

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK

Sveučilišni studij

VAKUUMSKI MOTOR „JEDAČ PLAMENA“

Marko Pinjuh

Osijek, lipanj 2013.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK

Sveučilišni studij

VAKUUMSKI MOTOR „JEDAČ PLAMENA“

Mentor: izv. prof. dr. sc. Tomislav Barić, dipl.ing.

Izradio: Pinjuh Marko

Osijek, lipanj 2013.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. STIRLINGOV MOTOR.....	2
3. VAKUUMSKI MOTOR.....	3
4. VAKUUMSKI MOTOR S UNUTARNJIM GLAVNIM VENTILOM	6
4.1. Princip rada vakuumskog motora s unutarnjim glavnim ventilom.....	7
4.2. Prednosti dizajna unutarnjeg glavnog ventila.....	9
4.3. Specifikacije	10
4.4. Postavljanje motora	11
4.5. Postavljanje stijena plamenika.....	11
4.6. Izvedbe motora	12
5. TEHNIČKA DOKUMENATACIJA VAKUUMSKOG MOTORA „JEDAČ PLAMENA“.....	13
6. ODABIR MATERIJALA ZA IZRADU „JEDAČA PLAMENA“	14
6.1. Visokolegirani martenzitni čelici.....	14
6.2. Visokolegirani austenitni čelici	14
7. POSTUPAK MEHANIČKE IZRADE	16
7.1. Potrebni materijali	16
7.2. Potreban alat	16
8. KONTROLNA LISTA OTKLONA KVAROVA.....	18
8.1. Motor mora glatko raditi.....	18
8.2. Hermetičnost klipa i unutarnjeg ventila.....	19
8.3. Materijali za cilindar, klip i ventil	19
8.4. Gorivo za plamenik	21
8.5. Održavanje motora.....	21
9. PREDNOSTI I NEDOSTATCI.....	22
10. PRIMJENA	23

11. ZAKLJUČAK.....	25
LITERATURA	27
ŽIVOTOPIS.....	28
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I SIMBOLA	37
PRILOZI.....	38
PRILOG P.5	38
PRILOG P.6	49
SPONZORI I DONATORI	94
PODRŠKA	96

1. UVOD

Vakuumski motor dobiva svoju snagu iz pritiska zraka na jednoj strani klipa na čijoj se drugoj strani nalazi parcijalni vakuum.

Iako se vakuumski motor smatra podvrstom Stirlingovog motora, vakuumski je motor puno jednostavnije konstrukcijski napravljen te je drugačije koncipiran. Stirlingov motor je motor s vanjskim izgaranjem.

Uz sam inovacijski rad napravljen je i model (maketa) motora „Jedač plamena“, a priložena je i potrebna dokumentacija za njegovu izradu. Ovakav motor, u svojoj punoj veličini bi se lako dao uklopliti u postrojenje.

2. STIRLINGOV MOTOR

Nekadašnji plinski motori su radili na principu vakuma ili „atmosfere“ na sličan način kao Newcomenov parni motor. U tom motoru smjesa plina i zraka se dovedi unutar cilindra i zatim se zapaljuje. Nakon toga se smjesa širi i dio nje odlazi kroz ispušni ventil. Zatim se ventil zatvara i smjesa plina i zraka unutar cilindra se hlađi te skuplja. Zbog razlike tlakova unutar i izvan cilindra atmosferski tlak gurne klip. Takvi su motori bili vrlo neučinkoviti, stoga su ih zamijenili motori koji su radili na Ottov ciklus.

Vakuumski motor je motor na vrući zrak i razlikuje se od Stirlingovog motora. Stirlingov motor (motor s topnim zrakom) radi kao klipni motor s vanjskim izgaranjem, odnosno s vanjskim dovodom topline i sa zatvorenim kružnim procesom. Proces se odvija u četiri koraka, a izvodi se pomoću dva klipa, od kojih je jedan radni klip, a drugi služi samo kao potiskivač. Proces se odvija između dvije izoterme i dvije izohore. Izotermni proces je termodinamički proces u kojemu se temperatura sustava ne mijenja, dok je izohorni proces onaj proces kod kojega su količina tvari i obujam nepromijenjeni.

„Zatvoreni kružni proces iziskuje topli i hladni prostor, u kojem se pri početku procesa nalazi sav radni medij. Radni medij se pomoću radnog klipa izotermno sabija uz odvođenje topline. Radni medij pritom prolazi kroz regenerator i preuzima toplinu koja je pohranjena iz prijašnjeg procesa, tako da pri izohori dolazi do povećanja temperature i tlaka. Radni medij se dalje grije u toplom prostoru, pri čemu mu se uz konstantnu temperaturu povećava obujam. Radni medij se sada pri konstantnom volumenu istovremenim hodom oba klipa potiskuje iz toplog prostora kroz regenerator u hladni prostor. Radni medij istovremeno predaje toplinu regeneratoru i hlađi se, tako da mu tlak pada.“¹

Postoji nekoliko različitih izvedbi ovog motora.

¹ http://hr.wikipedia.org/wiki/Stirlingov_motor (11.05.2013.)

3. VAKUUMSKI MOTOR

Vakuumski motor dobiva svoju snagu iz pritiska zraka na jednoj strani klipa na čijoj se drugoj strani nalazi parcijalni vakuum. Termin parcijalni vakuum zapravo podrazumijeva nesavršeni vakuum, a kvaliteta parcijalnog vakuuma podrazumijeva koliko je on blizu savršenom.²

Na početku se radnog takta motora otvara ventil u cilindru u kojeg se propušta nalet vrućeg plina i zraka. Potom se ventil zatvara i vrući se zrak zadržava unutar cilindra te se potom širi. Pri kraju takta smjesa vrućeg plina i zraka dolazi u dodir sa zrakom ili vodom hlađenim dijelom cilindra. Zbog toga se vruća smjesa hlađi, što uzrokuje nagli pad tlaka, a to dovodi do uvlačenja klipa na početnu točku. Ovime završava radni takt motora, ventil se opet otvara u trenutku kada klip izbacuje vrući zrak van cilindra.³

Vakuumski motori su se često koristili za pokretanje željezničkih okretnica u Ujedinjenom Kraljevstvu, uporabom vakuuma stvorenog pomoću pare. Princip rada je identičan parnom stroju jer se u oba slučaja snaga dobiva iz razlike tlakova.

Mali vakuumski motori su također bili korišteni za rad brisača u automobilima. U ovom slučaju motori su bili napajani preko razdjelnika vakuuma. Takva struktura nije bila zadovoljavajuća, jer ako se ventil otvorio široko (dodavanjem gasa) motori bi usporili. Moderni automobili koriste brisače na električni pogon.

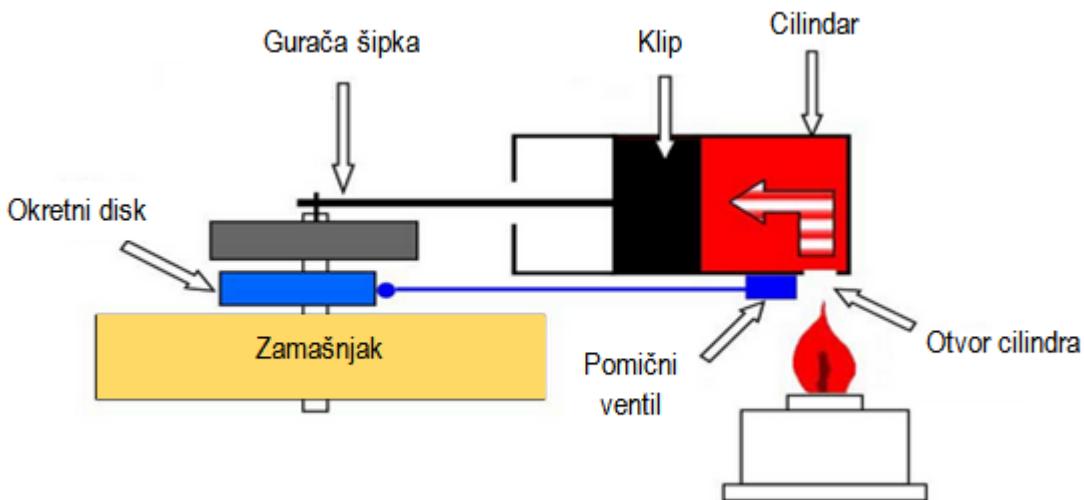
Sam je princip vakuumskog motora vrlo star, Henryju Woodu je već davne 1758. godine odobren patent.

Jan Ridders, nizozemski inženjer i strojar, je iskoristio već postojeći Stirlinogov motor te njegov koncept primijenio za izradu novog vakuumskog motora 2003. godine, popularno nazvanog „Jedač plamena“. Njegovi su radovi i nacrti dostupni online za slobodno korištenje. Njegova inačica vakuumskog motora doživjela je nekoliko izvedbi od kojih su najpoznatije vakuumski motor s vanjskim ventilom i vakuumski motor s unutarnjim ventilom.

² <http://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum> (11.05.2013.)

³ http://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_engine (11.05.2013.)

Motor iz 2003. godine imao je vanjski glavni ventil (pomični ventil) kako je to prikazano slikom 3.1.



Slika 3.1. Vakuumski motor s vanjskim glavnim ventilom

Rad tog motora može se opisati kroz četiri takta koji slijede u nastavku.⁴

1. Pomicanje klipa u lijevo je uzrokovano okretanjem zamašnjaka. Pomični ventil ne prekriva otvor cilindra, stoga u cilindar ulazi vrući zrak.
2. Prije samog pomicanja klipa u krajnju lijevu točku, pomični ventil zatvara otvor cilindra. Vrući plin koji se sada nalazi unutar cilindra predaje svoju toplinu relativno hladnim stjenkama cilindra te se plin tako hlađi.
3. Zbog hlađenja plina, on se sakuplja unutar cilindra stvarajući parcijalni vakuum unutar cilindra. Tlak zraka izvan cilindra je viši nego onaj unutar, što uzrokuje pomicanje klipa prema desno, iz čega motor stvara svoju snagu. Pomični ventil još uvijek prekriva otvor cilindra.
4. Nekoliko trenutaka prije nego što klip dođe u desnu mrtvu točku, pomični ventil se pomiče i otvara otvor na cilindru. Ohlađeni plin je teži od vrućeg plina, stoga on izlazi iz cilindra kroz otvor na njegovom dnu, a u cilindar ponovno ulazi vrući plin.

⁴ http://ridders.nu/Webpaginas/pagina_happer_principle/happerprinciple_frameset.htm (12.05.2013.)

Unaprijeđena inačica ovog motora napravljena je 2011. godine, ponajviše zbog toga što izvorni dizajn ima ozbiljnih nedostataka. Glavni razlog za ponovnu izradu motora je hrđe unutar cilindra.

Najveće promjene prilikom izrade motora su:

- cilindar je napravljen od nehrđajućeg čelika umjesto lijevanog željeza
- klipovi su napravljeni od grafita umjesto lijevanog željeza
- povećan je promjer cilindarske rupe i klipova s 18 mm na 22 mm
- ponegdje je napravljeno pojednostavljenje mehaničke konstrukcije.

S ovim promjenama se sprječava nastajanje hrđe i osigurava se samopodmazivanje pomoću grafita koji omogućava 100 % pouzdanosti u radu s malo održavanja koje u većini slučajeva nije ni potrebno. Prilikom povećanja cilindra uvelike se povećala snaga i to za 50%, odnosno smanjena je šansa da motor radi u kritičnom stanju.

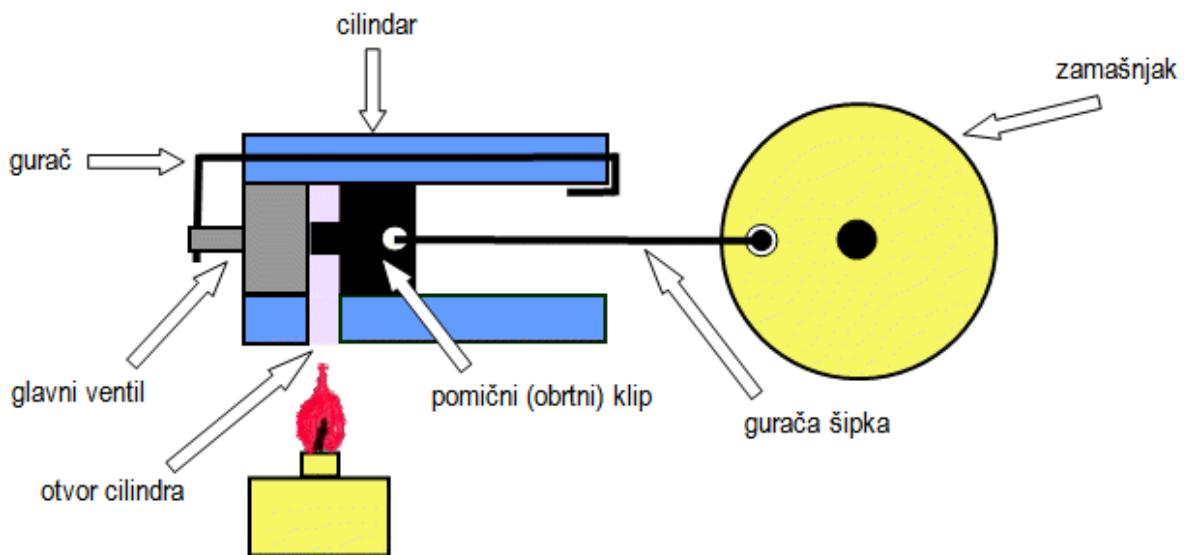
Broj dijelova je ponegdje smanjen i neki su dijelovi izmijenjeni, kao na primjer hvatač klipa i hod klina iza klipa. Sad je dovoljno namjestiti hod klina na gurač šipke pa postoji vrlo malo prostora kad je klip na krajnjem donjem položaju.

4. VAKUUMSKI MOTOR S UNUTARNJIM GLAVNIM VENTILOM

Princip vakuumskog motora vrlo je jednostavan. Ipak, klasična konstrukcija s vanjskim glavnim ventilom koji zatvara i otvara otvor u cilindru svakog ciklusa je proporcionalno složena. Prilagođavanje ovog ventila sa svim upravljačkim mehanizmima je ključno. Mala odstupanja lako rezultiraju lošim ili nikakvim radom motora.

1. Previsoki pritisak opruge na zupčani kolut ponaša se kao kočnica motora. S druge strane, ukoliko je taj pritisak premal, utoliko sustav počinje fluktuirati, stoga vrijeme takta glavnog ventila postaje kritično.
2. Pritisak opruge poprečan kretanju glavnog ventila je također kritičan. Previsoki pritisak znači štetno trenje, prenizak uzrokuje curenje smjese između površine ventila i cilindra.
3. Ako se obrtni klip pomakne prema glavi cilindra (kao rezultat podtlaka) plinski plamenovi su u isto vrijeme potisnuti. Taman prije nego klip stigne do glave cilindra tlak u cilindru postaje jednak tlaku zraka. Ako je otvor cilindra otvoren prekasno glavnim ventilom, tlak će porasti ali do ograničene vrijednosti, a ne do odgovarajuće vrijednosti. S druge strane, oslobođajući otvor prerano dovodi do gubitka snage motora. Dakle, eksperimentalno se mora utvrditi širina zuba jer isto utvrđuje uzorak kretanja glavnog ventila. Trenutak gdje se tlak izjednačava sa tlakom zraka također ovisi o temperaturi cilindra. Ova temperatura cilindra varira, ali kretanje glavnog ventila ne.

Ovaj nedostatak je doveo do ideje implementiranja unutarnjeg glavnog ventila (slika 4.1.), umjesto vanjskog. Drugi klip proizvodi mali udar na unutarnjem ventilu i time zatvara te otvara otvor cilindra s unutarnje strane, umjesto s vanjske. Ova konstrukcija omogućava korištenje ventila direktno s obrtnog klipa na vrlo jednostavan način.



Slika 4.1. Vakuumski motor s unutarnjim glavnim ventilom

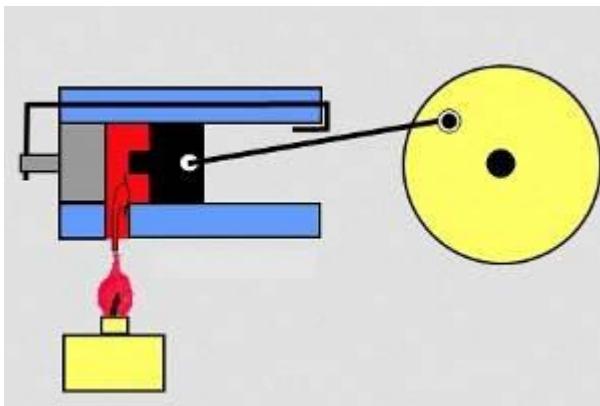
4.1. Princip rada vakuumskog motora s unutarnjim glavnim ventilom

Ako se obrtni klip namješta prema prednjoj mrtvoj točci, pogurat će glavni ventil preko otvora cilindra i zatvorit će ga, a gurač će se u isto vrijeme horizontalno kretati kroz otvor u vanjskom zidu cilindra. U tom trenu vrući plinski plamenovi su zatvoreni u cilindru i počinju se hladiti. Ovo stvara djelomični vakuum u cilindru i postepeno prenosi silu na obrtni klip koji ga gura prema stražnjoj mrtvoj točci. Ovo uzrokuje radni udar motora i učinkovito izbijanje motora. Ovaj je vakuum primjenjen na unutarnjem glavnem ventilu i drži ga u pravilnom položaju, tako da otvor u cilindru ostaje zatvoren.

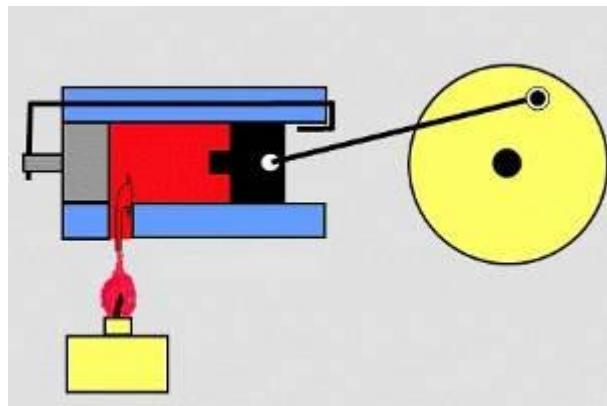
Ako se obrtni klip pomakne u lijevo, plinovi u cilindru su također potisnuti. U tom trenu tlak postaje jednak tlaku zraka i glavni se ventil automatski otvara. To također radi kao automatsko olakšanje ventila tako da do protutlaka ne može ni doći.

Mali Zub na obrtnom klipu mehanički gura glavni ventil na krajnji stražnji položaj kad je obrtni klip pokrenut zamašnjakom. Tada je otvor spreman da plinski plamenovi uđu u cilindar kad se obrtni klip opet prema prednjoj mrtvoj točci zbog efekta zamašnjaka. Ovaj se ciklus ponavlja kad se obrtni klip ponovno vrati u krajnji stražnji položaj.

Pri atmosferskom tlaku vrući zrak se uvlači kroz otvor u unutrašnjost cilindra kako je prikazano na slikama 4.2. i 4.3.

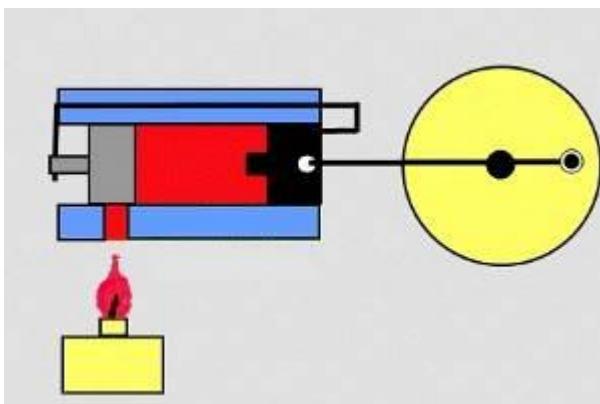


Slika 4.2. Uvlačenje vrućeg zraka u cilindar

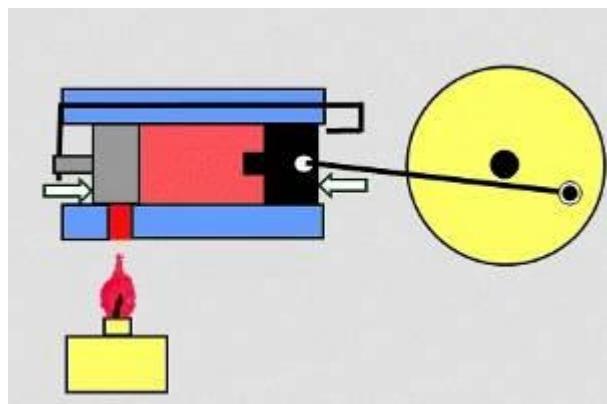


Slika 4.3. Širenje vrućeg zraka u unutrašnjosti cilindra

Vrući se zrak uvlači unutar sve do trenutka dok pomični klip, odnosno obrtni, ne dotiče hod klina. Nakon što pomični klip pomakne hod klina on automatski preko gurače šipke drugim klipom (glavnim ventilom) zatvara otvor u cilindru (slika 4.4.) i time više nema dovoda plamena u unutrašnjost cilindra.

