenja svi ispitivani utiskivači oblika kupe imaju izraženu prednost, sa aspekta nosivosti i popustljivosti, u odnosu na utiskivač sa sferičnim završetkom. Ta činjenica može biti posebno važna pri stezanju tankozidnih radnih predmeta što je uglavnom slučaj sa odlivcima različitog oblika za čije stezanje se uglavnom i predlaže ova metoda. U domenu većih opterećenja utiskivač sa uglom vrha od 90° , a posebno utiskivač sa uglom vrha od 60° ima takođe značajnu prednost, sa aspekta nosivosti i popustljivosti spoja, u odnosu na utiskivač sa sferičnim završetkom. To može biti posebno važno pri stezanju u operacijama rezanja koje karakterišu visoke vrednosti sila rezanja. Utiskivači sa oštrim vrhom u odnosu na utiskivač sa sferičnim završetkom (R5) imaju, sa aspekta nosivosti i popustljivosti spojeva, u najvećem broju slučajeva veoma značajne prednosti u čitavom intervalu analiziranih vrednosti sila utiskivanja. Prilikom utiskivanja, utiskivač koji simulira stezač se utiskuje u uzorak koji simulira predmet obrade. Utiskivači su, kako je rečeno, izrađeni od alatnog čelika tvrdoće 64HRC pa se deformacije ovih utiskivača, bilo da je reč o oštrim utiskivačima ili o utiskivaču sa sferičnim završetkom, mogu zanemariti u odnosu na deformacije uzorka (radnog predmeta). Na slici 33. prikazani su, za slučaj utiskivanja utiskivačem sa uglom vrha od 120° neki od tragova utiskivanja dobijeni utiskivanjem pri različitim opterećenjima.



Slika 33. Tragovi utiskivanja dobijeni utiskivanjem utiskivača od 120° različitim silama utiskivanja.

Na osnovu tragova utiskivanja i oblika utiskivača (ugla utiskivača i veličine radijusa sferičnog utiskivača) proračunate su veličine zapremine utiskivača uronjene u materijal uzorka - radnog predmeta, što je i prikazano dijagramima na slici 34. za sve ispitivane oblike utiskivača.



Slika 34. Zavisnost utisnute zapremine od sile utiskivanja za različite oblike utiskivača.

Na osnovu dijagrama sa slike 34. jasno se može uočiti da utisnuta zapremina raste sa smanjenjem ugla utiskivača. To je posebno izraženo kod utiskivača sa uglom vrha od 60° pri većim nivoima opterećenja (sile utiskivanja). Na osnovu prethodno rečenog i dijagrama sa slike 32. može se globalno zaključiti da postoji korelacija između utisnute zapremine i nosivosti odnosno popustljivosti spoja. Na primer, utiskivač sa uglom vrha od 60° karakteriše maksimalna utisnuta zapremina i visoka nosivost, posebno u domenu velikih opterećenja. Treba istaći da prethodne konstatacije imaju principski karakter i ukazuju na fenomen otporne sile koja očigledno zavisi od veličine utisnute zapremine i zakona promene napona i koeficijenta trenja u funkciji napona na kontaktnim površinama utiskivača i uzorka.

Eksperimentalni podaci pokazuju da je u slučaju utiskivanja utiskivačima sa oštrijim vrhom utisnuta zapremina veća nego kod sferičnih utiskivača (stezača). Usled dejstva spoljašnjeg opterećenja, prilikom ispitivanja popustljivosti, kod koničnih utiskivača, vrši se elastično i plastično deformisanje veće zapremine materijala što, pored sile trenja stvara dodatni otpor spoja. Sasvim je logično da će srednja vrednost napona po većoj utisnutoj zapremini biti manja u odnosu na napone po manjoj utisnutoj zapremini, pri istom nivou sile utiskivanja. Odatle očigledno proizilazi da će manje vrednosti srednjih napona na većoj kontaktnoj površini izazvati manje elastične i plastične deformacije i manju ukupnu popustljivost spoja.

5. Literatura

- [1] Amaral, N., Rencis, J. J., Rong, Y. M.: Development of a finite element analysis tool for fixture design integrity verification and optimisation. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, Vol. 25. No. 5-6. pp. 409-419, ISSN 0268-3768.