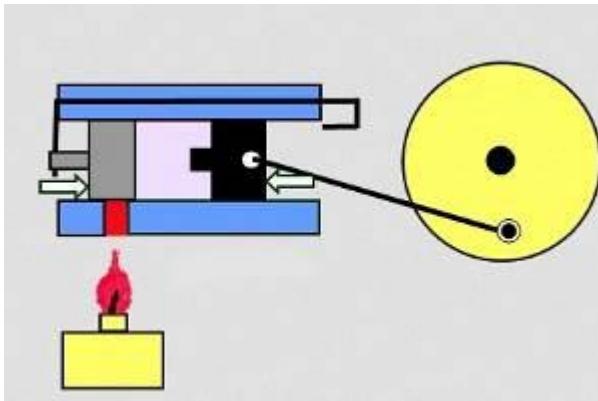


Slika 4.4. Zatvaranje otvora cilindra

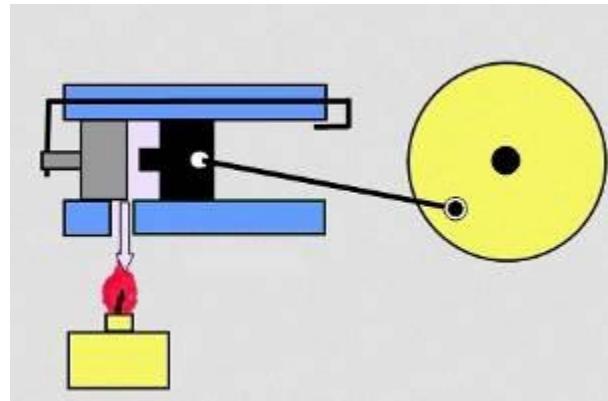


Slika 4.5. Hlađenje vrućeg plina u cilindru

Zarobljeni plinovi se hlađe i uzrokuju djelomičan vakuum te se tim postupkom vrši pritisak na naznačene klipove u određenome smjeru koji je predviđen slikama 4.5. i 4.6. Također se kasnije javlja pretlak koji uzrokuje djelomično otvaranje ventila (slika 4.7.), što olakšava ventil.

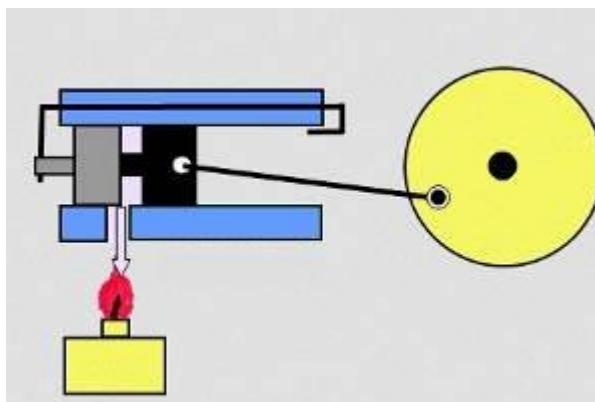


Slika 4.6. Stvaranje djelomičnog vakuma

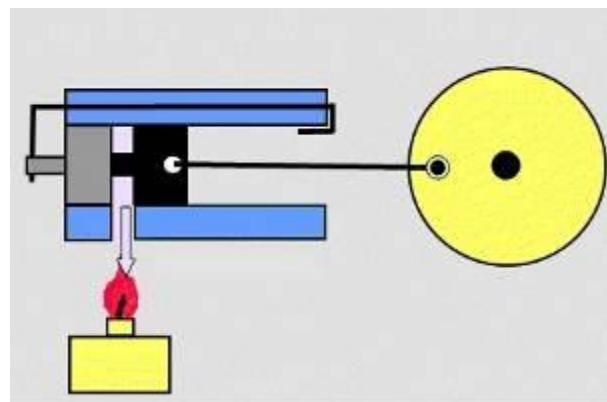


Slika 4.7. Djelomično otvaranje otvora cilindra

Prilikom rada obrtnog klipa u stražnjem položaju on udari o glavni ventil i njega odguruje do određene točke koja je definirana hodom klina te time osigurava 100 % otvaranje otvora za dovod vrućih plamenova unutar cilindra (slika 4.8.). Inercija zamašnjaka tada uzrokuje ponavljanje procesa. Dvostruka funkcija ventila je zatvaranje otvora i oslobođanje pretlaka kako bi se izbjeglo javljanje protusile (slika 4.9.).



Slika 4.8. Udaranje obrtnog klipa o unutarnji



Slika 4.9. Otvaranje otvora cilindra

4.2. Prednosti dizajna unutarnjeg glavnog ventila

Ovaj dizajn ima nekoliko prednosti u usporedbi s klasičnom konstrukcijom s vanjskim glavnim ventilom:

1. prilično nesiguran mehanizam sa zubnom osovinom, polugom i oprugom eliminiran je u potpunosti i s time također i kritične postavke zupčanog koluta, pritisak opruge na Zub i na glavni ventil te tempiranje odnosno podešavanje mehanizma
2. hermetična izolacija unutarnjeg glavnog ventila je samo stvar dobrog postavljanja u cilindar kao i obrtnog klipa

3. ograničeni pretlak u cilindru se ne može pojaviti jer glavni ventil otvara cilindarsku rupu u trenutku kad se tlak izjednači sa zračnim tlakom
4. trenje unutarnjeg glavnog ventila u cilindru značajno je niže nego ono kompletног mehanizma za vanjski ventil i nije potreban pritisak opruge
5. temperatura unutarnjeg ventila niža je od one vanjskog; stražnji ventil je zračen direktno plamenikom, kao i opruga koja mora održati vanjski ventil blizu površine cilindra
6. postavljanje parametara za rad motora se bezuvjetno odražava na dizajn; drugim riječima, ništa se ne može dodatno postavljati
7. zbog simetrije ovaj motor može raditi u oba smjera; možda nije izričita prednost, ali je svakako izvanredna
8. ovaj dizajn izrazito je jednostavan i izdržljiv s minimalnim dodacima koje je lako napraviti

4.3. Specifikacije

Klip i unutarnji glavni ventil napravljeni su od grafita. Najvažniji razlog je taj što je navedeni materijal samopodmazujući i ima nizak temperturni koeficijent. Ovo pomaže izbjegavanju zapinjanja klipa i glavnog ventila u cilindru. Prilikom izrade makete uz ovaj inovacijski rad za cilindar je korišten nehrđajući čelik zbog izbjegavanje taloženja hrđe. Otvor u cilindru mora biti jednako cilindričan i gladak. Promjer klipa kao i glavni ventil moraju biti nešto manji (0,003 mm ili manje) od promjera cilindarskog otvora, tako da se mogu gibati uz vrlo malo trenja, ali i osigurati protiv curenja smjese.

Gurač glavnog ventila je čelična opruga s promjerom 2 mm i vrlo lako klizi u svrdlo kroz cilindrični zid. S jedne strane nalazi se hvatač, upravljujući unutarnjim ventilom s nešto slobodnog mjesta, radi izbjegavanja mogućeg izvijanja. S druge strane gurača pričvršćen je manji dodatak na kojeg klip udara u krajnjem prednjem položaju kako bi zatvorio otvor u cilindru unutarnjim ventilom.

Na klipu se nalazi udarač koji mora biti postavljen uz šipku debljine 2 mm pričvršćen vijkom tako da postoji vrlo malo slobodnog prostora za klip kad je u svom krajnjem stražnjem položaju.

Samo odvijanje ovog udarača omogućuje jednostavno demontiranje šipke, klipa i glavnog ventila, npr. zbog čišćenja dijelova i unutarnje površine cilindra, ako je to potrebno.

4.4. Postavljanje motora

Kao što je već rečeno, na ovom motoru postoji vrlo malo toga što je potrebno postaviti. Jedino postavljanje odnosi se na namještanje udara na prednju poziciju guračke šipke. Kad se ovo pravilno odradi, rezultat je vidljiv pri laganom okretanju zamašnjaka.

U krajnjem prednjem položaju klipa unutarnji ventil je gurnut skroz preko plamenika u cilindru s oko barem 1 mm preklapanja.

U krajnjem stražnjem položaju klipa zub gura ventil na klip kako bi otvorio plamenik, ali unutarnji glavni ventil ostaje 1 mm preko otvora.

4.5. Postavljanje stijenja plamenika

Svi vakuumski motori osjetljivi su na veličinu plamena i njegovog položaja ispred cilindričnog otvora.

Bitno je izbjegći uvlačenje lažnog hladnog zraka u cilindar zajedno s plinskim plamenovima. Ovo se vrlo lako događa, ako dode do propuha pa nastane jako valoviti plameni. U tom slučaju, gotovo uvijek motor prestane raditi istog trena. Međutim, ovo se može dogoditi i s premalim plamenom.

Po našem iskustvu, širina i visina alkoholnog plamena mora biti skoro dva puta veća od one u otvoru cilindra.

Uvijek je potrebno namjestiti plamen nekoliko milimetara od centra otvora cilindra u smjeru glave cilindra. Plinski plamenovi su uvučeni pod određenim kutom.

Konačno, udaljenost plamena od otvora cilindra također je važna. Dakle, prije postavljanja alkoholnog plamenika na motoru potrebno je pronaći optimalan položaj plamenika pomicući ga rukom ispred otvora cilindra i uvidjeti kad motor najbolje radi.

Industrijski etanol (98 % alkohol) preferira se iznad alkohola ukoliko se može pronaći. Temperatura plamena puno je viša i uzrokuje manje taloga na klipu, glavnom ventilu i unutarnjoj strani cilindra.

4.6. Izvedbe motora

Motor se 100 % pouzdano pokreće istog trena ili najmanje jednu minutu nakon paljenja plamenika. U prvoj minuti kondenzirana voda iz plinskih plamenova, koja pomalo može usporiti motor, pomalo nestaje nakon zagrijavanja cilindra.

Kao što je rečeno, ovaj vakuumski motor može raditi u oba smjera. Ovo je izravna posljedica činjenice da uobičajeni zupčani kolut, koji pokazuje asimetriju u kružnom dijagramu, nedostaje u ovom dizajnu.

Maksimalna brzina okretanja je 400 do 500 okretaja u minuti ukoliko je sve dobro postavljeno.

5. TEHNIČKA DOKUMENATACIJA VAKUUMSKOG MOTORA „JEDAČ PLAMENA“

U prilogu P.5 ovog rada je dana tehnička dokumentacija korištena za izradu makete uz ovaj inovacijski rad.

Videozapis rada gotove funkcionalne makete vakuumskog motora „Jedač plamena“ moguće je pogledati na poveznici: <http://bit.ly/1k0BuJk>.

Funkcionalna se maketa nalazi na Elektrotehničkom fakultetu Osijek gdje se može i pogledati.

Napomena: u zadnjem nacrtu se nalazi šipka na kojoj je kotirana duljina x. Ovo je ostavljeno za slučaj ako dođe do neprecizne izvedbe cilindra ili jednog od klipova te da se preko navedene varijable može izvršiti namještanje radnog takta motora.

6. ODABIR MATERIJALA ZA IZRADU „JEDAČA PLAMENA“

Istraživanjem sam utvrdio koji su materijali pogodni za izradu ovoga motora. Za izvor informacija sam koristio skriptu *Specijalni čelici*, autora dr. sc. Stjepan Kožuh, doc.⁵

Za rad pri povišenim i visokim temperaturama nabolje bi bilo koristiti čelik i to visokolegirane martenzitne čelike ili visokolegirane austenitne čelike.

6.1. Visokolegirani martenzitni čelici

Visokolegirani martenzitni čelici moraju sadržavati oko 1 % molibdена и до 12 % kroma tako da se nakon kaljenja postigne potpuno martenzitna mikrostruktura uz što manji udio δ-ferita. Popuštanjem na temperaturama 550-750 °C dolazi do izlučivanja karbida molibdена, vanadija i kroma te precipitiranja intermetalnih faza što povoljno utječe na povećanje otpornosti na puzanje.

Primjena ovih čelika je najčešće kod izrade dijelova za dugotrajni rad pri temperaturama 550-600 °C (npr. lopatice, rotori, kućišta parnih turbina, cijevi pregrijivača pare, dijelovi otporni na djelovanje morske vode i sl.), stoga je ovo idealan materijal za izradu vakuumskog motora.

Najčešće korišteni tzv. super 12 % Cr martenzitni toplinski visokopostojani čelici su:

- X19CrMo12-1
- X11CrMoV12-1
- X20CrMoV12-1
- X19CrMoVNb11-1
- X20CrMoWV12-1

6.2. Visokolegirani austenitni čelici

Visokolegirani austenitni čelici zbog dodatnog legiranja s molibdenom, volframom, vanadijem, titanom i niobijem izlučuju karbide i intermetalne faze koje im povećavaju mehaničku otpornost pri visokim temperaturama.

⁵ <http://www.simet.unizg.hr/nastava/predavanja/specijalni-celici> (18.05.2013.)

Unatoč činjenici da im je čvrstoća pri 20 °C relativno niska ona porastom temperature vrlo sporo opada. Austenitni Cr-Ni čelici imaju vrlo visoku temperaturu rekristalizacije (900-1000 °C) pa se mogu dugotrajno primjenjivati pri temperaturama 600-750 °C.

Pored otpornosti na puzanje austenitne čelike karakterizira vrlo dobra kemijska postojanost i vatrootpornost.

Najčešće korišteni austenitni čelici za rad pri 600-800 °C su:

- X6CrNi18-11
- X8CrNiMoNb16-16
- X40CrNiCoNb13-13
- X40CoCrNi20-20-20
- X12CrNiWTi16-13
- X50CoCrNi20-20-20
- X6NiCrMoTi28-15

7. POSTUPAK MEHANIČKE IZRADE

Sam postupak se mehaničke izrade ovog motora vrši uz prethodno priloženu tehničku dokumentaciju rada uz uvjet da se posjeduje radni prostor, odnosno radni stol i radna podloga te uz poštivanje propisa za rad na siguran način. Također je potrebno nabaviti potrebnii materijal i alat koji će biti navedeni u narednom tekstu. Kada se sve navedeno pribavi može se krenuti s mehaničkom izradom rada uz praćenje uputa i objašnjenja koja su dana u priloženom tekstu.

Praćenje procesa u obliku fotografija i upute za izradu makete nalaze se u prilogu P.6.

7.1. Potrebni materijali

- lijevano željezo
- elektroda
- mast
- nehrđajući čelik
- stijenj
- ljepilo
- bronca
- petrolej
- ulje
- čelik
- alkohol između
96% do 98%
- platno
- mjed
- WD 40
- papir
- aluminij
- vijci
- plinska kartuša
- drvo
- temeljna boja
- voda
- vezivo za lemljenje
- boja po izboru
- emulzija
- grafit
- ležajevi
- zaštitna oprema
(rukavice,
naočale...)
- podloška

7.2. Potreban alat

- tokarski stroj
- različite ploče za kutnu brusilicu
- vinklo
- glodalica
- kamera brusilica
- turpija
- bušilica
- stroj za poliranje
- brusni papir glatki
- nastavci za bušilicu
- honer preciznosti
veće od 3 stote
- čekić
- stolna bušilica
- pomična mjerka
- nareznice i ureznice
različitih veličina
- kutna brusilica
- mikrometarski
vijak
- upuštači
- nastavci za kutnu
brusilicu
- škrip

- stezači
- specijalni ključevi
- odvijači
- aku bušilica
- boreri
- ručna pila (testera za drvo i metal)
- ubodna pila
- aparat za zavarivanje
- oprema za zavarivanje
- zračna bušilica
- zračna brusilica
- pištolj za ispuhivanje
- usisavač
- plinski plamenik za lemljenje, topljenje i zagrijavanje
- alat za oštrenje
- imbusi
- nož
- metar
- upaljač
- igla
- kistovi tanki i deblji
- sintetički razrjeđivač
- škare
- točkalo
- ključevi
- kliješta kombinirana, špičasta, ravna, zakriviljena
- kliješta za žicu
- šprica
- pribor za tehničko crtanje (olovka, gumica, dva trokuta, šestar, ravnalo, kutomjer)

8. KONTROLNA LISTA OTKLONA KVAROVA

Što učiniti ako dođe do problema s radom motora? Dana je sljedeća lista za lakši pronalazak uzroka i rješenja mogućih problema. Lista se treba pratiti sistematično kako je navedeno. Iznosi u istoj su povezani s onima u priloženom motoru koji dobro radi s najvećom brzinom od 400 do 500 okretaja u minuti.

8.1. Motor mora glatko raditi

Potrebno je shvatiti da je snaga ovog motora dosta slaba. Dinamika koja se javlja u cilindru uslijed tlaka, tijekom hlađenja uvučenih plinskih plamenova, nije ni jedna desetina atmosfere. To znači da mehaničko trenje mora biti najniže moguće. Nadalje, jedan cilindrični jedač plamena nemoćan je tijekom uvlačnog pokreta tako da upijena rotacijska energija u zamašnjaku mora održavati motor u radu tijekom udara.

Testovi trenja s hladnim motorom i bez plamena:

- snažno rukom pritisni zamašnjak
- zamašnjak odvojen od opruge klipa mora raditi 1,5 do 2 minute
- zamašnjak mora raditi 15 do 20 sekundi spojen samo s klipom
- motor mora raditi 5 do 8 sekundi spojen samo s klipom, unutarnjim ventilom i gurajućom oprugom

Ako se dogodi jak nesklad u negativnom smislu, postoji neko neprihvatljivo trenje u sustavu. Mogući uzroci i rješenja su dani u nastavku.

- Postoje ostaci izgaranja na klipu, unutarnjem ventilu i unutar zida cilindra. Ovome može biti uzrok rad s normalnim alkoholom.
 - Očistiti klip, unutarnji ventil i zid cilindra s krpom i sredstvom za čišćenje. Osušiti s čistom i suhom krpom te ponoviti test trenja kao što je gore opisano.
- Namještenje klipa i unutarnjeg ventila u cilindru je preblizu
 - Polirati klip i ventil s finim papirom za poliranje ili s brusnom pastom u cilindru. Sve temeljito očistiti i ponoviti test trenja.

- Gurajuća šipka se svija.
 - Pobrinuti se da postoji nešto prostora između hvatača ventila i mesta u klinu koji je pričvršćen u unutarnjem ventilu tako da se ventil mora pomicati kao rezultat kretanja gurajuće šipke.

8.2. Hermetičnost klipa i unutarnjeg ventila

Klip i ventil se moraju kretati vrlo glatko u cilindru, ali s druge strane moraju se namjestiti u cilindru skoro hermetično bez ikakvog ulja. Stoga otvor u cilindru mora biti gladak i točno cilindričan. Razlike u promjeru iznad promjera otvora moraju biti najviše 0,02 mm. Ovo se lako može provjeriti ručnim razvrtanjem cilindarskog otvora s obiljem ulja, okrećući cilindar nekoliko puta s istim postavljanjem, sve dok svrdlo ne može lagano proći kroz otvor. Nakon toga namjesti nešto šire i ponovi ovaj postupak opet sve dok nestane razlika u promjeru, najmanje 0,02 mm. Ovaj način rada može se usporediti s pravim oštrenjem i dobra je alternativa ako ne postoji oprema za oštrenje. Razmak između cilindra, klipa i ventila ne smije premašiti 0,03 mm. Nakon što se napravi cilindrični otvor kao što je gore opisano potrebno je izbrusiti klip i ventil u potpunosti cilindrično i glatko sve dok ne odgovara cilindričnom otvoru. Provjeriti hermetičnost klipa i unutarnjeg ventila kao što slijedi s hladnim motorom i bez plamena:

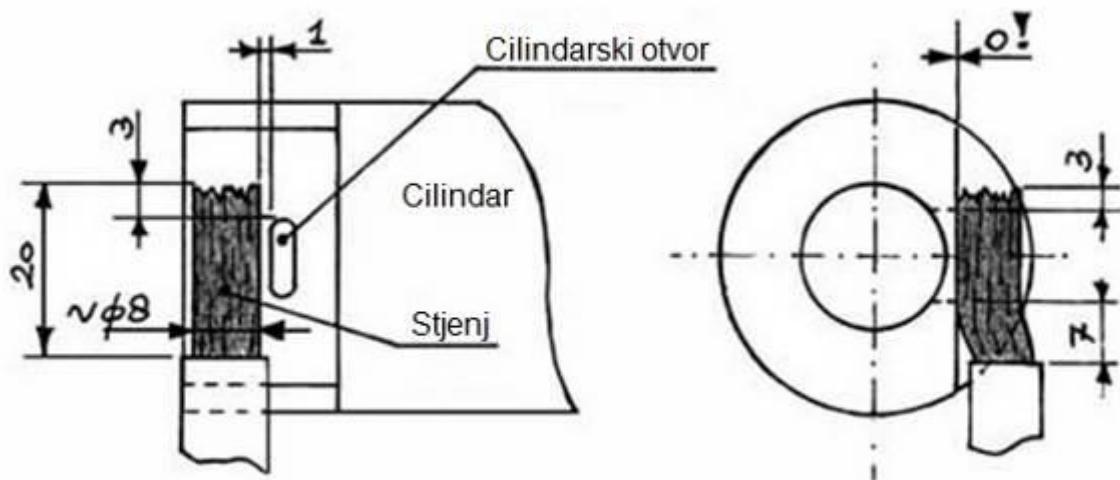
- postavi klip u krajnji prednji položaj,
- gurnuti unutarnji ventil u krajnji prednji položaj gdje je rupa cilindra zatvorena,
- polako pomaknuti klip prema stražnjoj mrtvoj točci okrećući zamašnjak; kao rezultat, tlak koji se javlja u cilindru odmah će gurati unutarnji ventil prema stražnjoj mrtvoj točci sve dok ne otvorí rupu u cilindru,
- može se vidjeti vrlo uska raspuklina kroz rupu cilindra na suprotnoj strani od ventila, ako se klip gurne još više prema stražnjoj mrtvoj točci, ventil se neće micati jer je tlak nestao,
- ako se ventil ne miče u ovome testu, postoji preveliko istjecanje uz klip ili ventil. Tada je jedino rješenje napraviti novi klip ili ventil.

8.3. Materijali za cilindar, klip i ventil

Jedač plamena može raditi samo ako su plinski plamenovi uvučeni. Svi vakuumski motori su jako osjetljivi kod ovoga. Vrlo je važno izbjegći da se lažni hladni zrak uvuče zajedno s plinskim plamenovima.

- Plamen mora značajno preklopiti otvor cilindra
- Sredina plamena mora biti postavljena 5 do 6 mm lijevo od sredine otvora cilindra
- Lepršavi plamen nastao zbog propuha je koban; u tom slučaju motor uglavnom istog trena prestaje raditi zbog lažnog hladnog zraka koji je uvučen zajedno s plinskim plamenovima
- Efekti različitih mogućih položaja plamena ispred rupe otvora su raznoliki. Zbog toga sam napravili velik broj pokusa kako bi pronašli optimalan položaj za ovaj slučaj.
- Na slici 8.1. pokazan je rezultat kad motor radi vrlo pouzdano s brzinom od 400 do 500 okretaja u minuti.

Stijenj mora biti naslonjen na metal cilindra pod razmakom od 0 mm i njegova sredina otprilike 5 mm lijevo od otvora cilindra. Jasno se može vidjeti da je plamen lijepo uvučen i očito bez lažnog hladnog zraka. Ovaj položaj pouzdano pokreće motor brzinom od 400 do 500 okretaja u minuti. Zaključujemo da plamenik mora biti postavljen uspravno, ali i vertikalno sve dok se ovo ne uspije ostvariti.



Slika 8.1. Postavljanje stijenja na otvor cilindra

S radnim motorom ponekad je moguće naći još poneki optimalni položaj pamučnog stijenja savijajući ga pincetom u jednom ili drugom smjeru.

8.4. Gorivo za plamenik

Izvedba i pouzdanost motora može se značajno poboljšati koristeći čisti etanol umjesto alkohola. Toplinska vrijednost etanola značajno je veća i njegov plamen je manje štetan u usporedbi s alkoholnim koji, osim etanola, sadrži oko 10 % vode, 2 % metanola i sredstvo bojanja.

Prirodni alkohol (od 96 % do 98 % etanola) se jednostavno može nabaviti u ljekarnama po cijeni od otprilike 12 € po litri.

Napomeana: Nikada ne treba koristiti 100 postotni metanol jer je otrovan!

8.5. Održavanje motora

Unatoč korištenju nehrđajućeg čelika i grafita uvijek se može dogoditi da će motor biti zagađen iz nekog razloga. U tom slučaju treba ukloniti klip i ventil te sve očistiti krpom ili papirom natopljenim sredstvom poput WD40. Nakon toga sve osušiti.

Ovo izgleda kao poveća lista zahtjeva, ali svi su vrlo izvedivi. Ako se sve potrebe zadovolje, ovaj motor će bez ikakvih problema brzinom od 400 do 500 okretaja u minuti.

9. PREDNOSTI I NEDOSTATCI

Izvršena usporedba s drugim motorima:

Prednosti:

- Mogućnost korištenja bilo kojeg toplinskog izvora.
- Nema podmazivanja motora.
- Mehanizam i konstrukcija daleko jednostavnije nego kod ostalih motora.
- Ne postoji mogućnost eksplozije kao kod drugih motora.
- Nije potreban zrak za njegov rad.
- Lagano se pokreće i radi s većom iskoristivosti u hladnom okruženju, dok je motorima s unutarnjim izgaranjem potrebna veća temperatura za pokretanje i rad.
- Ukoliko se koristi za pumpanje vode, voda može biti iskorištena za hlađenje motora.
- Mogućnost korištenja za hlađenje ili grijanje.
- Neiskorištena toplina za pretvorbu u mehanički ili električni rad može se iskoristiti za grijanje.
- Mogućnost rada u obje strane tako da nema kidanja motora.
- Slabo održavanje ili ga čak i nema ako se uvede filter.
- Brza i efikasna zamjena svih dijelova na motoru u vrlo kratkom vremenskom periodu.
- Mogućnost da radi po svim toplinskim procesima.

Nedostatci:

- Manja snaga naspram ostalih motora.

10. PRIMJENA

Ovakav motor je idealan za toplane poput onih kojima je izvor vode u blizini jer se time dobiva na većoj snazi i iskoristivosti motora. Također se lako može ugraditi u bilo koje postrojenje zbog samog oblika i jednostavne konstrukcije ovog motora. Ima i mogućnost ugradnje za privatnike na automatizaciji sustava grijanja ili hlađenja. Ovaj motor zbog svojih velikih prednosti koje su navedene zasigurno odgovara ovakvim toplinskim postrojenjima. Prikazana snaga koja se može dobiti ugradnjom ovih motora u navedena postrojenja s time da se toplina kojom se služi za njegov rad ne troši, te se time povećava iskoristivost goriva.

Podaci o korisnosti vakuumskog motora iz različitih izvora podataka:

Izvor informacija	Realna korisnost	Idealna korisnost
NASA	0,31	0,45
TUD	0,3	0,4
CHP	0,25	0,3

Prema javnom izvoru informacija dostupni su sljedeći podaci za termoelektranu – toplanu (TE-TO) Osijek

Ukupna snaga	$E_{uk} = 266,6 \text{ MW}$
Korisna energija	$E_k = 160 \text{ MW}$
Gubici	$E_g = 106,6 \text{ MW}$
Iskoristivost	$\eta = 0,6$
Ogrjevna moć plina (srednja)	$H_{Dp} = 9,3 \text{ kWh/m}^3$

Proračun

Potrošnja plina po satu u TO Osijek:

$$P_{p, \text{sat}} = \frac{E_{uk}}{H_{Dp}} = \frac{266\,600\,000}{9\,300} = 28\,666 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

Potrošnja plina kroz godinu u TO Osijek:

$$E_{\text{god}} = E_{\text{uk}} \cdot 8760 = 266\,600\,000 \cdot 8760$$

$$E_{\text{god}} = 2,3 \text{ TWh}$$

$$P_{\text{p,god}} = \frac{E_{\text{god}}}{H_{\text{Dp}}} = \frac{2,3 \cdot 10^{12}}{9\,300} = 251\,000\,000 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

Ukupni novčani obračun s PDV-om 25%:

$$NO_{\text{uk}} = P_{\text{p,god}} \cdot 0,375 \text{ kn} = 251\,000\,000 \cdot 0,375 \text{ kn}$$

$$NO_{\text{uk}} = 94\,125\,000 \text{ kn}$$

Novčani obračun gubitaka:

$$NO_g = NO_{\text{uk}} \cdot (1 - \eta) = 94\,125\,000 \cdot 0,4$$

$$NO_g = 37\,650\,000 \text{ kn}$$

Ugradnjom vakuumskog motora snage 66,65 MW i korisnosti 85 %, ukupna korisnost TO Osijek povećala bi se za 25 %.

Novčani obračun uštede:

$$NO_{\text{ušteda}} = NO_{\text{uk}} \cdot 0,25 = 94\,125\,000 \cdot 0,25$$

$$NO_{\text{ušteda}} = 23\,531\,250 \text{ kn}$$

Maksimalna moguća ušteda koja se može postići ugradnjom vakuumskog motora od 80 MW u TO Osijek kada bi korisnost iznosila 0,9 prikazana je sljedećim proračunom.

Novčani obračun maksimalne uštede:

$$NO_{\text{MAX,ušteda}} = NO_{\text{uk}} \cdot 0,3 = 94\,125\,000 \cdot 0,3$$

$$NO_{\text{MAX,ušteda}} = 28\,237\,500 \text{ kn}$$

U idealnom slučaju bi u potpunosti uklonili sve gubitke koji se javljaju u TO Osijek.

11. ZAKLJUČAK

Završna inačica motora radi besprijekorno i bez ikakvih problema kao što je to bilo i očekivano. Tijekom izrade ovog rada kontaktirao sam različite ljude koji su i sami pokušavali napraviti svoju inačicu vakuumskog motora. Također, sam izumitelj Jedača plamena, gospodin Jan Ridders mi je ustupio svoje nacrte i odgovorio na moja pitanja.

Nakon što sam utvrdio da je odabir materijala vrlo bitan za izradu funkcionalnog motora, uudio sam i druge razne propuste pri izradi drugih radova te sam u samome procesu i uputama izrade naveo nekoliko stvari na koje treba pripaziti. Utvrdio sam da ne treba izlaziti van nacrtta, osim ako se sve mjere ne mijenjaju proporcionalno, jer u protivnome se ne garantira rad samog motora. Naravno, svako neprecizno mjerjenje može biti kobno.

Za slučaj izrade ovog motora napominjem kako se ne treba raditi klip s vanjskim osiguračem jer je takav klip loše osmišljen za ovu vrstu motora (primjer takvog klipa je dan u postupku mehaničke izrade).

Prilikom odabira materijala za izradu prvog vakuumskog motora odabrani su materijali loših mehaničkih svojstva. U tom slučaju bi se za takav rad utrošila bespotrebno velika količina novca. Klipovi bi u kratkom vremenu bili oštećeni i trebali bi zamjenu, što nikako nije cilj takvog motora. Stoga sam odbacio ideju da se klipovi rade od grafita kao što je to predviđeno u početku.

Utvrdio sam da je jako bitno i samo poliranje unutrašnjosti cilindra i klipova te njihovo stalno puštanje u prazni hod prije samog puštanja motora u rad.

Također sam uočio vrlo loše osmišljen podešavač koji bi s vremenom rada ovog motora poremetio takt i motor bi se ugasio. Zbog toga sam odredio glavni položaj podešavača i postavio ga u fiksni položaj, dok mu je horizontalni podešavač za udar klipa i dalje pomican za postavljanje udara, to jest za podešavanje radnog takta samog motora.

Još jedan problem koji se pojavio bio je taj što pomicna šipka nije pokrivala otvor cilindra do kraja te je time onemogućavala rad motora. Ovo sam riješio tako što sam šipku savijao pod visokom temperaturom radi kvalitetne izvedbe i tada sam zapravo riješio problem s kojim se

susrela većina ljudi koji su pokušali napraviti izvedbu ovoga motora, ali na kraju u tome nisu uspjeli.

Držači su napravljeni iz jednog dijela, zbog veće stabilnosti i preciznosti, a ne kao što je to bilo prikazano u uputama (iako i na taj način motor može raditi uz određeni rizik). Svi materijali koji su predviđeni za izradu su navedeni u tehničkoj dokumentaciji te predlažemo rad s nehrđajućim čelikom. Preporučujem da se cilindar i klipovi rade od istog materijala, radi svojstva samopodmazivanja.

Postoji i inačica motora s vanjskim ventilom koja je komplikiranija od izvedbe s unutarnjim ventilom pa sam iz tog razloga odbacili takvu izvedbu.

Idealno bi bilo izvesti filter na otvoru, što bi omogućilo veliku samoodrživost motora. Filter nije potrebno posebno izrađivati, on već postoji, a osmislili su ga ljudi kojima to jest struka i posao.

Želim dati do znanja ljudima koji budu pokušavali pratiti moju inačicu motora da svakako povećaju glavni otvor cilindra onoliko koliko je to moguće, kako u mehaničkom smislu, tako i u finansijskom. Povećanjem samog otvora povećava se snaga ovog motora, što je i cilj - imati što veću snagu naspram malih dimenzija motora.

LITERATURA

- [1.] <http://www.homemodelenginemachinist.com/f26/flame-licker-problem-2997/>
(02.03.2013.)
- [2.] <http://www.homemodelenginemachinist.com/f26/how-do-i-lap-hone-cylinder-7475/>
(02.03.2013.)
- [3.] <http://www.homemodelenginemachinist.com/f26/piston-rings-suitable-bronze-gunmetal-cylinders-20361/#msg51920> (02.03.2013.)
- [4.] <http://www.homemodelenginemachinist.com/f26/flame-eater-5163/> (02.03.2013.)
- [5.] <http://www.homemodelenginemachinist.com/f14/jan-ridders-flame-licker-but-unrunning-engine-3641/> (02.03.2013.)
- [6.] <http://www.homemodelenginemachinist.com/f14/twin-flame-gulper-revisited-293/>
(04.04.2013.)
- [7.] <http://www.homemodelenginemachinist.com/f14/half-flame-licker-184/> (02.03.2013.)
- [8.] <http://www.projectsintmetal.com/building-a-flame-eater-vacuum-engine-part-1/>
(02.03.2013.)
- [9.] <http://www.homemodelenginemachinist.com/f31/my-flame-gulper-6124/index13.html>
(02.03.2013.)
- [10.] <http://www.homemodelenginemachinist.com/f26/flame-eater-flicker-engine-mechanical-engineering-project-6666/> (02.03.2013.)
- [11.] http://hr.wikipedia.org/wiki/Stirlingov_motor (11.05.2013.)
- [12.] <http://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum> (11.05.2013.)
- [13.] http://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_engine (11.05.2013.)
- [14.] http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=39829 (11.05.2013.)
- [15.] http://riders.nu/Webpaginas/pagina_happer_principe/happerprincipe_frameset.htm
(12.05.2013)
- [16.] <http://www.simet.unizg.hr/nastava/predavanja/specijalni-celici> (18.05.2013.)

ŽIVOTOPIS

Rođen sam u Osijeku 26. kolovoza 1992. godine. Pohađao sam osnovnu školu „Mladost“. Za vrijeme mog školovanja u OŠ „Mladost“ u travnju 2006. godine sudjelovao sam na Županijskom natjecanju mlađih tehničara u području prometne tehnike gdje sam ostvario svoj prvi zapažen uspjeh. U travnju 2007. godine ponovno sam sudjelovao na Županijskom natjecanju mlađih tehničara u području prometne tehnike i osvojio prvo mjesto te sam si tako osigurao plasman na Državno natjecanje. Na 49. natjecanju mlađih tehničara u Dubrovniku osvojio sam šesto mjesto u području prometne tehnike.

2007. godine upisao sam Elektrotehničku i prometnu školu Osijek. U svibnju 2009. sudjelovao sam na jednodnevnoj prezentaciji Nacionalnog saveza parlamenta mlađih RH u okviru projekta Mladi donositelji odluka u lokalnoj zajednici. Sudjelovao sam na Županijskom natjecanju mlađih tehničara (P – kategorija) u travnju 2010. i ponovno se plasirao na 52. državno natjecanje mlađih tehničara u Dubrovniku.

Trenutno sam student Elektrotehničkog fakulteta Osijek kojeg sam redovno upisao 2011. godine. U akademskoj godini 2013./2014. s kolegicom Matejom Hržicom osvojio sam Rektorovu nagradu za izvrstan seminar pod nazivom „Vakuumski motor – Jedač plamena“ iz kolegija Osnove električnih strojeva.



REPUBLIKA HRVATSKA
OSJEČKO-BARANJSKA ŽUPANIJA
ŽUPANIJSKO POVJERENSTVO

POHVALNICA

MARKO PINJUH

učenik 7. razreda Osnovne škole "Mladost", Osijek
sudjelovao je na **Županijskom natjecanju mladih tehničara u
području prometne tehnike**

Osijek, travnja 2006.

Predsjednik
Županijskog povjerenstva

Jerko Jukić

Župan
Osječko-baranjske županije

[Signature]



REPUBLIKA HRVATSKA
OSJEČKO-BARANJSKA ŽUPANIJA
ŽUPANIJSKO POVJERENSTVO

DIPLOMA

MARKO PINJUH

učenik 8. razreda Osnovne škole "Mladost", Osijek osvojio je **prvo mjesto na Županijskom natjecanju mlađih tehničara u području prometne tehnike**

Osijek, travnja 2007.

Predsjednik
Županijskog povjerenstva

Josko Guklč

Župan
Osječko-baranjske županije

Bruno Čurčić



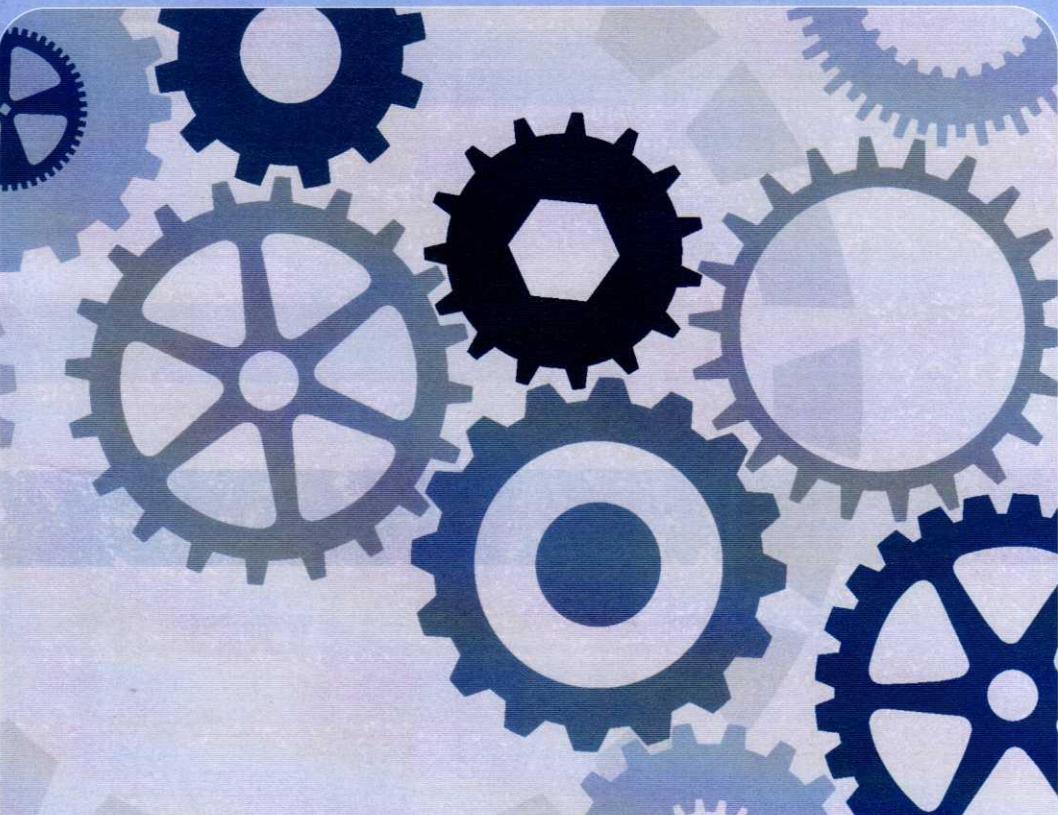
REPUBLIKA HRVATSKA

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa
Agencija za odgoj i obrazovanje
Hrvatska zajednica tehničke kulture
Hrvatski savez pedagoga tehničke kulture

POHVALNICA

• koju je zaslužila / zaslužio

Marko Pinjuh, 8. razred
OŠ Mladost, Osijek



za sudjelovanje na 49. natjecanju mladih tehničara

Dubrovnik, 25. - 29. travnja 2007.

Tehnička kultura, 2007.



PREDSEDNIK HRVATSKE ZAJEDNICE
TEHNIČKE KULTURE

Markotić

prof. dr. sc. Ante Markotić





REPUBLIKA HRVATSKA

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa
Agencija za odgoj i obrazovanje
Hrvatska zajednica tehničke kulture
Hrvatski savez pedagoga tehničke kulture

PRIZNANJE

• koje je zaslužila / zaslužio

Marko Pinjuh, 8. razred
OŠ Mladost, Osijek

Tehnička kultura, 2007.



za osvojeno 6. mjesto
prometna tehnika, osnovne škole
Dubrovnik, 25. - 29. travnja 2007.



PREDsjEDNIK HRVATSKE ZAJEDNICE
TEHNIČKE KULTURE

prof. dr. sc. Ante Markotić





MINISTARSTVO ZNANOSTI,
OBRAZOVANJA I ŠPORTA
REPUBLIKE HRVATSKE

REPUBLIKA HRVATSKA

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa

Agencija za odgoj i obrazovanje i Hrvatska zajednica tehničke kulture

Hrvatski savez pedagoga tehničke kulture



AGENCIJA ZA ODGOJ
I OBRAZOVANJE



HRVATSKA ZAJEDNICA
TEHNIČKE KULTURE



HRVATSKI SAVEZ PEDAOGA
TEHNIČKE KULTURE



GRAD
DUBROVNIK



DUBROVACKO-
NERETVANSKA
ZUPANJA



HRVATSKI ASTRONOMICKI
I RAKETNI SAVEZ



HRVATSKI FOTOSAVEZ



HRVATSKI RADIOAMATERSKI
SAVEZ



HRVATSKI ZRAKOPLOVNI
SAVEZ



HRVATSKO DRUŠTVO
ZA ROBOTIKU

DIPLOMA

Marko Pinjuh, 8. razred
OŠ Mladost
Osijek

za osvojeno 6. mjesto iz PROMETNE
TEHNIKE OSNOVNE ŠKOLE

49. natjecanje mladih tehničara Republike Hrvatske
Dubrovnik, 25. - 29. travnja 2007.

Predsjednik
Hrvatskog saveza pedagoga
tehničke kulture

Drago Labaš, prof.

Predsjednik
Hrvatske zajednice
tehničke kulture

Prof. dr. sc. Ante Markotić

EUROPSKI DOM SLAVONSKI BROD

PHARE 2006

Omogućavanje aktivnog doprinosa sektora civilnog društva u pretprijetnom procesu u području sudjelovanja mladih

POTVRDA

kojom se potvrđuje da je

Marko Pínjuh

(ime i prezime)

sudjelovao/la na **jednodnevnoj prezentaciji Nacionalnog saveza parlamenta mladih RH**, održanoj u Osijeku 28. svibnja 2009. godine, u okviru projekta **Mladi donositelji odluka u lokalnoj zajednici.**



Iva Sedlić,

projektni koordinator



European Commission



Europski dom SB



www.rijeka.hr



www.opatija.hr



www.cakovec.hr



[slavonski-brod.hr](http://www.slavonski-brod.hr)



www.oiabih.info



www.udruga-gradova.hr

This project is funded by the European Union Delegation of the European Commission in Croatia Trg žrtava fašizma 6, 10000 Zagreb, Croatia Tel: +385 1 4896 500 Fax: +385 1 4896 555

Europe House Slavonski Brod
Antuna Barca 30
35000 Slavonski Brod, Croatia
europski-dom@sb.t-com.hr
Fax: +385 35 265 189
Phone: +385 35 266 285,
Mob. : +385 98 341 754
www.europski-dom-sb.hr

This project is funded by the EUROPEAN UNION.
"The European Union is made up of 27 Member States who have decided to gradually link together their know-how, resources and destinies. Together, during a period of enlargement of 50 years, they have built a zone of stability, democracy and sustainable development whilst maintaining cultural diversity, tolerance and individual freedoms. The European Union is committed to sharing its achievements and its values with countries and peoples beyond its borders".
The European Commission is the EU's executive body.



REPUBLIKA HRVATSKA
OSJEČKO-BARANJSKA ŽUPANIJA
ŽUPANIJSKO POVJERENSTVO

POHVALNICA

MARKO PINJUH

učenik 3. razreda Elektrotehničke i prometne škole Osijek, Osijek
sudjelovao je na **Županijskom natjecanju mladih tehničara (P-kategorija) - smotri radova**

Osijek, travnja 2010.

Predsjednik
Županijskog povjerenstva

A handwritten signature in black ink, appearing to read "D. Bošnjak".