- [2] Asada, H., By, A. B.: Kinematic Analysis of Workpart Fixturing for Flexible Assembly with Automatically Reconfigurable Fixtures. *Journal of Robotics and Automation*, 1985, Vol. 1, No. 2, pp.86-94, ISSN 0882-4967.
- [3] Carlson, J. S.: Quadratic sensitivity analysis of fixtures and locating schemes for rigid parts. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 2001, Vol. 123, No. 3, pp. 462-472, 1087-1357.
- [4] Chen, W., Ni, L., Xue, J.: Deformation control through fixture layout design and clamping force optimization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, Vol. 38, No. 9-10, pp. 860-867, ISSN 0268-3768.
- [5] Deng, H.: Analysis and synthesis of fixturing dynamic stability in machining accounting for material removal effect, PhD Dissertation, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, December 2006, 177 p.
- [6] Deng, H. Y., Melkote, S. N.: Determination of minimum clamping forces for dynamically stable fixturing. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2006, Vol. 46, No. 7-8, pp. 847-857, ISSN 0890-6955.
- [7] DeMeter, E. C.: Min-max load model for optimizing machine fixture performance. *Journal of Engineering for Industry*, 1995, Vol. 117, No. 2, pp. 183-186, ISSN 0022-0817.
- [8] DeMeter, E. C.: Fast Support Layout Optimization. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 1998, Vol. 38, No. 10, pp. 1221–1239, ISSN 0890-6955.
- [9] DeMeter, E. C., Xi, W., Choudhuri, S., Vallapuzha, S., Trethewey, M.: A Model to Predict Minimum Required Clamp Pre-loads in Light of Fixture-Workpiece Compliance. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2001, Vol. 41, No. 7, pp. 1031-1054, ISSN 0890-6955.
- [10] Li, B., Melkote, S. N., Liang, S. Y.: Analysis of reactions and minimum clamping force for machining fixtures with large contact areas. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2000, Vol. 16, No. 2, pp. 79-84, ISSN 0268-3768.
- [11] Li, B., Melkote, S. N.: Fixture clamping force optimisation and its impact on workpiece location accuracy. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2001, Vol. 17, No. 2, pp. 104-113, ISSN 0268-3768.
- [12] Liu, S. G., Zheng, L., Zhang, Z. H., Wen, D. H.: Optimal fixture design in peripheral milling of thin-walled workpiece. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2006, Vol. 28, No. 7-8, pp. 653-658, ISSN 0268-3768.
- [13] Liu, S. G., Zheng, L., Zhang, Z. H. Li, Z. Z., Liu, D. C.: Optimization of the number and positions of fixture locators in the peripheral milling of a low-rigidity workpiece. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2007, Vol. 33, No. 7–8, pp. 668–676, ISSN 0268-3768.
- [14] Nee, A. Y. C., Tao, J. Z., Kumar, S, A.: *An Advanced Treatise on Fixture Design and Planning*, World Scientific, 2004, 264 p., ISBN 981-256-059-9.