Župan
Osječko-baranjske županije



Vlastimir Šrotogić



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa



HRVATSKA ZAJEDNICA TEHNIČKE KULTURE
HRVATSKI SAVEZ PEDAGOGA TEHNIČKE KULTURE

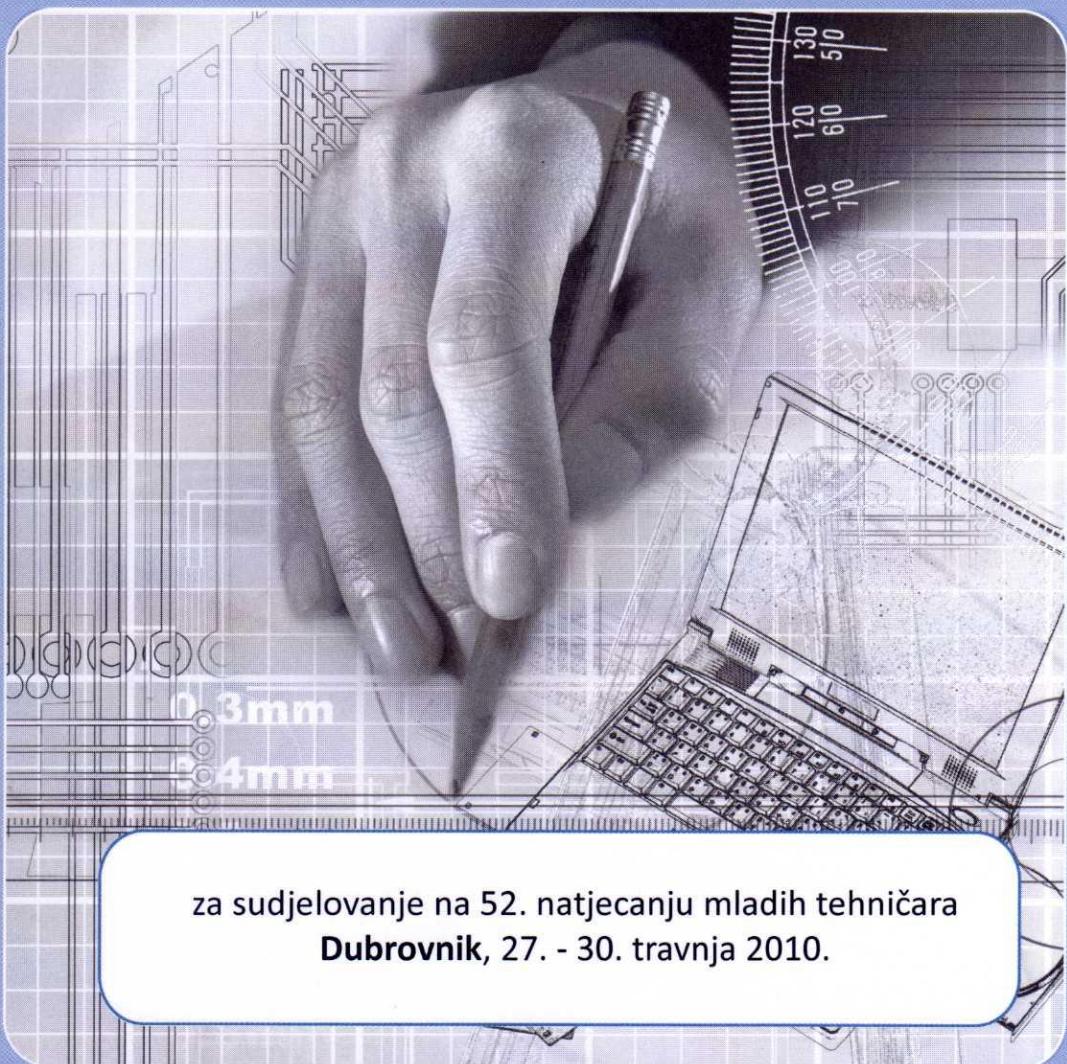


Agencija za odgoj i obrazovanje
Education and Teacher Training Agency

POHVALNICA

koju je zaslužila / zaslužio

Marko Pinjuh, 3. razred
SS Elektrotehnička i prometna škola, Osijek



za sudjelovanje na 52. natjecanju mladih tehničara
Dubrovnik, 27. - 30. travnja 2010.

**DUBROVNIK
2010.**



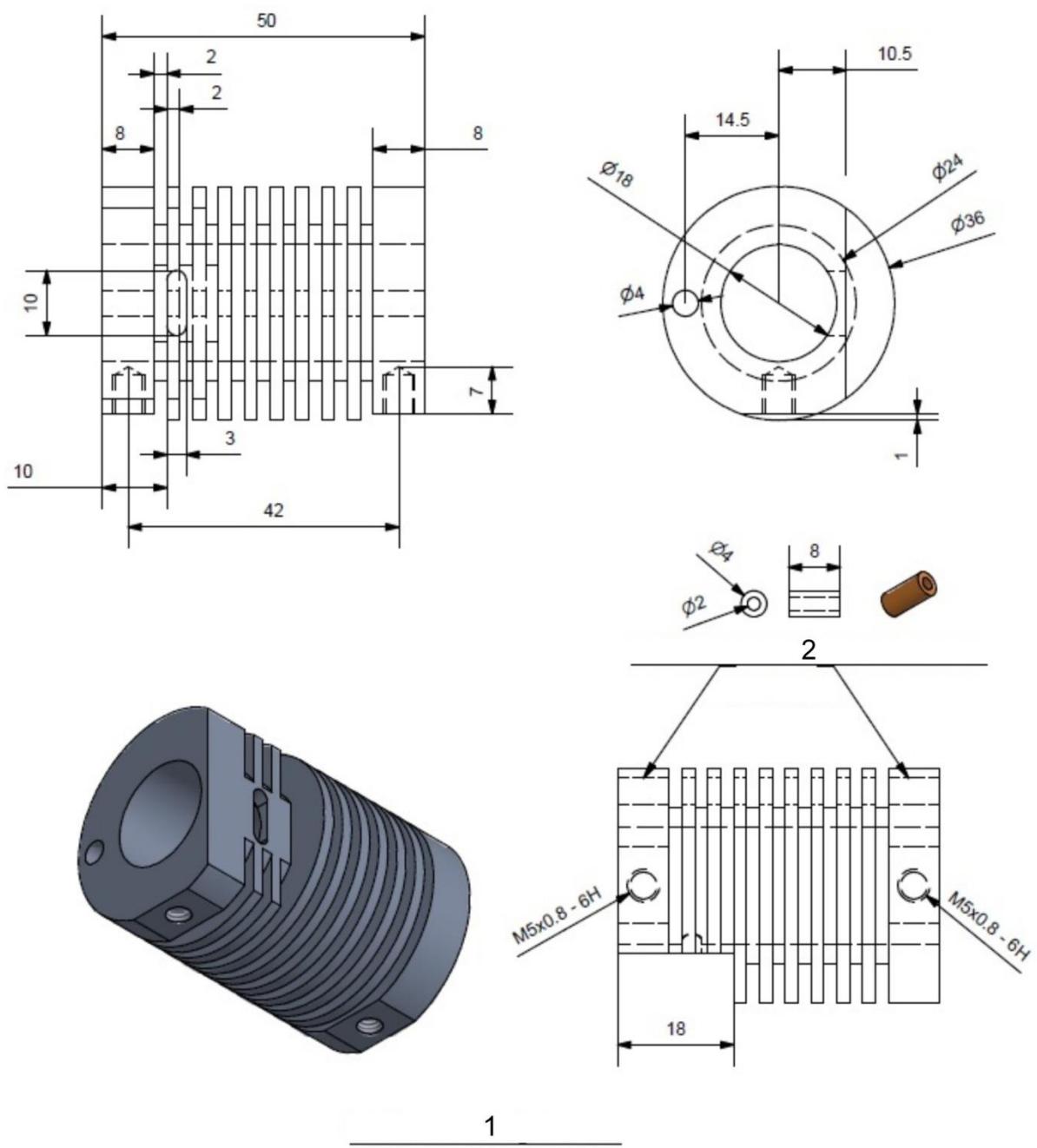
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I SIMBOLA**Tablica 1.** Popis korištenih oznaka i simbola prema abecednom redu

Oznaka ili simbol	Naziv	Mjerna jedinica
η	Iskoristivost	-
E_g	Gubici	MW
E_{god}	Godišnja energija plina	TWh
E_k	Korisna energija	MW
E_{uk}	Ukupna snaga	MW
H_{Dp}	Ogrjevna moć plina (srednja)	kWh / Sm ³
NO_g	Novčani obračun gubitaka	kn
$NO_{\text{MAX,ušteda}}$	Novčani obračun maksimalne uštede	kn
NO_{uk}	Ukupni novčani obračun	kn
$NO_{\text{ušteda}}$	Novčani obračun uštede	kn
$P_{\text{p,god}}$	Potrošnja plina kroz godinu	Sm ³ / h
$P_{\text{p,sat}}$	Potrošnja plina po satu	Sm ³ / h

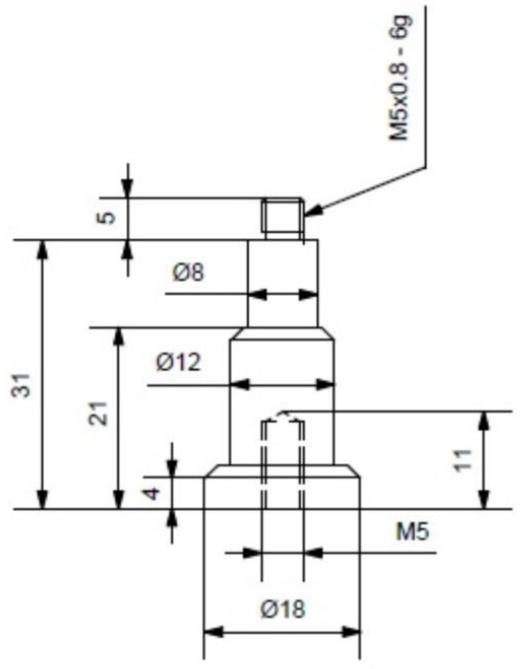
PRILOZI

PRILOG P.5

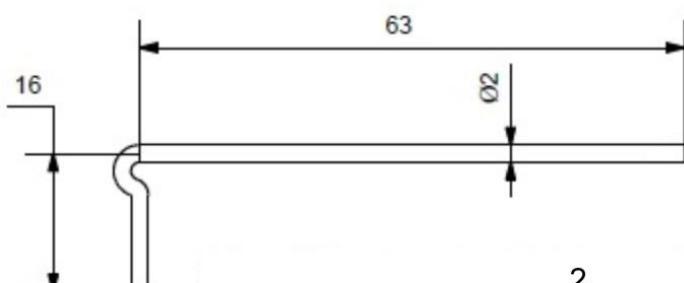
U nastavku se nalaze nacrti potrebni za izradu makete vakuumskog motora „Jedač plamena“.



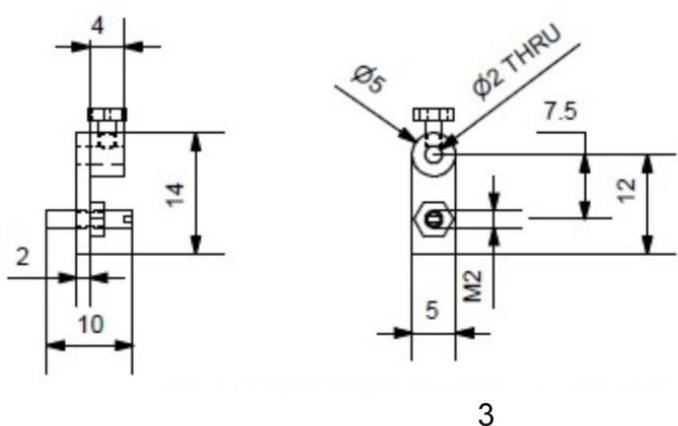
Pozicija	Naziv	Materijal	Količina
1	Cilindar	Ljevano željezo / Nehrđajući čelik	1
2	Vodilica	Bronca / Čelik	2
Elektrotehnički Fakultet u Osijeku		10.03.2013.	



1



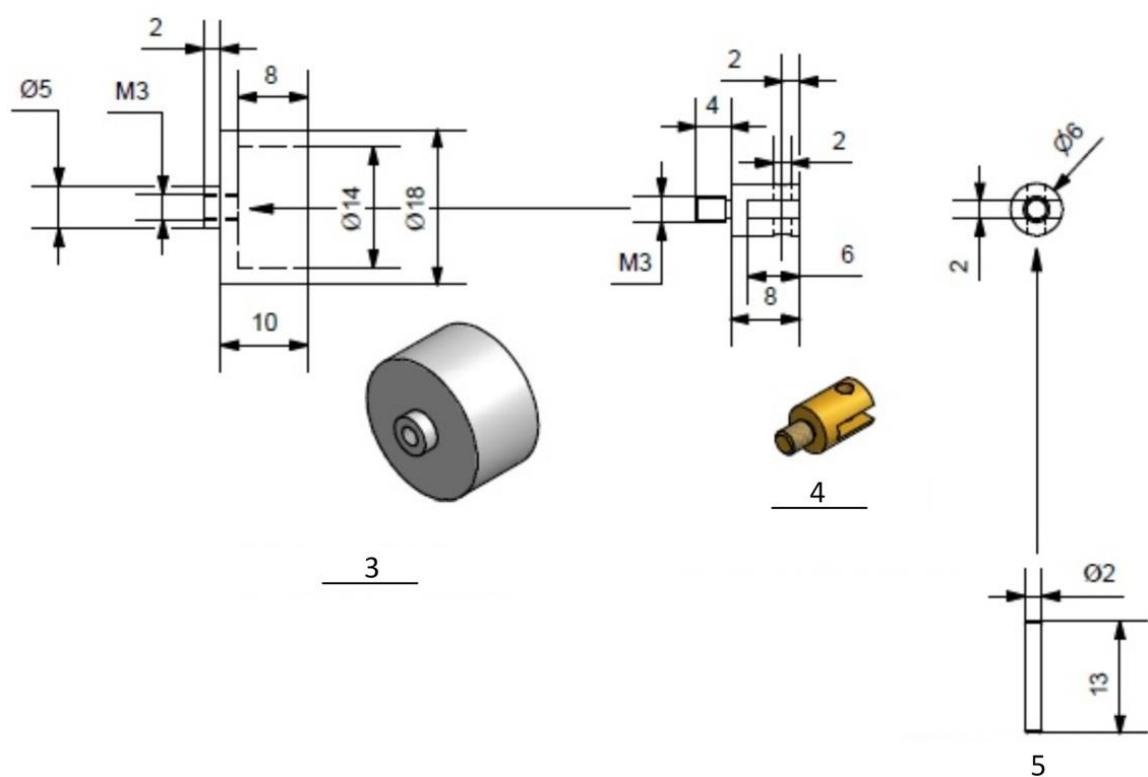
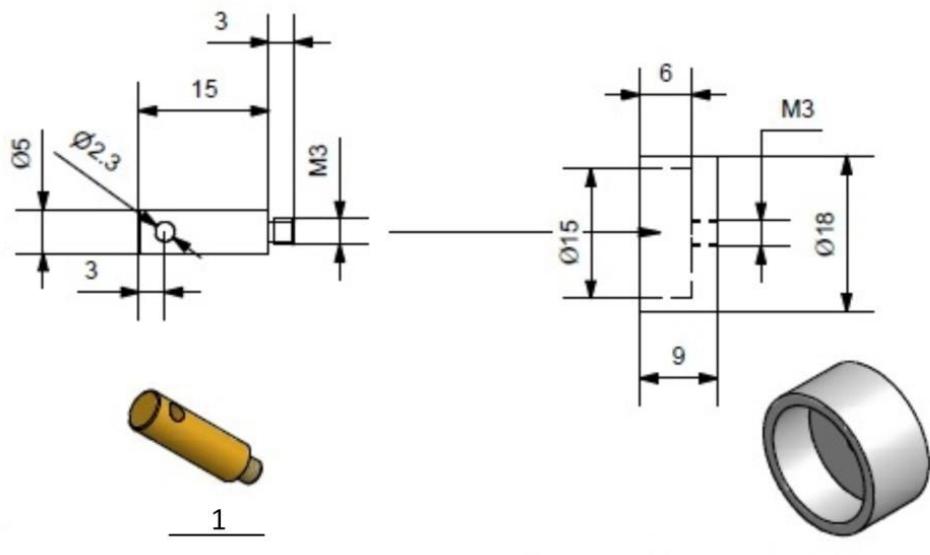
2



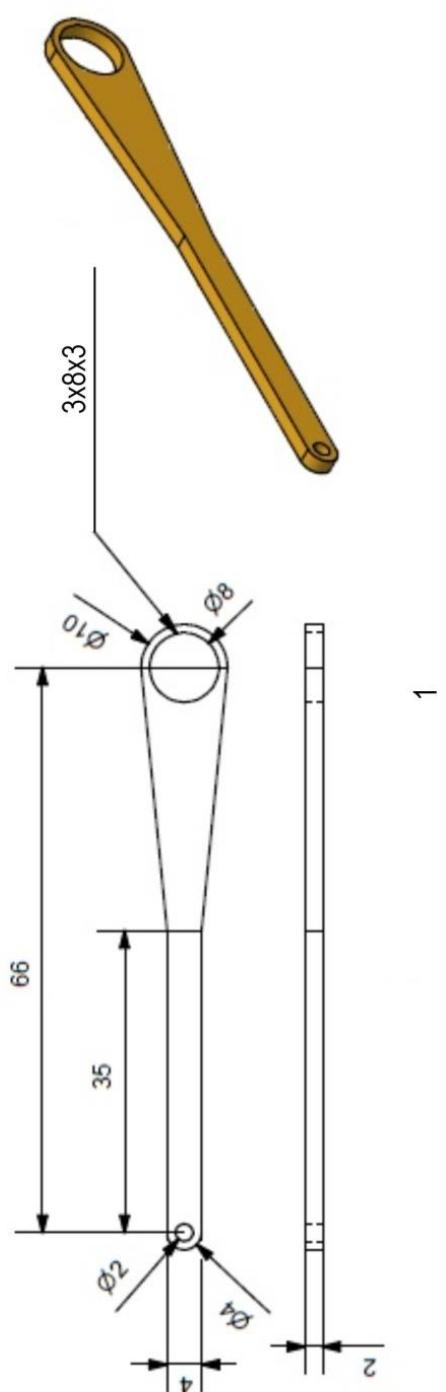
M2

3

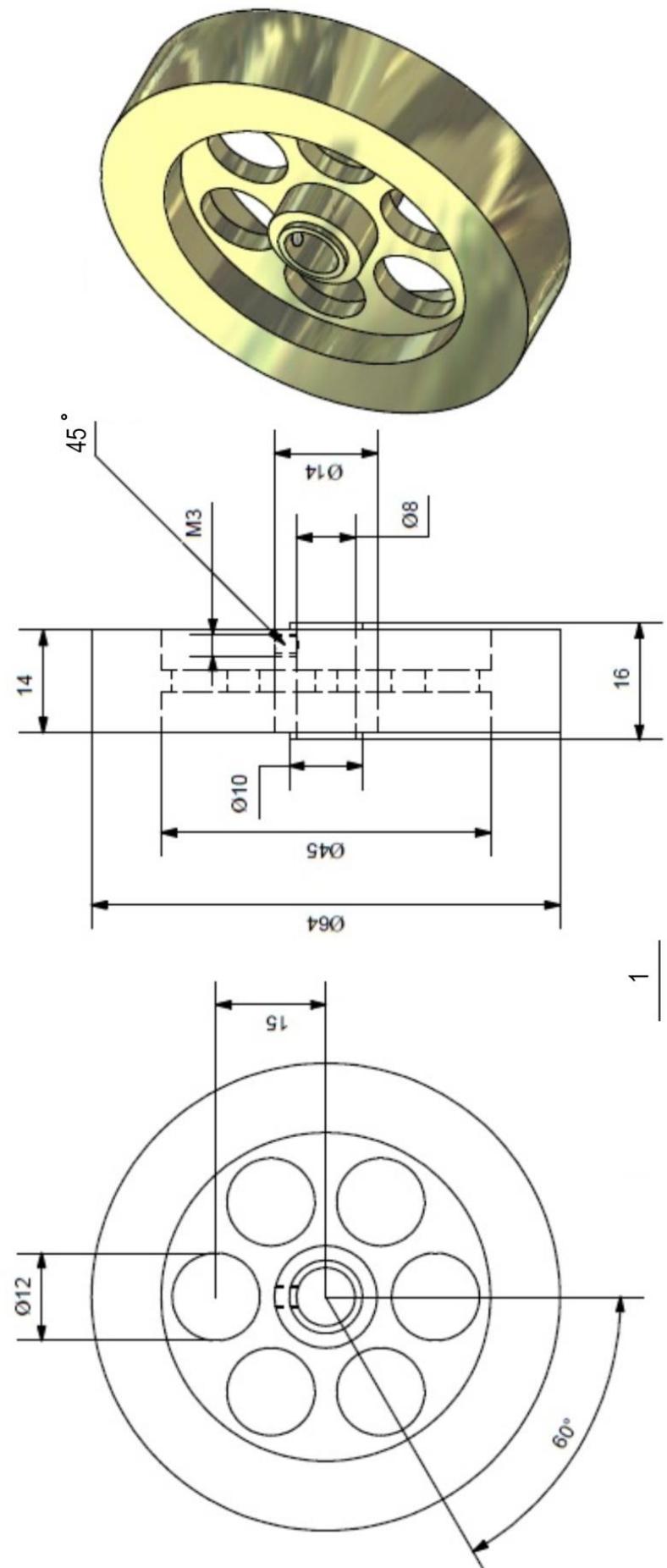
Pozicija	Naziv	Materijal	Količina
1	Potpore cilindra	Čelik	2
2	Ventilni štap	Čelik	1
3	Podešavač	Messing / Čelik	1
Elektrotehnički Fakultet u Osijeku		10.03.2013.	