- [15] Prabhakaran, G., Padmanaban, K. P., Krishnakumar, R.: Machining fixture layout optimization using FEM and evolutionary techniques. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2007, Vol. 32, No. 11-12, pp. 1090–1103, ISSN 0268-3768.
- [16] Ratchev, S., Phuah, K., Liu, S.: FEA-based methodology for the prediction of part-fixture behaviour and its applications. *Journal of Materials Processing Technology*, 2007, Vol. 191, No. 1-3, pp. 260-264, ISSN 0924-0136.
- [17] Roy, U., Liao, J. M.: Fixturing analysis for stability consideration in an automated fixture design system. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 2002, Vol. 124, No. 1, pp. 98-104, ISSN 1087-1357.
- [18] Satyanarayana, S., Melkote, S. N.: Finite element modeling of fixture-workpiece contacts: single contact modeling and experimental verification. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2004, Vol. 44, No. 9, pp. 903-913, ISSN 0890-6955.
- [19] Siebenaler, S.P., Melkote, S.N.: Prediction of workpiece deformation in a fixture system using the finite element method. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2006, Vol. 46, No. 1, pp. 51-58, ISSN 0890-6955.
- [20] Shirinzadeh, B.: Strategies for planning and implementation of flexible fixturing systems in a computer integrated manufacturing environment. *Computers in Industry*, 1996, Vol. 30, No. 3, pp. 175-183, ISSN 0166-3615.
- [21] Tadic, B., Jeremić, B., Todorović, P., Vukelić, Đ., Proso, U., Mandić, V., Budak, I.: Efficient workpiece clamping by indenting cone-shaped elements, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 2012, JPEM-D-11-00404, ISSN 2234-7593.
- [22] Tadic, B., Vukelic, D., Hodolic, J., Mitrovic, S., Eric, M.: Conservative-Force-Controlled Feed Drive System for Down Milling, *Strojniski vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 2011, Vol. 57, No. 5, pp. 425-439, ISSN 0039-2480.
- [23] Tan, E. Y. T., Kumar, A. S., Fuh, J. Y. H., Nee, A. Y. C.: Modeling, analysis, and verification of optimal fixturing design. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2004, Vol. 1, No. 2, pp. 121-132, ISSN 1545-5955.
- [24] Vukelic, D., Tadic, B., Luzanin, O., Budak, I. Krizan, P., Hodolic, J.: A rule-based system for fixture design, *Scientific Research and Essays*, 2011, Vol. 6, No. 27, pp. 5787-5802, ISSN 1992-2248.
- [25] Wang, Y., Xie, J. F., Wang, Z. J., Gindy, N.: A parametric FEA system for fixturing of thin-walled cylindrical components. *Journal of Materials Processing Technology*, 2008, Vol. 205, No. 1-3, pp. 338-346, ISSN 0924-0136.
- [26] Wang, Y., Chen, X., Gindy, N., Xie, J.: Elastic deformation of a fixture and turbine blades system based on finite element analysis. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, Vol. 36, No. 3-4, pp. 296-304, ISSN 0268-3768.

- [27] Zheng, Y., Rong, Y., Hou, Z.: The study of fixture stiffness part I: a finite element analysis for stiffness of fixture units. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, Vol. 36, No. 9-10, pp. 865-876, ISSN 0268-3768.
- [28] Zheng, Y., Hou, Z., Rong, Y.: The study of fixture stiffness - Part II: contact stiffness identification between fixture components. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, Vol. 38, No. 1-2, pp. 19-31, ISSN 0268-3768.



Наш број: _____

Ваш број: _____

Датум: 2012-06-16

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 34. редовној седници одржаној дана 23.05.2012. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 13. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

У циљу доношења одлуке о прихватању *техчког решења – (M82) под називом:*

ИНДУСТРИЈСКИ ПРОТОТИП УРЕЂАЈА ЗА ИСПИТИВАЊЕ СТАТИЧКЕ ПОПУСТЉИВОСТИ И НОСИВОСТИ СПОЈА ЕЛЕМЕНАТА ЗА СТЕЗАЊЕ И РАДНОГ ПРЕДМЕТА

Аутори техничког решења

- др **Игор Будаk**, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија,
- др **Бранко Тадић**, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, Србија,
- др **Бранислав Јеремич**, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, Србија,
- др **Ђорђе Вукелић**, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија,
- мсц **Драгомир Миљанић**, Металик ДОО, Никшић, Црна Гора,
- др **Петар Тодоровић**, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, Србија,
- др **Јанко Ходолич**, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија.

именују се рецензенти:

- др **Живана Јаковљевић**, доцент, Машински факултет, Београд, Краљице Марије 16, УНО: Производно машинство.
- др **Милентије Стефановић**, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, Сестре Јањић 6, УНО: Производно машинство и индустријски инжењеринг

Техничко решење је развијено у оквиру пројекта технолошког развоја **ТР-35020**

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Тачност података оверава:
Секретар

Јасмина Димић, дипл. правник

Иван Нешковић, дипл. правник



Проф. др **Илија Ђосић**

Odlukom Naučno-nastavnog veća Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu na 34. redovnoj sednici održanoj dana 23.05.2012. godine imenovana sam za recenzenta tehničkog rešenja "Industrijski prototip uređaja za ispitivanje statičke popustljivosti i nosivosti spoja elemenata za stezanje i radnog predmeta", autora: dr Igora Budaka, dr Branka Tadića, dr Branislava Jeremića, dr Đorđa Vukelića, mr Dragomira Miljanića, dr Petra Todorovića i dr Janka Hodolića.