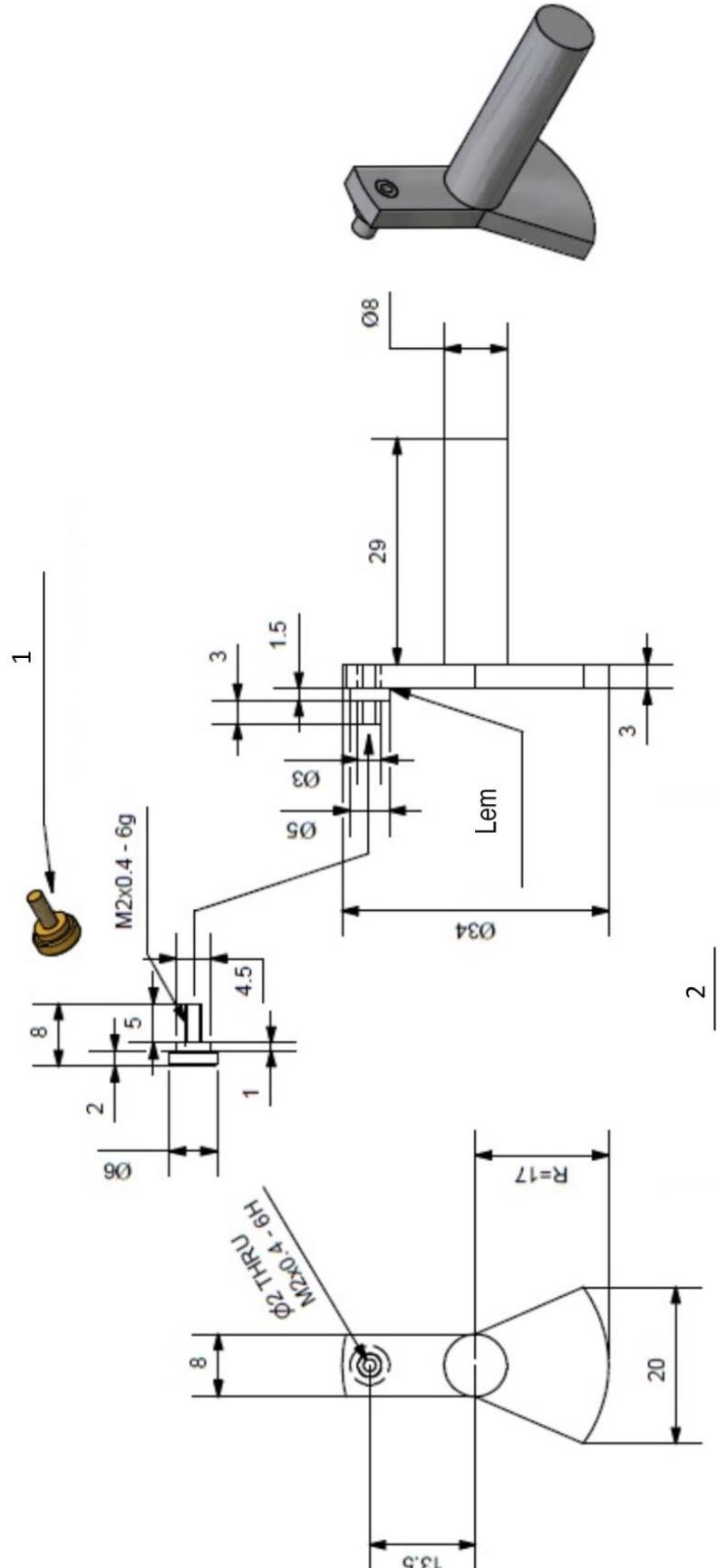
Pozicija	Naziv	Materijal	Količina
1	Glava	Messing / Čelik	1
2	Unutarnji ventil	Čelik	1
3	Klip	Čelik	1
4	Vile	Messing / Čelik	1
5	Bolcna	Čelik	1
Elektrotehnički Fakultet u Osijeku		10.03.2013.	



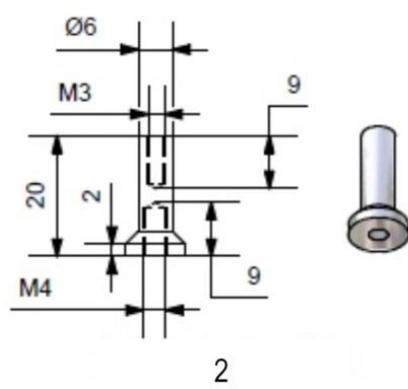
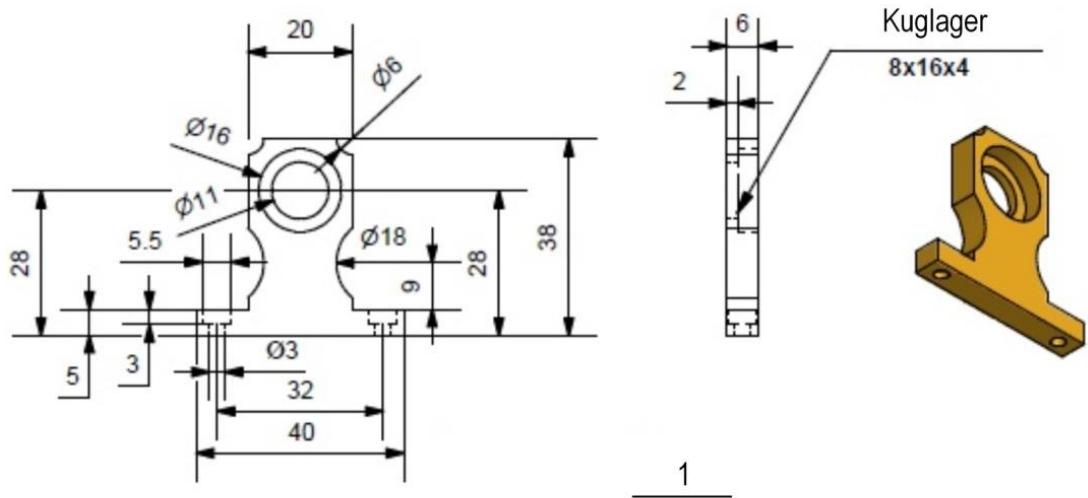
Pozicija	Naziv	Materijal	Količina
1	Klipnjača	Messing / Čelik	1
Elektrotehnički Fakultet u Osijeku		10.03.2013.	



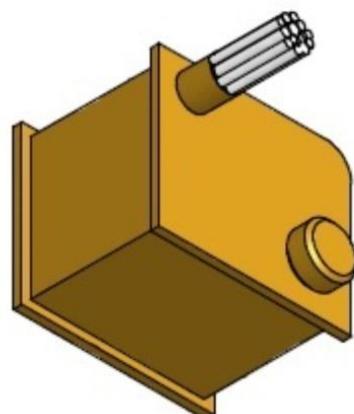
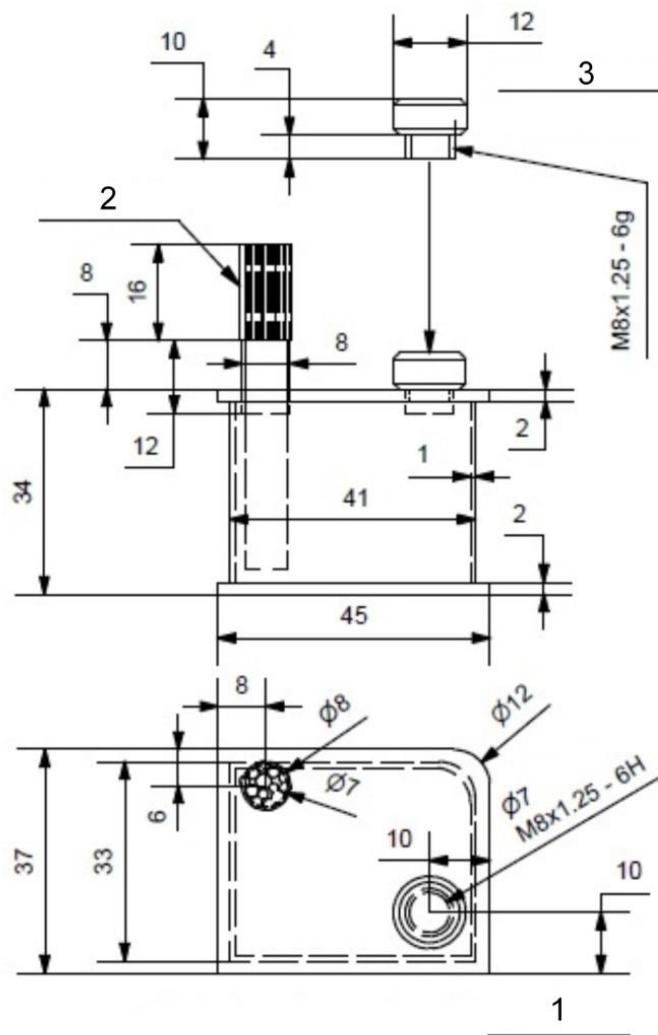
Pozicija	Naziv	Materijal	Količina
1	Zamašnjak	Messing / Čelik	1
Elektrotehnički Fakultet u Osijeku		10.03.2013.	



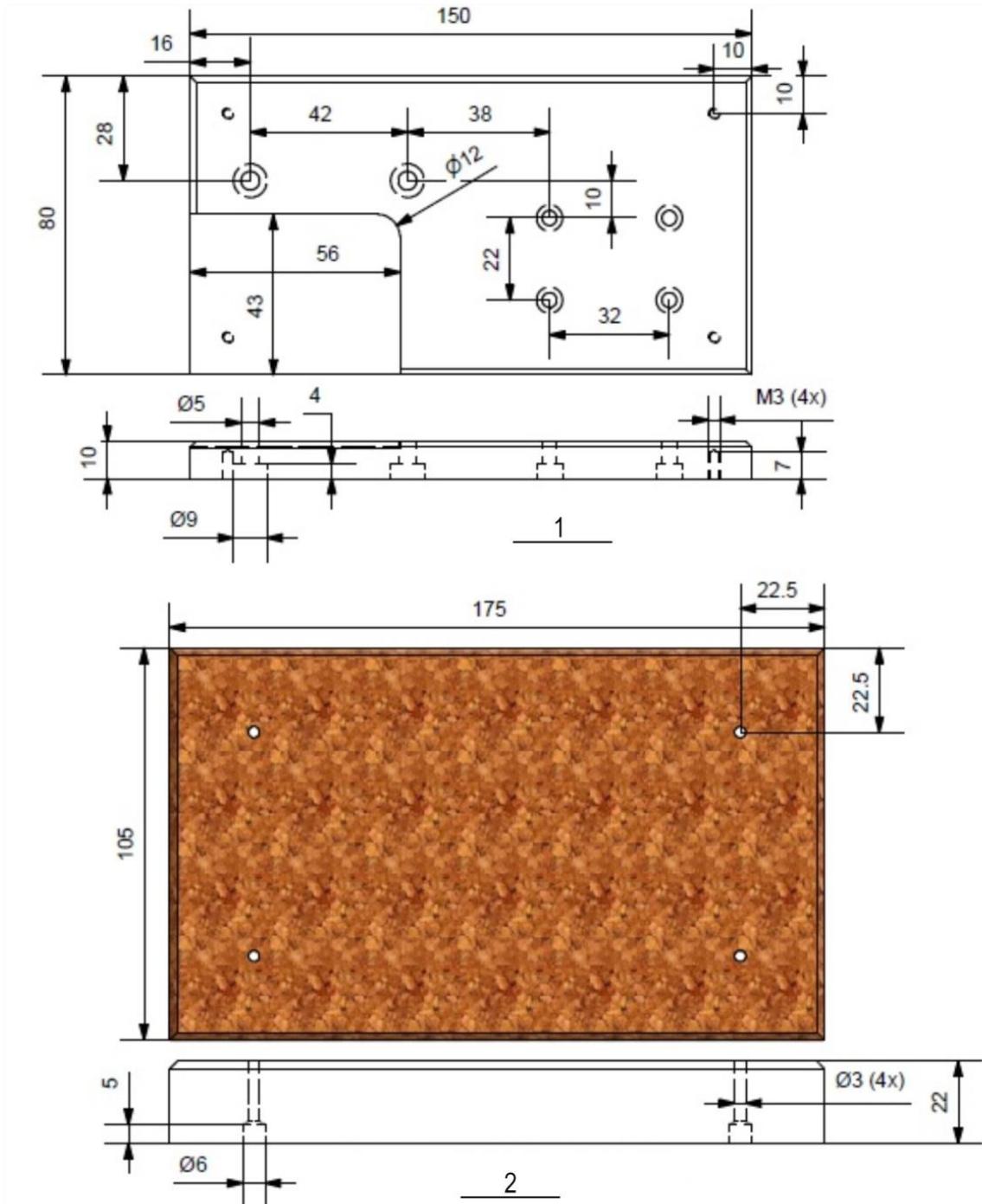
Pozicija	Naziv	Materijal	Količina
1	Osigurač	Messing / Čelik	1
2	Radilica	Čelik	1
Elektrotehnički Fakultet u Osijeku			10.03.2013.



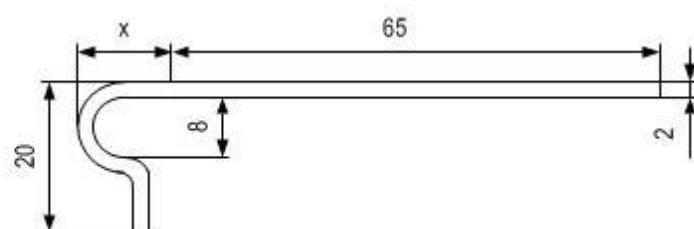
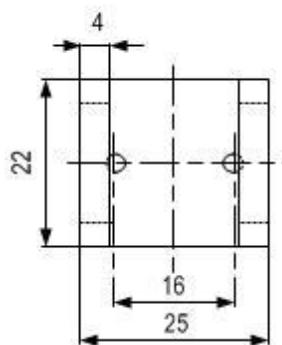
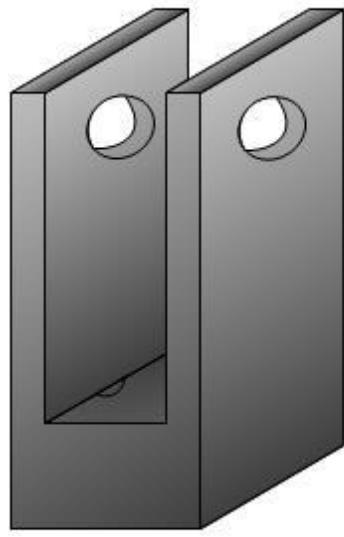
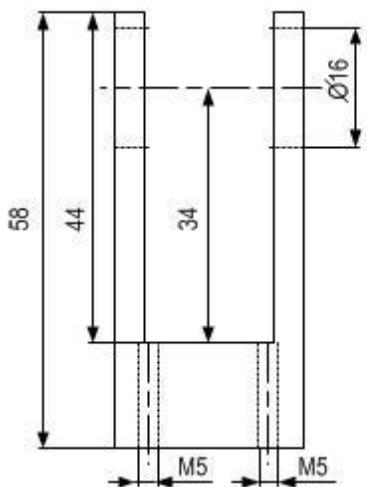
Pozicija	Naziv	Materijal	Količina
1	Držać	Messing / Čelik	2
2	Stub	Čelik	4
Elektrotehnički Fakultet u Osijeku		10.03.2013.	



Pozicija	Naziv	Materijal	Količina
1	Rezervar	Messing / Čelik	2
2	Stjenj	Pamuk	1
3	Poklopac	Messing / Čelik	1
Elektrotehnički Fakultet u Osijeku			10.03.2013.



Pozicija	Naziv	Materijal	Količina
1	Montirajuća podloga	Aluminij / Čelik	1
2	Podloga	Drvo	1
Elektrotehnički Fakultet u Osijeku			10.03.2013.



2

Pozicija	Naziv	Materijal	Količina
1	Držač zamjena	Čelik	1
2	Šipka	Čelik	1
Elektrotehnički Fakultet u Osijeku			10.03.2013.

PRILOG P.6

Praćenje procesa u obliku fotografija i upute za izradu makete.



Slika P.6.1. Neki od navedenih materijala koji su se koristili pri izradi vakuumskog motora



Slika P.6.3. Priprema za izradu cilindra



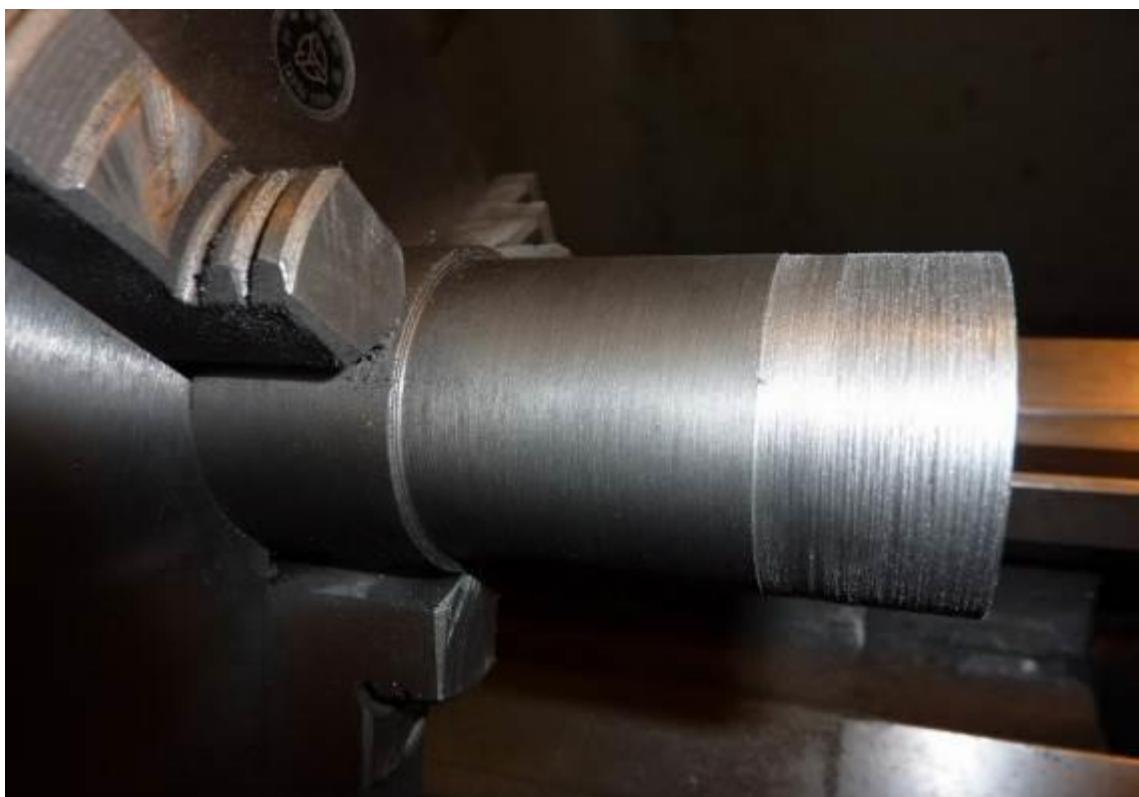
Slika P.6.2. Obrada jednog kraja čelika zbog boljeg rukovanja



Slika P.6.4. Okretanje mase za bolje držanje; postavljanje odgovarajućeg svrdla, pripaziti na odgovarajuću duljinu



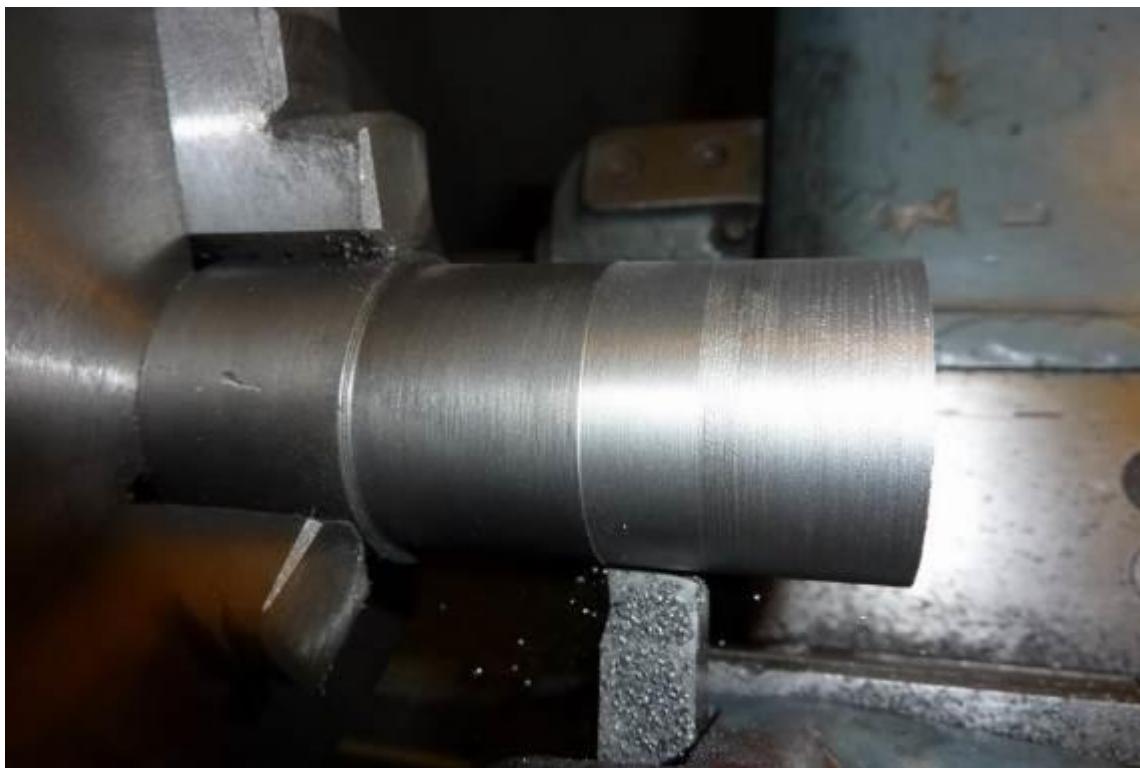
Slika P.6.5. Skidanje strugotine i završavanje