Na osnovu priložene dokumentacije tehničkog rešenja podnosim sledeći

IZVEŠTAJ

Tehničko rešenje "Industrijski prototip uređaja za ispitivanje statičke popustljivosti i nosivosti spoja elemenata za stezanje i radnog predmeta" autora dr Igora Budaka, dr Branka Tadića, dr Branislava Jeremića, dr Đorđa Vukelića, mr Dragomira Miljanića, dr Petra Todorovića i dr Janka Hodolića, realizovano 2012. godine se sastoji od sledećih poglavlja:

1. Opis problema koji se rešava tehničkim rešenjem,
2. Stanje rešenosti problema u svetu - prikaz i analiza postojećih rešenja,
3. Suština tehničkog rešenja,
4. Detaljan opis tehničkog rešenja (uključujući i prateće ilustracije i tehničke crteže), i
5. Literatura.

Autori tehničkog rešenja su uradili tekstualnu dokumentaciju na 23 strane, uključujući ilustracije i tehničke crteže (ukupno 34 slike).

Tehničko rešenje pripada polju tehničko-tehnoloških nauka i oblasti mašinskog inženjerstva.

Naručilac i korisnik tehničkog rešenja je Metalik DOO, Nikšić, Crna Gora.

Tehničko rešenje je realizovano u okviru projekta "Istraživanje i razvoj metoda modeliranja i postupaka izrade dentalnih nadoknada primenom savremenih tehnologija i računarom podržanih sistema" (Broj projekta TR 35020, Program istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011.-2014., Tehnološka oblast - Mašinstvo, Rukovodilac projekta: Prof. dr Janko Hodolić).

Segmenti istraživanja u toku realizacije tehničkog rešenja su predhodno publikovani u tri rada u međunarodnim časopisima sa SCI liste, i to:

- Tadic, B., Jeremić, B., Todorović, P., Vukelić, Đ., Proso, U., Mandic, V., Budak, I.: Efficient workpiece clamping by indenting cone-shaped elements, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 2012, JPEM-D-11-00404, ISSN 0924-0136. (M21)
- Tadić, B., Vukelić, Đ., Hodolić, J., Mitrović, S., Erić, M.: Conservative-Force-Controlled Feed Drive System for Down Milling, Strojnicki vestnik - Journal of Mechanical Engineering, 2011, Vol. 57, No. 5, pp. 425-439, ISSN 0039-2480. (M23)
- Vukelić, Đ., Tadić, B., Lužanin, O., Budak, I. Križan, P., Hodolić, J.: A rule-based system for fixture design, Scientific Research and Essays, 2011, Vol. 6, No. 27, pp. 5787-5802, ISSN 1992-2248. (M23)

MIŠLJENJE I ZAKLJUČAK

Analizom dostavljene dokumentacije za tehničko rešenje pod nazivom "Industrijski prototip uređaja za ispitivanje statičke popustljivosti i nosivosti spoja elemenata za stezanje i radnog predmeta ", autora: dr Igora Budaka, dr Branka Tadića, dr Branislava Jeremića, dr Đorđa Vukelića, MSc Dragomira Miljanića, dr Petra Todorovića i dr Janka Hodolića, može se konstatovati sledeće:

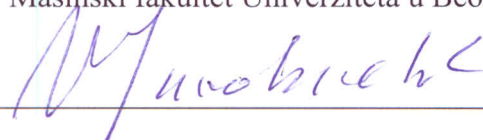
- Dokumentacija tehničkog rešenja sadrži: autore rešenja, ključne reči, naziv tehničkog rešenja, godinu kada je rešenje urađeno, oblast na koju se tehničko rešenje odnosi, problem koji se tehničkim rešenjem rešava, stanje rešenosti tog problema u svetu, objašnjenje suštine tehničkog rešenja, detaljan opis sa karakteristikama, način realizacije i primene tehničkog rešenja.
- Autori tehničkog rešenja su jasno prikazali i obradili kompletnu strukturu tehničkog rešenja. Primenom razvijenog industrijskog prototipa za ispitivanje statičke popustljivosti i nosivosti spoja elemenata za stezanje i radnog predmeta moguće je kreirati namenske stezne elemente koji imaju značajne prednosti u odnosu na standarde elemente za stezanje (stezne zavrtnjeve, stezne šape i sl.) i po pitanju učinkovitosti i po pitanju fleksibilnosti. Upotrebom specijalno konstruisanih elemenata za stezanje ili umetaka značajno se povećava nosivost kontakta između radnog predmeta i elemenata za stezanje, a takođe se smanjuje njegova popustljivost. Industrijski prototip je tehnički lako izvodljiv, ne zahteva značajna finansijska sredstva, i ne izaziva negativne estetske efekte na radnim predmetima. Potrebno je naglasiti i pozitivne uticaje primene ovakvog rešenja na efikasnost i produktivnost s obzirom na to da omogućuju obradu velikim brzinama rezanja, velikim brzinama pomoćnog kretanja, velikim presecima strugotine i srazmerno visokim vrednostima sila rezanja.
- Tehničko rešenje je uvedeno u proizvodnju u proizvodnom sistemu Metalik DOO (Nikšić, Crna Gora).
- Tehničko rešenje pored stručne komponente, pruža originalan teorijski i naučno-istraživački doprinos.

Predlažem Naučno-nastavnom veću Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu da se industrijski prototip pod nazivom "Industrijski prototip uređaja za ispitivanje statičke popustljivosti i nosivosti spoja elemenata za stezanje i radnog predmeta" prihvati kao novo tehničko rešenje i da se u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača ("Službeni glasnik RS", broj 38/2008) klasifikuje kao rezultat **"M82 Nova proizvodna linija, novi materijal, industrijski prototip, novo prihvaćeno rešenje problema u oblasti makroekonomskog, socijalnog i problema održivog prostornog razvoja uvedeni u proizvodnju"**.

Beograd, 30.05.2012.

Doc. dr Živana Jakovljević

Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu



Odlukom Naučno-nastavnog veća Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu na 34. sednici održanoj dana 23.05.2012. godine imenovan sam za recenzenta tehničkog rešenja "Industrijski prototip uređaja za ispitivanje statičke popustljivosti i nosivosti spoja elemenata za stezanje i radnog predmeta", autora: dr Igora Budaka, dr Branka Tadića, dr Branislava Jeremića, dr Đorđa Vukelića, mr Dragomira Miljanića, dr Petra Todorovića i dr Janka Hodolića. Na osnovu priložene dokumentacije tehničkog rešenja i "Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača" (Službeni glasnik RS, broj 38/2008) podnosim sledeći

IZVEŠTAJ

Osnovni podaci:

Autori tehničkog rešenja	dr Igor Budak, dr Branko Tadić, dr Branislav Jeremić, dr Đorđe Vukelić, mr Dragomir Miljanić, dr Petar Todorović, dr Janko Hodolić
Naziv tehničkog rešenja	Industrijski prototip uređaja za ispitivanje statičke popustljivosti i nosivosti spoja elemenata za stezanje i radnog predmeta
Polje	Tehničko-tehnološke nauke
Oblast	Mašinsko inženjerstvo
Naručilac i korisnik	DOO Metalik, Nikšić, Crna Gora
Projekat	"Istraživanje i razvoj metoda modeliranja i postupaka izrade dentalnih nadoknada primenom savremenih tehnologija i računarnom podržanih sistema" Broj projekta TR 35020, Program istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011.-2014., Tehnološka oblast - Mašinstvo, Rukovodilac projekta: Prof. dr Janko Hodolić

MIŠLJENJE

Autori tehničkog rešenja su uradili tekstualnu dokumentaciju na 23 strane, uključujući ilustracije i tehničke crteže (ukupno 34 slike). Dokumentacija tehničkog rešenja sadrži: autore tehničkog rešenja, naziv tehničkog rešenja, godinu kada je rešenje urađeno, oblast na koju se tehničko rešenje odnosi, problem koji se tehničkim rešenjem rešava, stanje rešenosti tog problema u svetu, objašnjenje suštine tehničkog rešenja, detaljan opis sa karakteristikama, način realizacije i primene tehničkog rešenja. Tehničko rešenje se sastoji od sledećih poglavlja: Opis problema koji se rešava tehničkim rešenjem, Stanje rešenosti problema u svetu - prikaz i analiza postojećih rešenja, Suština tehničkog rešenja, Detaljan opis tehničkog rešenja i Literatura. Autori tehničkog rešenja su jasno prikazali i teorijski obradili kompletnu strukturu tehničkog rešenja.