Slika P.6.6. Loša završna obrada



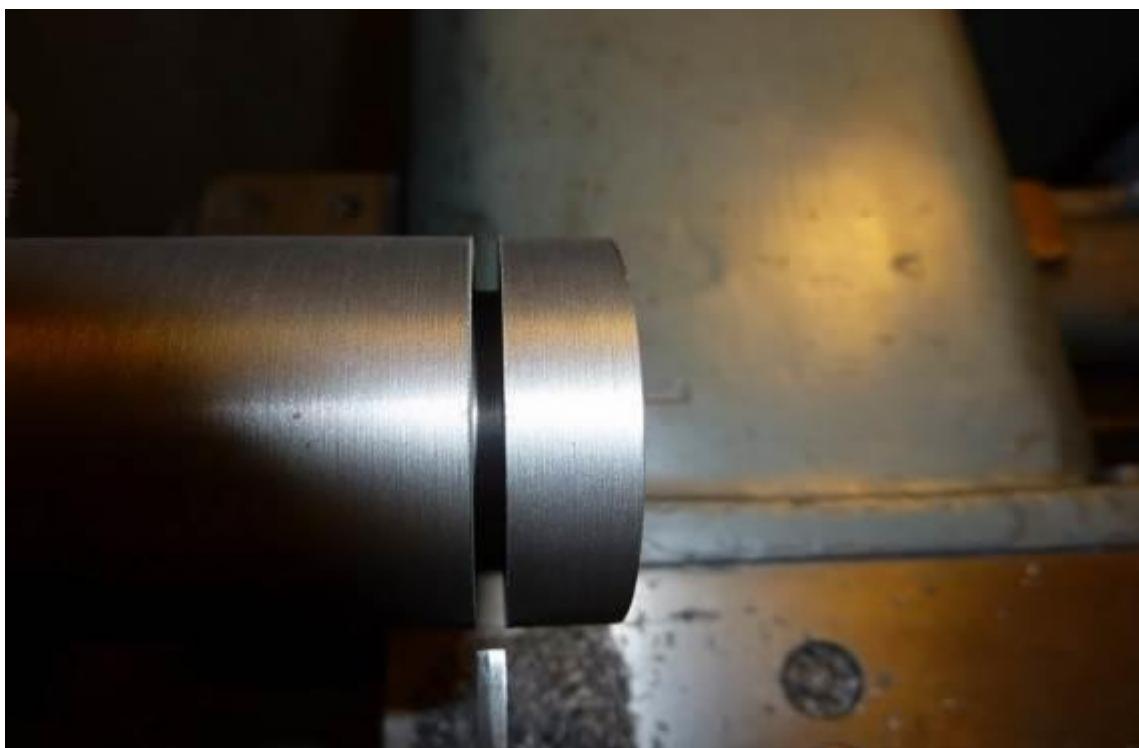
Slika P.6.7. Ukoliko se dobije prethodno prikazana završna obrada potrebno je provjerit centralnu visinu



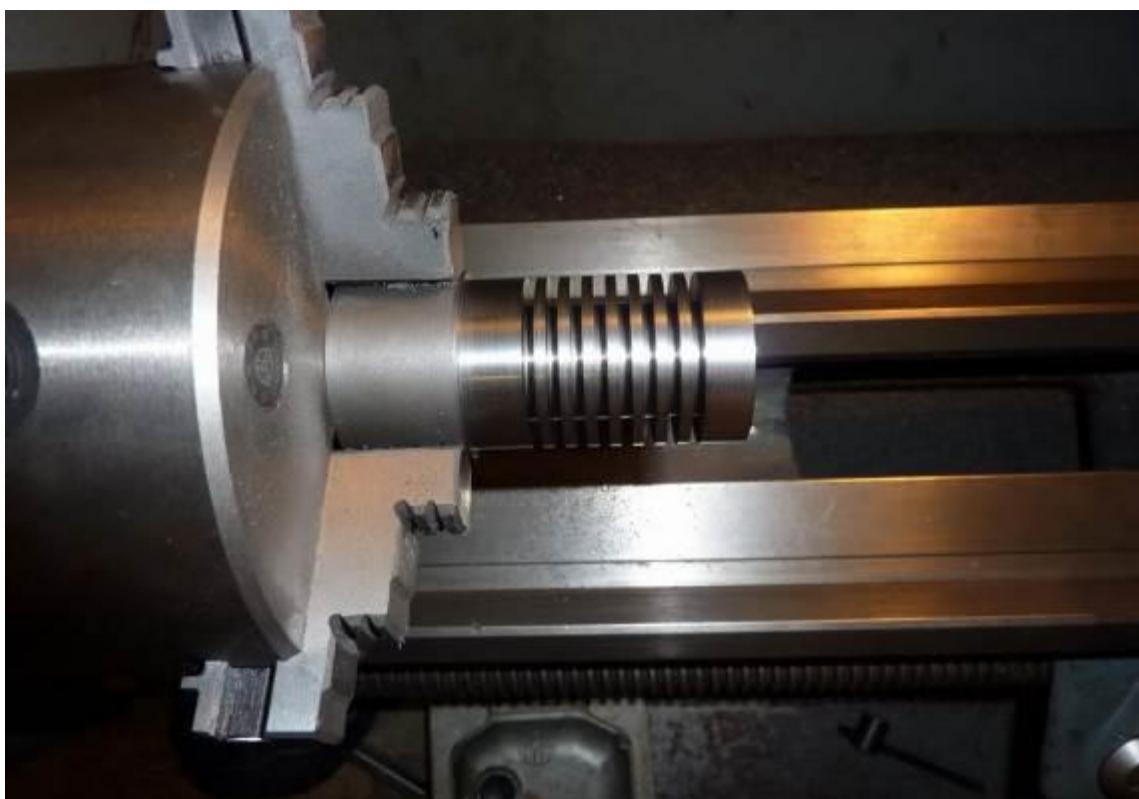
Slika P.6.8. Prepravljanje pogreške, ako je do iste došlo



Slika P.6.9. Urezivanje utora, paziti prilikom svakog urezivanja utora kako ne bi došlo do probijanja u unutrašnjost



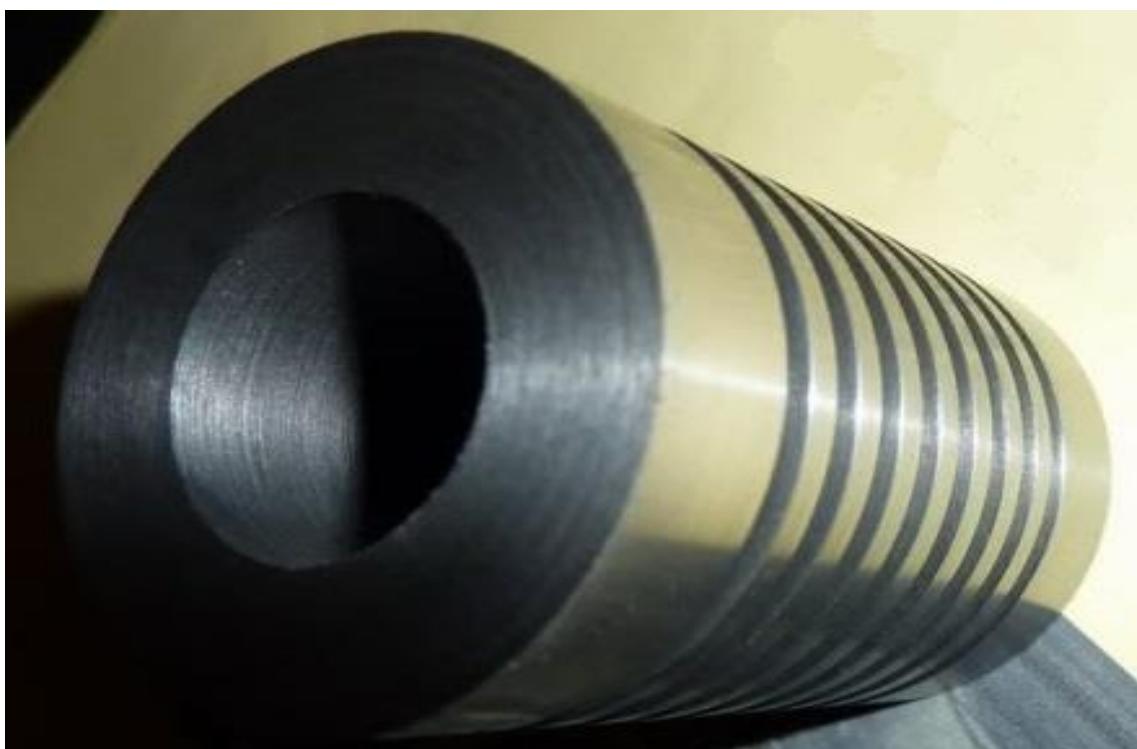
Slika P.6.10. Izgledati ispravno napravljenog završenog utora



Slika P.6.11. Nakon što se urežu svi utori cilindar je potrebno ostrugati i ispolirati, paziti na
grijanje alata



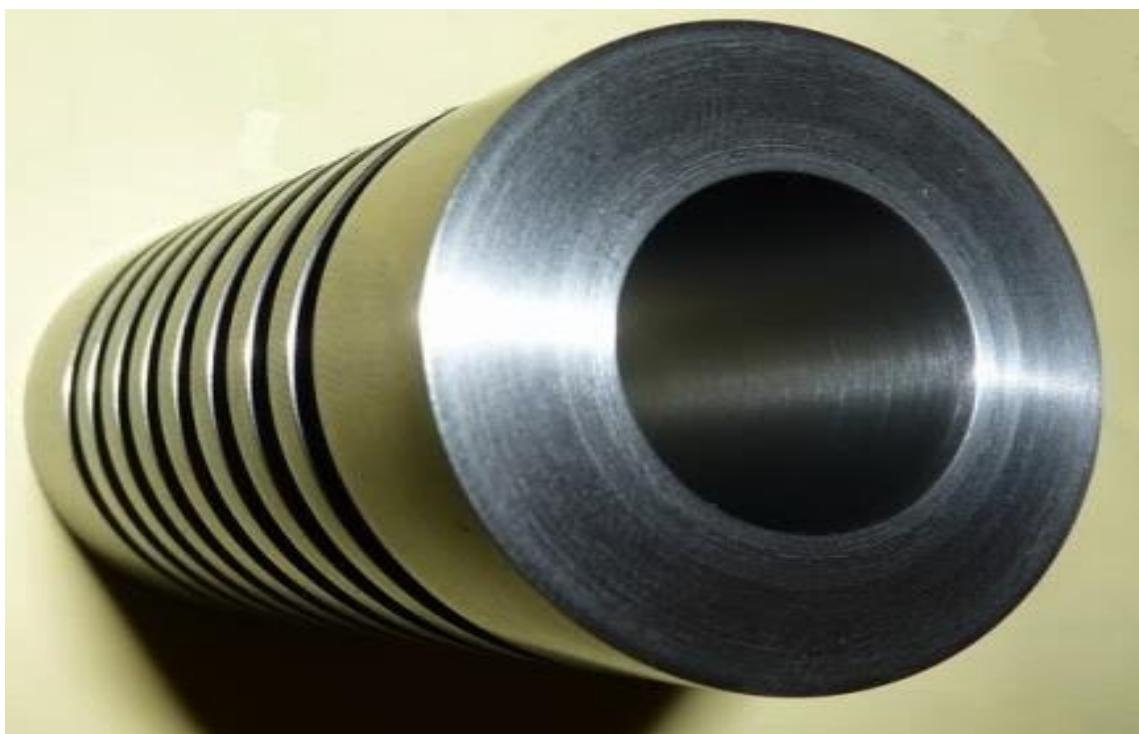
Slika P.6.12. Prilikom odrezivanja lagano pridržavati cilindar



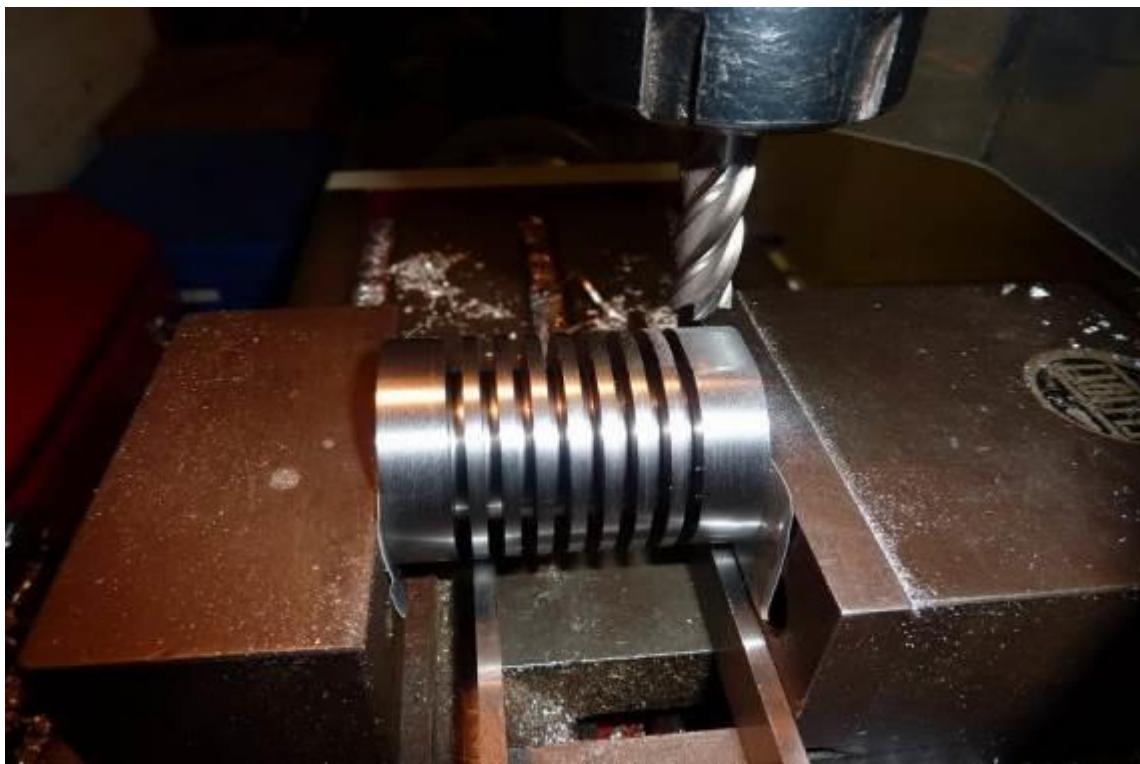
Slika P.6.13. Do sad završeno urezivanje utora i poliranje



Slika P.6.14. Provjera je li odabrano svrdlo dovoljno dugačko



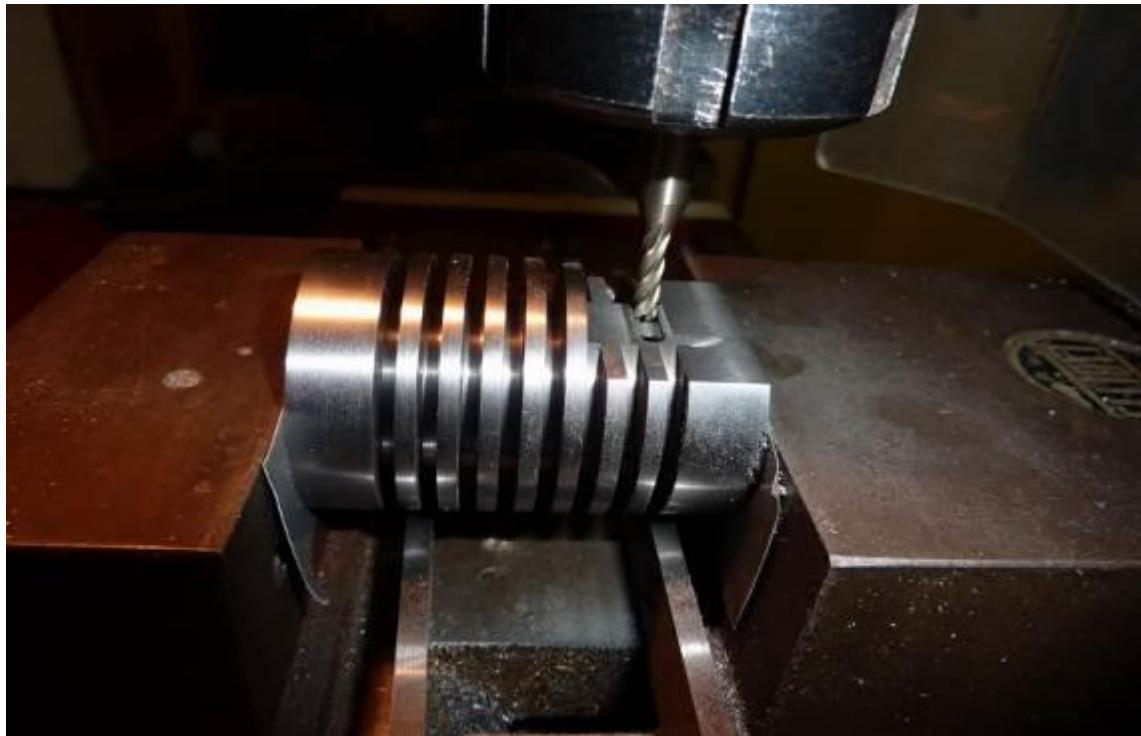
Slika P.6.15. Završeno skidanje strugotine i unutarnje poliranje cilindra



Slika P.6.16. Pomoću glodalice skinuti određenu masu, potrebno je pripaziti da se između škripa stavi podloga kako se cilindar ne bi oštetio



Slika P.6.17. Dobro stegnuti cilindar kako ne bi došlo do pomicanja



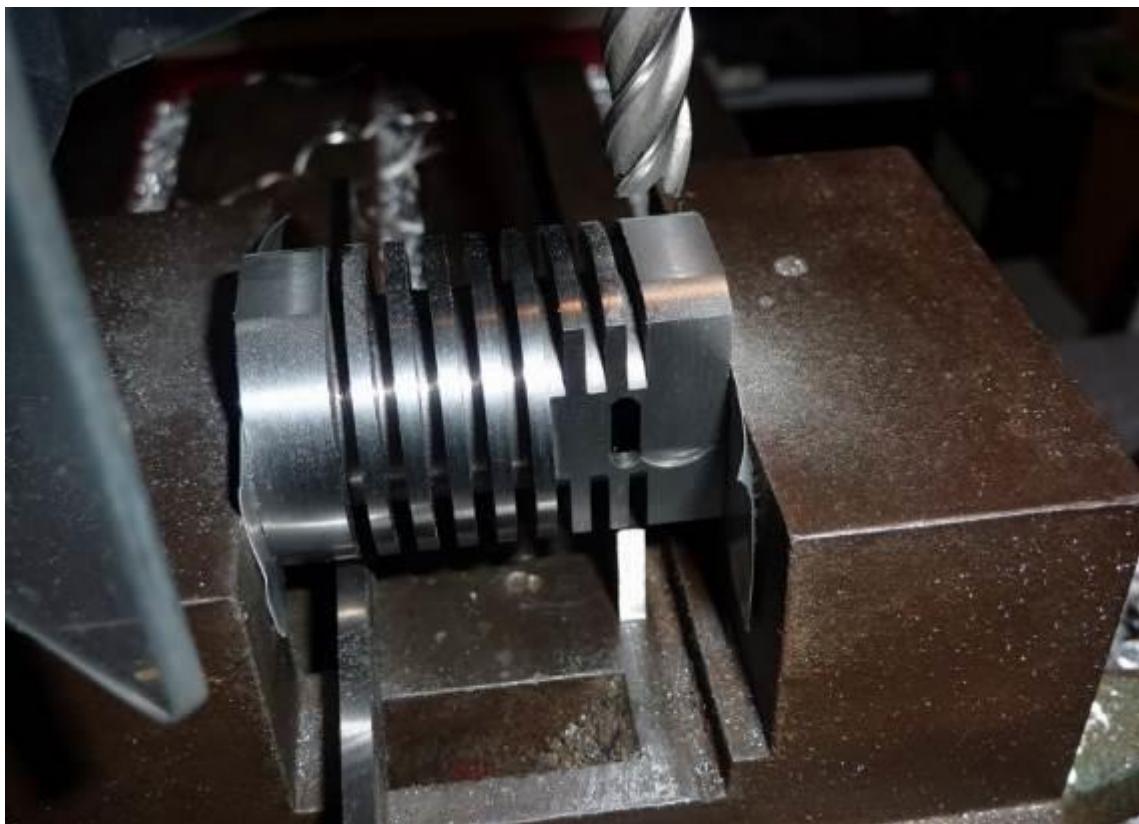
Slika P.6.18. Izrezivanje ulaznog otvora u cilindru (pripaziti da svrdlo ne ošteti unutrašnjost cilindra)



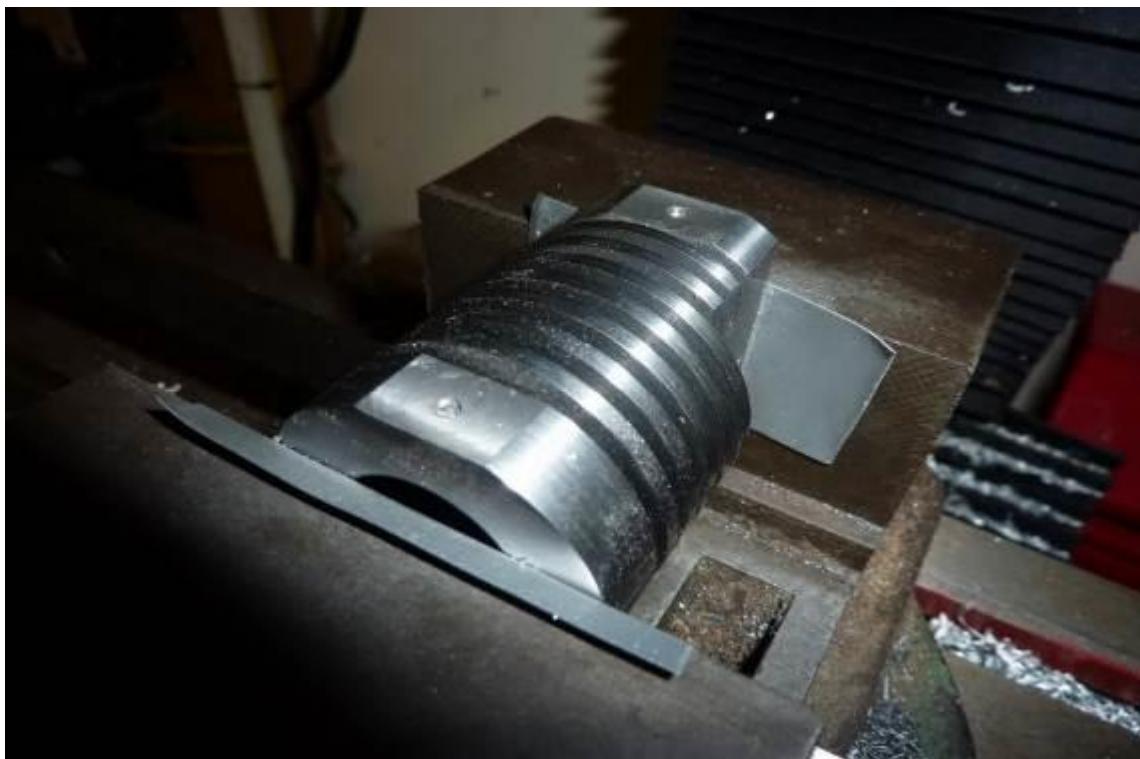
Slika P.6.19. Prikaz završnog urezivanja ulaznog otvora