Prikazano rešenje bazirano je na potpuno novoj metodi stezanja radnih predmeta, i daje originalan teorijski i naučno-istraživački doprinos u istraživačkoj oblasti. Tehničko rešenje obezbeđuje ispitivanje statičke popustljivosti i nosivosti između elemenata za stezanje pribora i radnog predmeta neposredno pre izvođenja procesa mašinske obrade. Na taj način je moguće izvršiti optimizaciju konstrukcije pribora, u smislu definisanja optimalnog položaja i inteziteta sile steznja, izborom takvih elementa za stezanje koji će obezbediti obradu odgovarajućih površina radnog predmeta uz zadovoljenje osnovnog zahteva da sve geometrijske specifikacije radnog predmeta budu u granicama tolerancije. Sa druge strane originalnost metodologije na kojoj se zasniva tehničko rešenje je bazirano na utiskivanju elementa za stezanje u radni predmet po ne funkcionalnim površinama radnog predmeta. Vrednosti utiskivanja su izuzetno male, reda veličine maksimalne veličine neravnina, čime se, sa jedne strane, ne utiče negativno na estetiku površina radnog predmeta, a sa druge strane se povećava krutost sistema pribor-radni predmet. Na taj način se stvaraju uslovi za drastično povećanje režima rezanja što opet ima za posledicu minimizaciju vremena, odnosno maksimizaciju produktivnost obrade.

Tehničko rešenje sadrži i stručnu i praktičnu komponentu, s obzirom da je uspešno implemetirano u industrijskoj proizvodnji.

Segmenti istraživanja u toku realizacije tehničkog rešenja su predhodno publikovani u tri članka u časopisima:

- Tadic, B., Jeremic, B., Todorovic, P., Vukelic, Đ., Proso, U., Mandic, V., Budak, I.: Efficient workpiece clamping by indenting cone-shaped elements, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 2012.
- Tadic, B., Vukelic, Đ., Hodolic, J., Mitrovic, S., Eric, M.: Conservative-Force-Controlled Feed Drive System for Down Milling, Strojniski vestnik - Journal of Mechanical Engineering, 2011.
- Vukelic, Đ., Tadic, B., Lužanin, O., Budak, I. Križan, P., Hodolic, J.: A rule-based system for fixture design, Scientific Research and Essays, 2011.

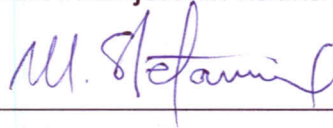
ZAKLJUČAK

Na osnovu dostavljene dokumentacije o tehničkom rešenju i "Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača" (Službeni glasnik RS, broj 38/2008) predlažem Naučno-nastavnom veću Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu da se "Industrijski prototip uređaja za ispitivanje statičke popustljivosti i nosivosti spoja elemenata za stezanje radnog predmeta" prihvati kao novo tehničko rešenje i klasifikuje kao rezultat kategorije "M82 Nova proizvodna linija, novi materijal, industrijski prototip, novo prihvaćeno rešenje problema u oblasti makroekonomskog, socijalnog i problema održivog prostornog razvoja uvedeni u proizvodnju".

03.06.2012, Kragujevac

dr Milentije Stefanović, redovni profesor

Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu





УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Декапат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndeap@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАДЖМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2012-06-28

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 36редовној седници одржаној дана 27.06.2012. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 14. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Одлука

На основу извештаја рецензената прихвата се **техничко решење – (M82) под називом:**

ИНДУСТРИЈСКИ ПРОТОТИП УРЕЂАЈА ЗА ИСПИТИВАЊЕ СТАТИЧКЕ ПОПУСТЉИВОСТИ И НОСИВОСТИ СПОЈА ЕЛЕМЕНАТА ЗА СТЕЗАЊЕ И РАДНОГ ПРЕДМЕТА

Аутори техничког решења

- др Игор Будак, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија,
- др Бранко Тадић, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, Србија,
- др Бранислав Јеремић, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, Србија,
- др Ђорђе Вукелић, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија,
- мсц Драгомир Миљанић, Металик ДОО, Никшић, Црна Гора,
- др Петар Тодоровић, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, Србија,
- др Јанко Ходолич, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија.

Техничко решење је развијено у оквиру пројекта технолошког развоја **ТР-35020**

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Тачност података оверава:
Секретар

Јасмина Димић, дипл. правник

Иван Нешковић, дипл. правник



Проф. др Ивица Ђосић