Slika P.6.20. Bušilicu postaviti okomito na lice, paziti jer ovaj postupak mora biti točno pod pravim kutom



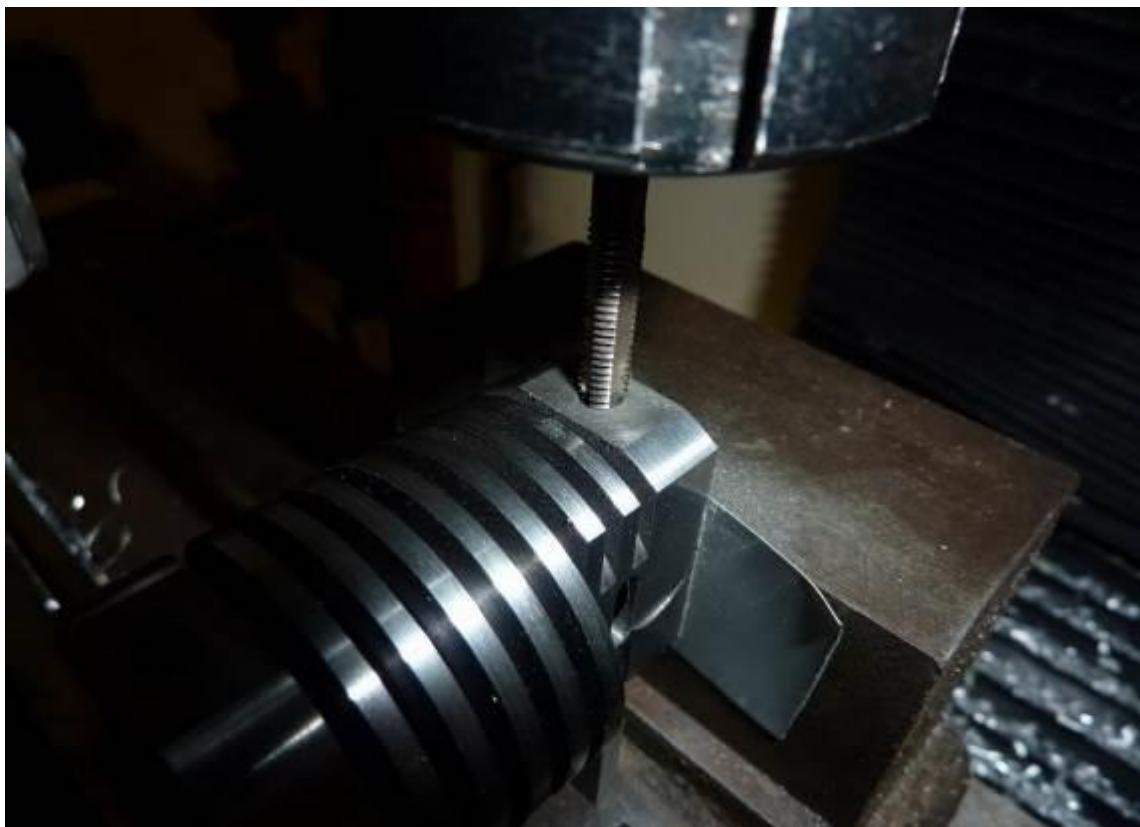
Slika P.6.21. Ravno skidanje mase, paziti na zadane dimenzije odnosno na postavljene mjere



Slika P.6.22. Obilježavanje centra rupe zabušavanjem



Slika P.6.23. Bušenje rupe prema određenoj mjeri



Slika P.6.24. Postavljanje odgovarajuće ureznice i pravljenje navoja



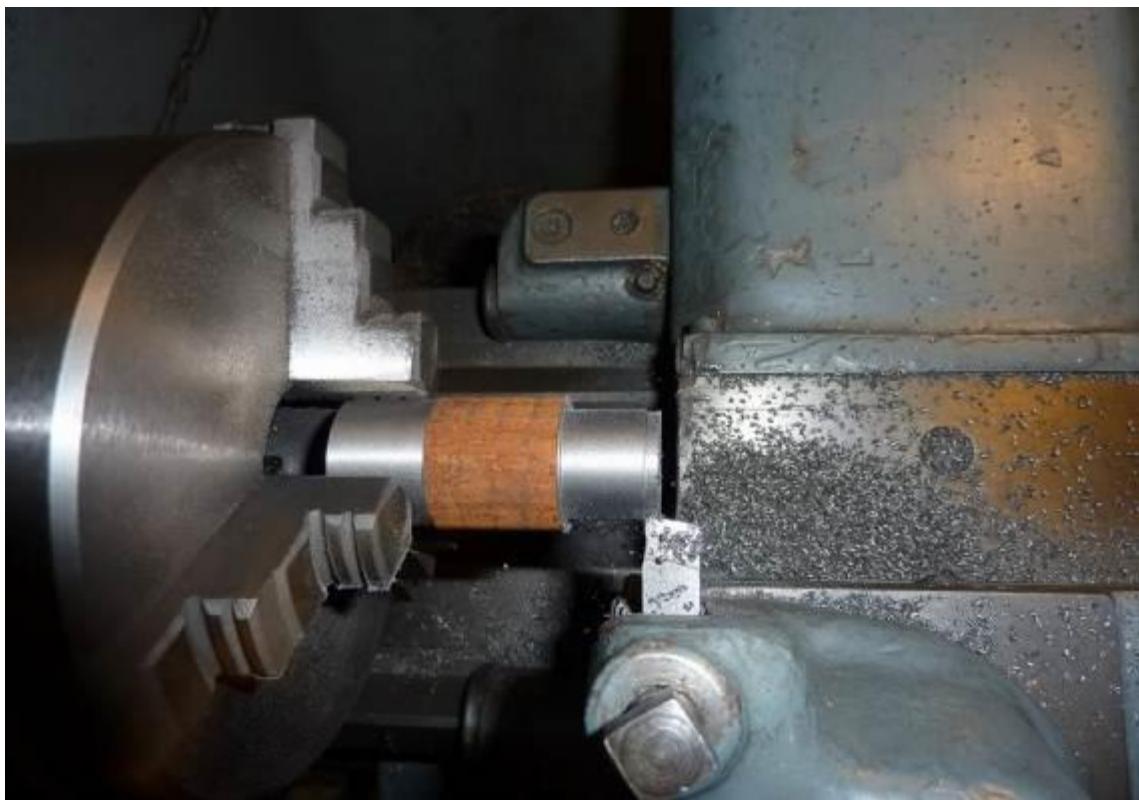
Slika P.6.25. Postavljanje centara bušilice za bušenje prikazane rupe



Slika P.6.26. Završen cilindar



Slika P.6.27. Isti postupak obrade klipa se ponavlja kao i kod cilindra



Slika P.6.28. Okretanje i započinjanje skidanja do približno određene veličine



Slika P.6.29. Završno skidanje na određenu mjeru (mora biti veće od 0,003 mm)



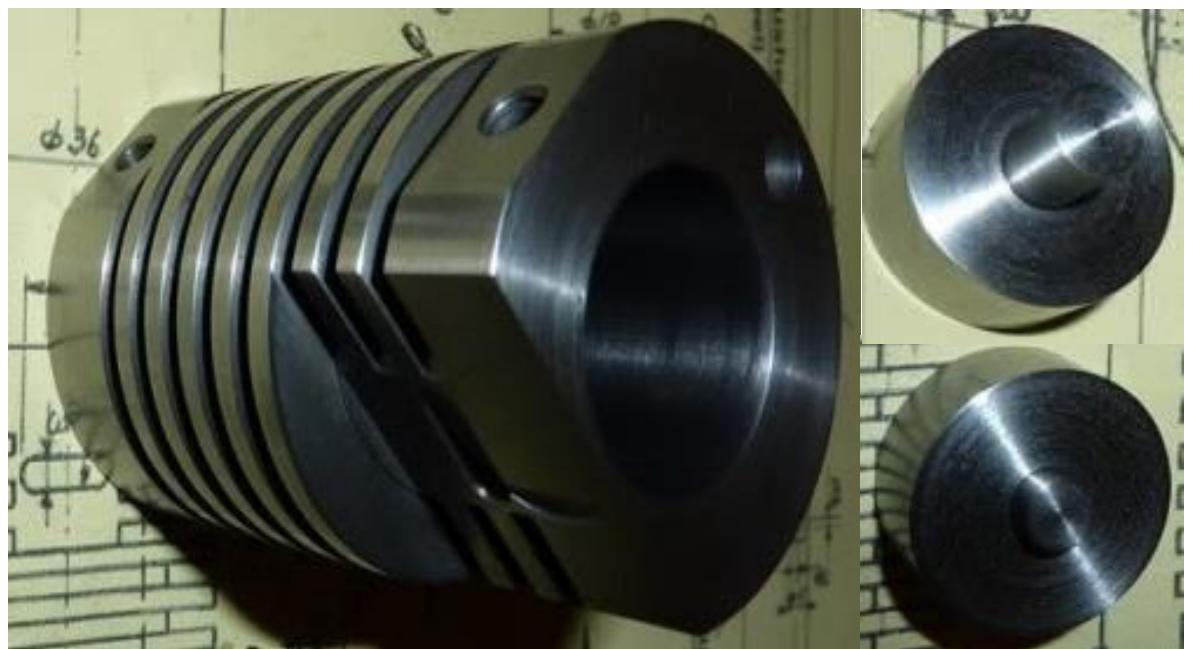
Slika P.6.30. Pravljenje čepa i odrezivanje na zadaru mjeru



Slika P.6.31. Pogledati odgovara li klip cilindru



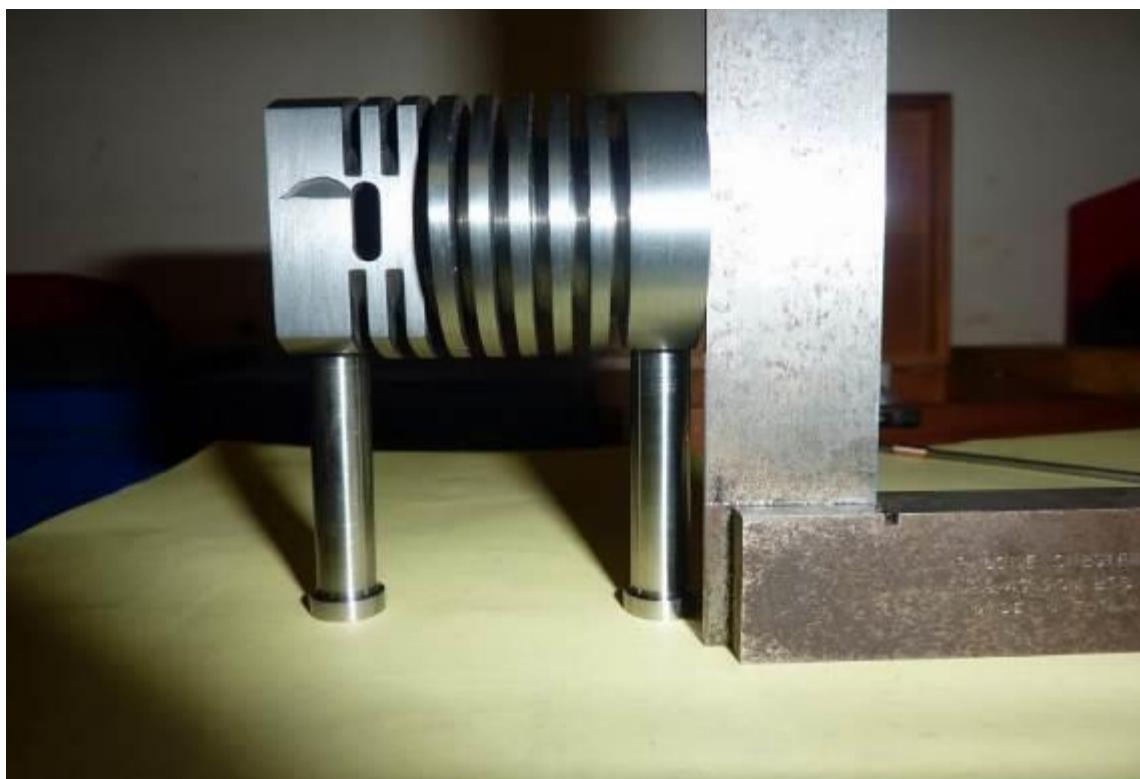
Slika P.6.32. Ukoliko se javlja trenje ili klip ne sjeda dobro treba ponovno izraditi klip



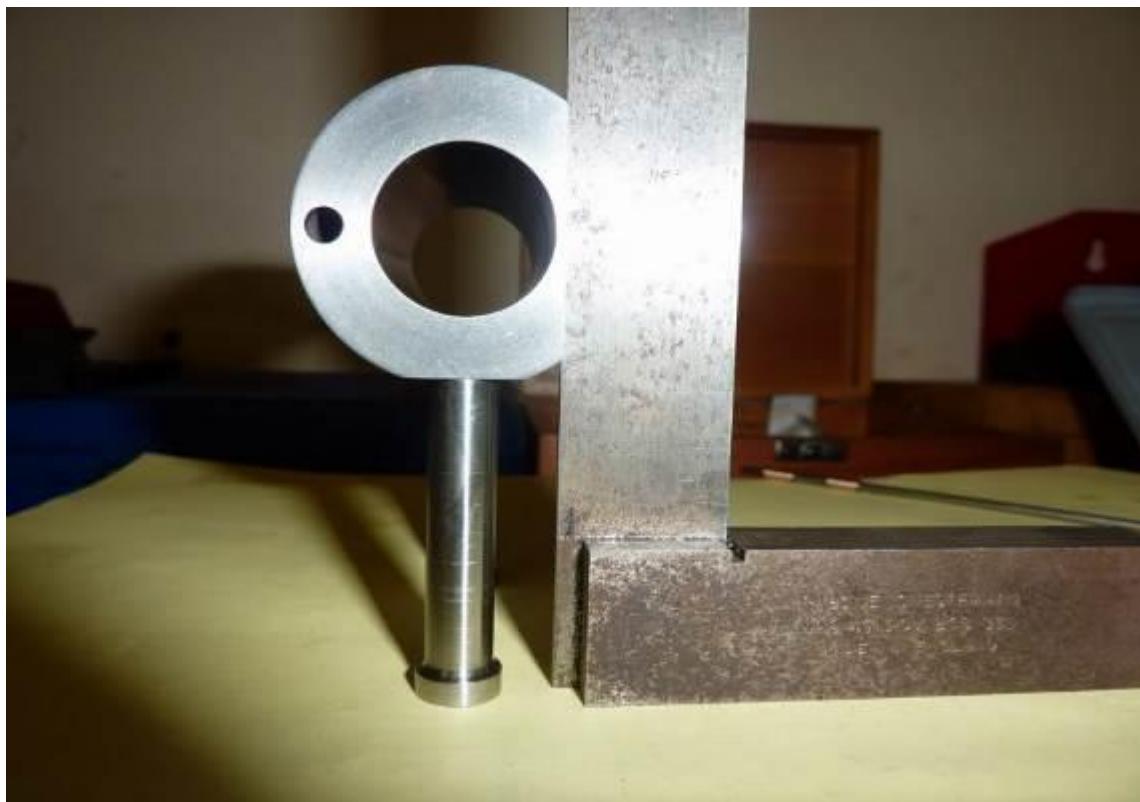
Slika P.6.33. Do sada završeni dijelovi



Slika P.6.34. Držač za cilindar s odgovarajućim navojem



Slika P.6.35. Provjera je li sve pod pravim kutom



Slika P.6.36. Provjeravanje bočne strane



Slika P.6.37. Držač za šipku



Slika P.6.38. Provjeravanje odgovaraju li držači za šipku



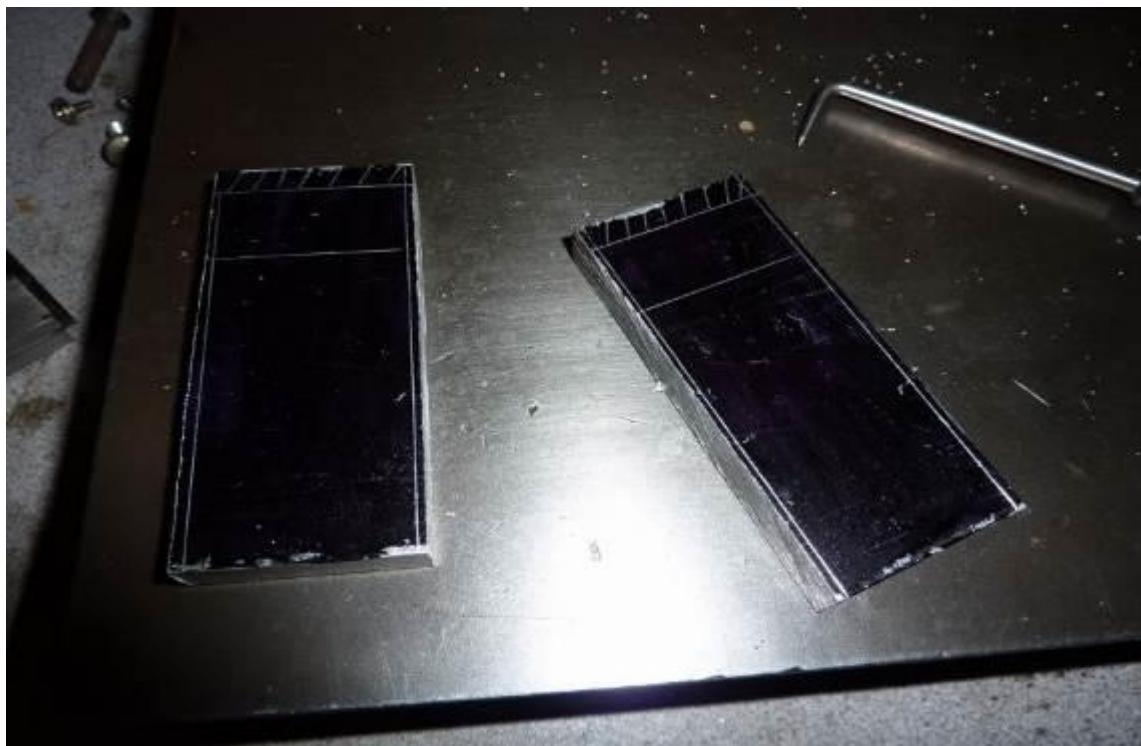
Slika P.6.39. Sastavljanje sve do sad izrađenog radi provjere međusobnog odgovaranja dijelova



Slika P.6.40. Izrada podešavača prema određenim mjerama



Slika P.6.41. Prikaz sve do sad napravljenog (međusobno sastavljeno)



Slika P.6.42. Obilježavanje okvirnog oblika držača za zamašnjak



Slika P.6.43. Rupa mora biti veće dimenzije, nego što je dimenzija ležaja



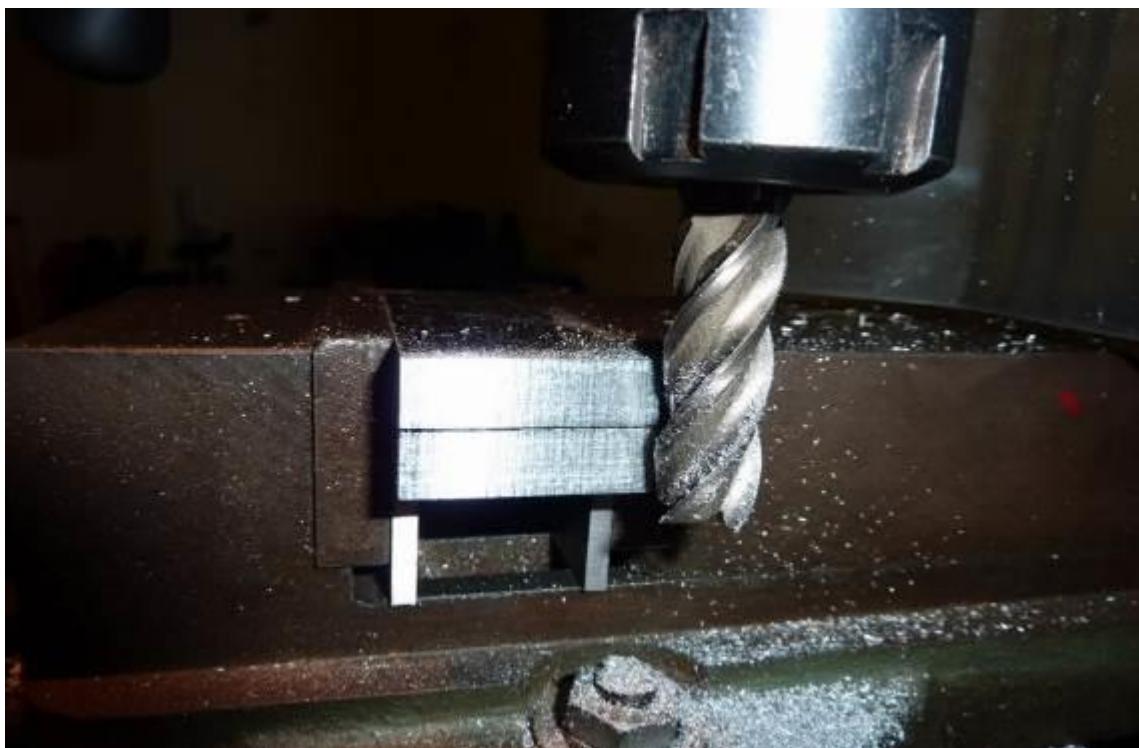
Slika P.6.44. Koristiti odgovarajuće svrdlo



Slika P.6.45. Stranice držača približno točno poravnati



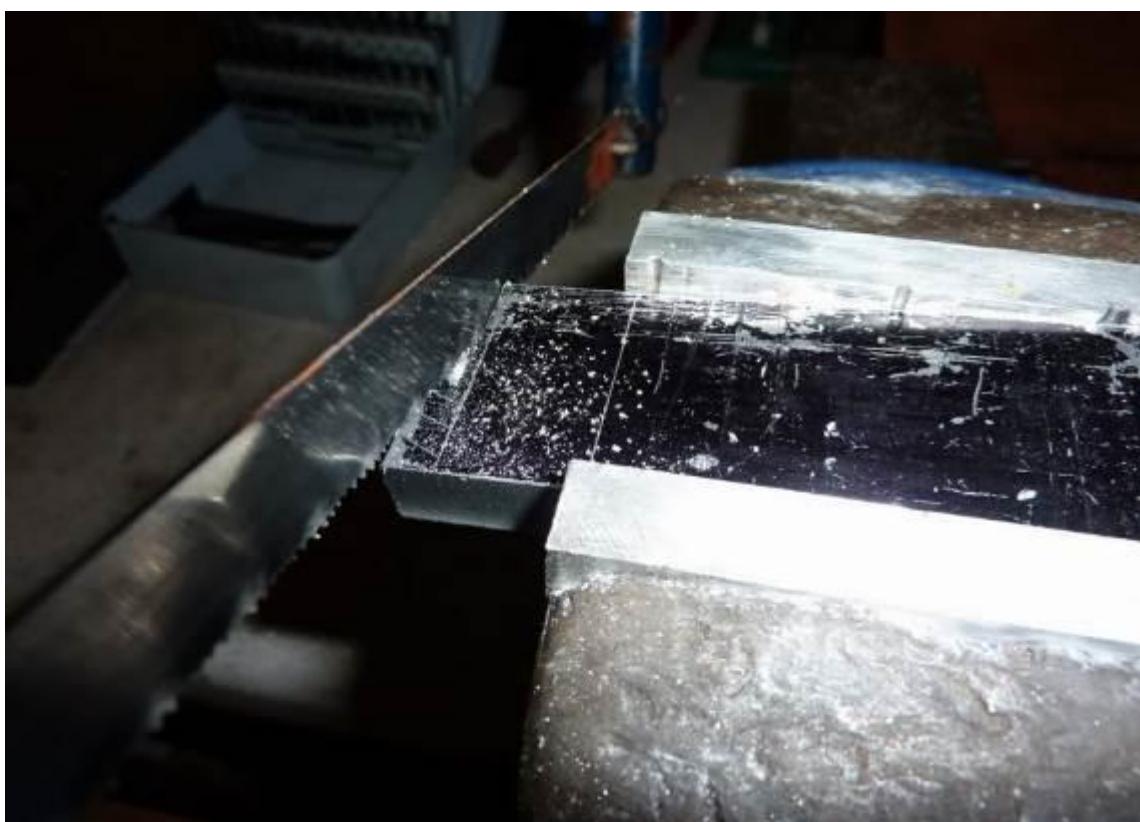
Slika P.6.46. Staviti oba držača zajedno i dobro ih stegnuti



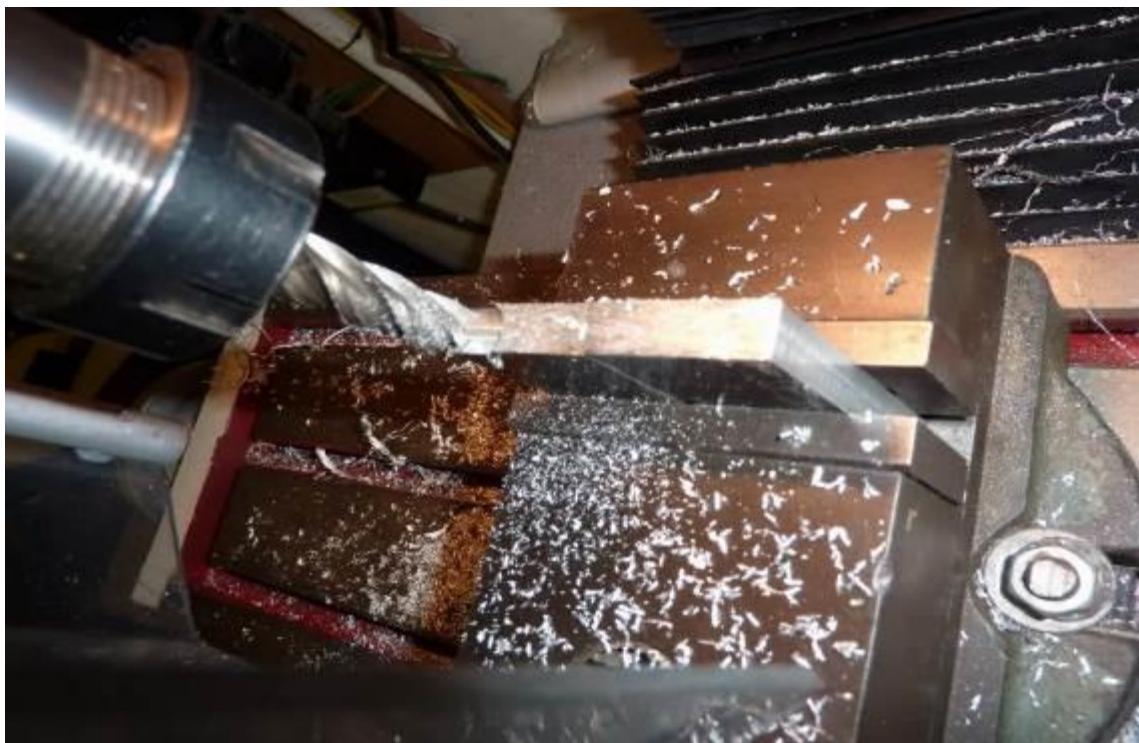
Slika P.6.47. Poravnjanje stranica držača



Slika P.6.48. Drugu stranu držača je također potrebno poravnati, ali ne na ovaj način



Slika P.6.49. Ispravan način skraćivanja viška mase



Slika P.6.50. Obrada bočne strane držača



Slika P.6.51. Bojanje i označavanje držača na zadane mjere



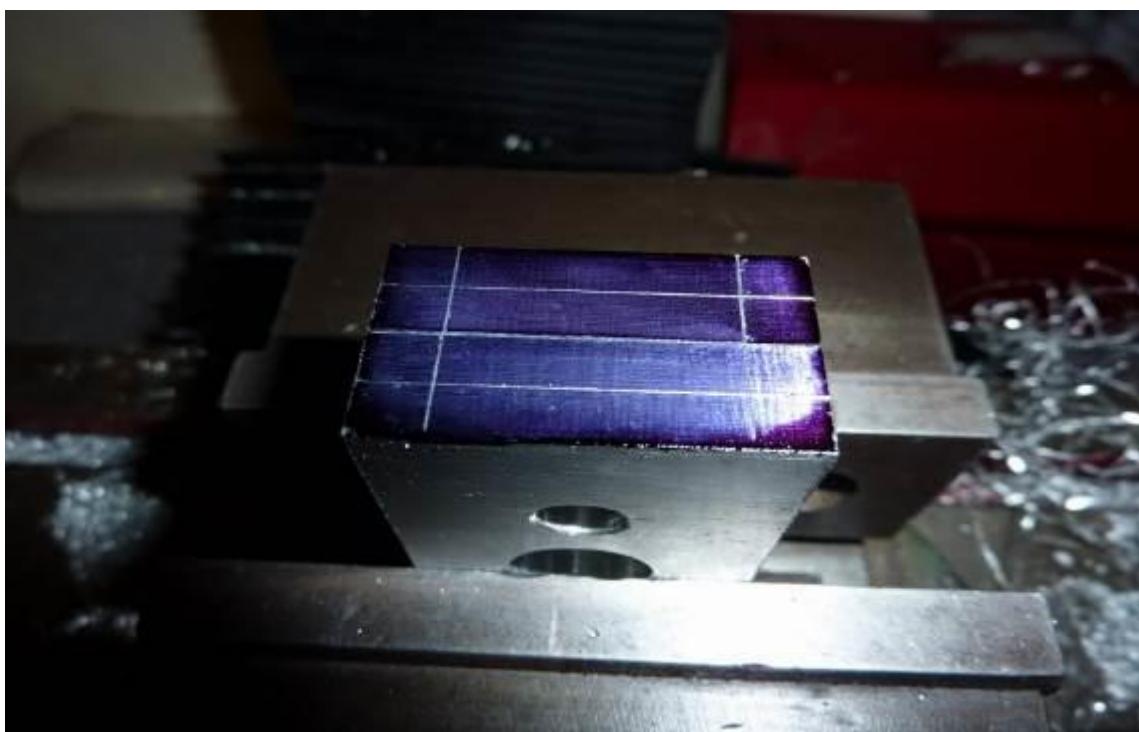
Slika P.6.52. Bušenje pod pravim kutom, paziti da je sve dobro učvršćeno



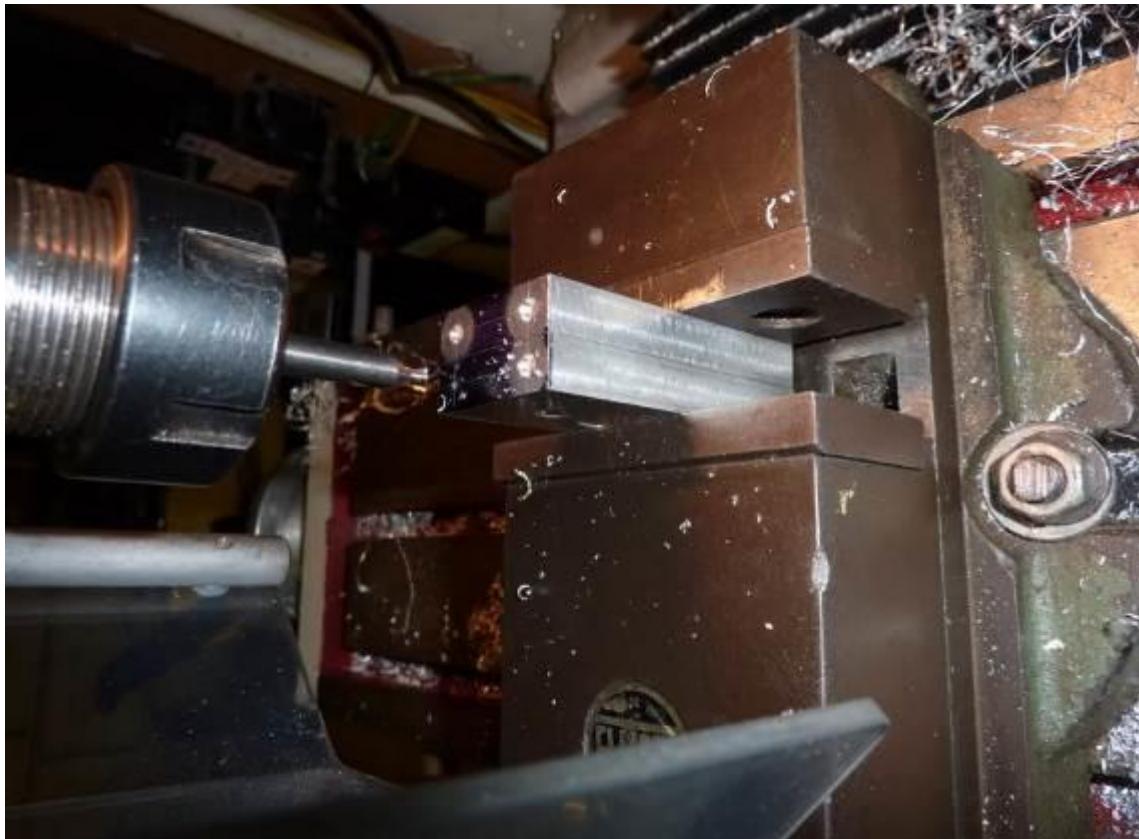
Slika P.6.53. Prilikom bušenje paziti na određenu dubinu i odgovarajuće svrdlo



Slika P.6.54. Dok se buše krajevi držača treba paziti da se ništa ne pomjeri



Slika P.6.55. Označiti donju stranu držača za bušenje rupa



Slika P.6.56. Izvršiti bušenje prethodno označenih rupa



Slika P.6.57. Odabrati odgovarajuću ureznicu i napraviti navoj u držaču



Slika P.6.58. Napraviti završnu obradu i ispolirati držač; staviti ležaj radi provjere



Slika P.6.59. Obrada radilice pri približnim mjerama



Slika P.6.60. Odrezati radilicu prema zadanoj mjeri



Slika P.6.61. Dobiveni oblik nakon rezanja; skinuti strugotinu i ispolirati



Slika P.6.62. Obraditi osovinu do zadane mjere, naravno ista mora odgovarati radilici



Slika P.6.63. Nakon obrade osovine isprobati odgovara li ona držaćima zajedno sa ležajevima u njima



Slika P.6.64. Odgovarajućom nareznicom napravite navoj na osovini prema radilici



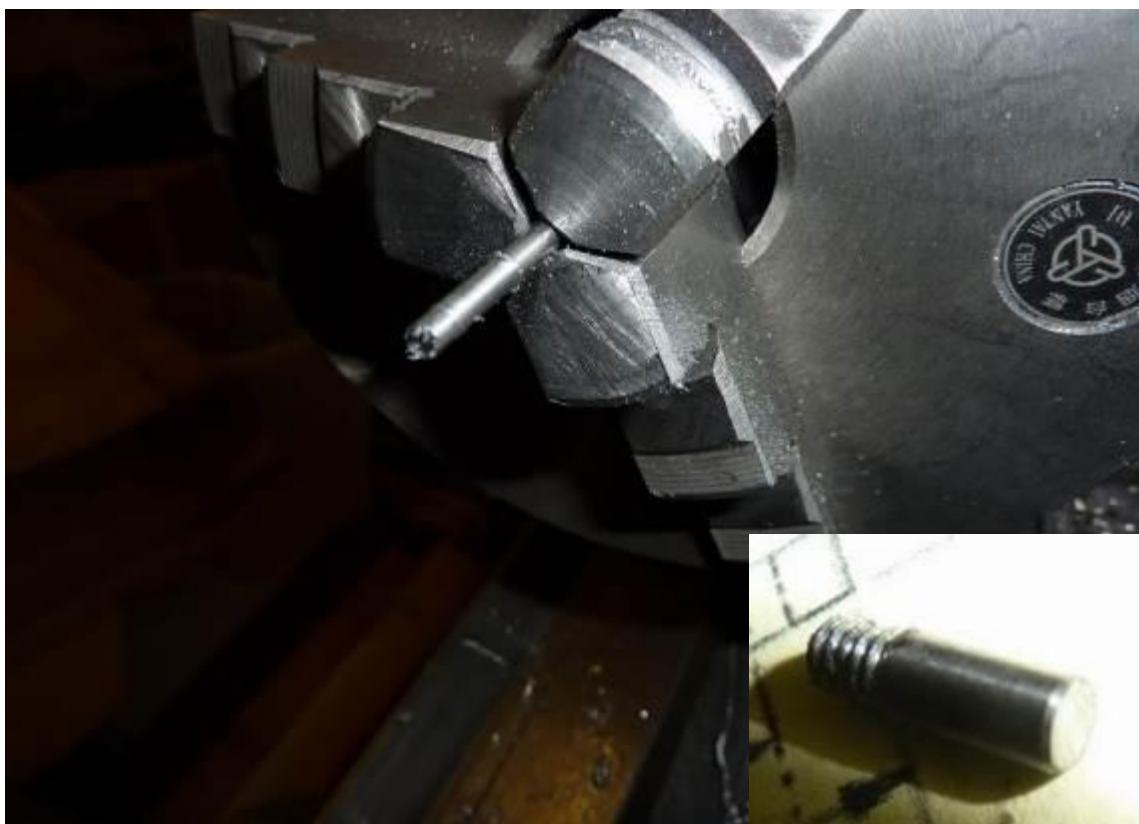
Slika P.6.65. Spojiti disk i osovinu preko napravljenog navoja radi provjere ispravnosti navoja



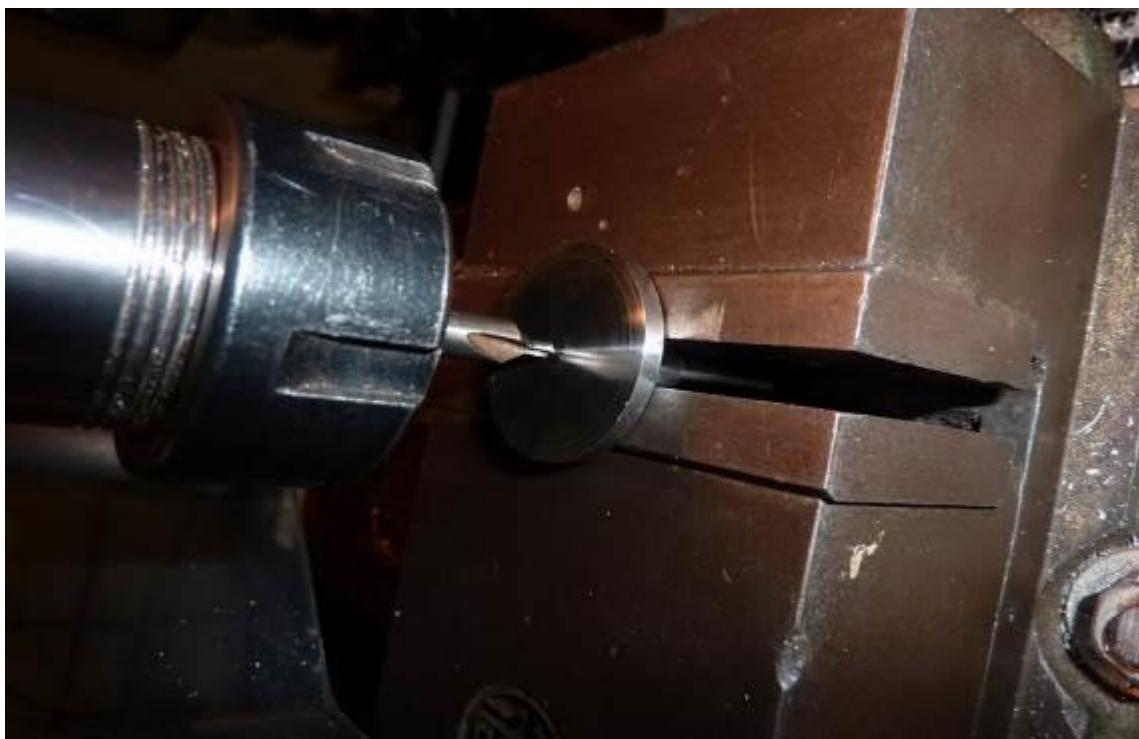
Slika P.6.66. Stanjite radilicu na određenu debljinu, ukoliko to nije učinjeno u prethodnoj obradi



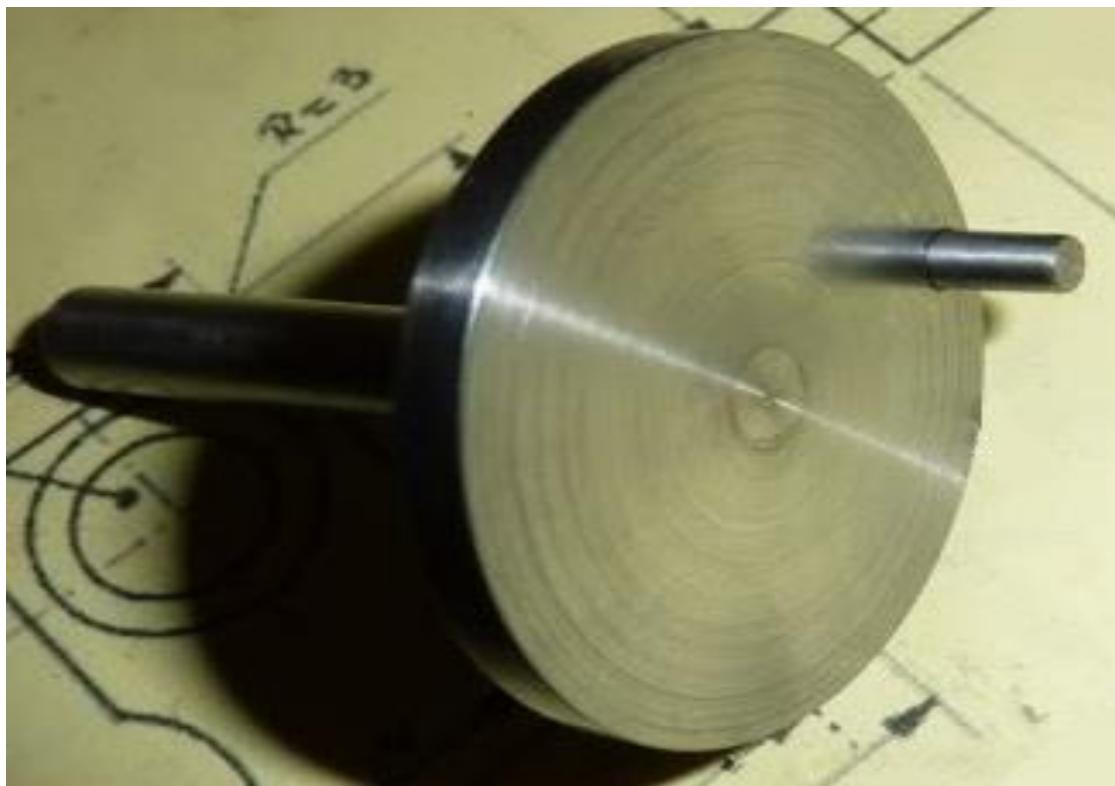
Slika P.6.67. Prikazan dobiveni dio koji kasnije treba ispolirati



Slika P.6.68. Obrada osigurača te narezivanje navoja za radilicu



Slika P.6.69. Centriranje i bušenje rupe za osigurač te urezivanje navoja zadanom ureznicom



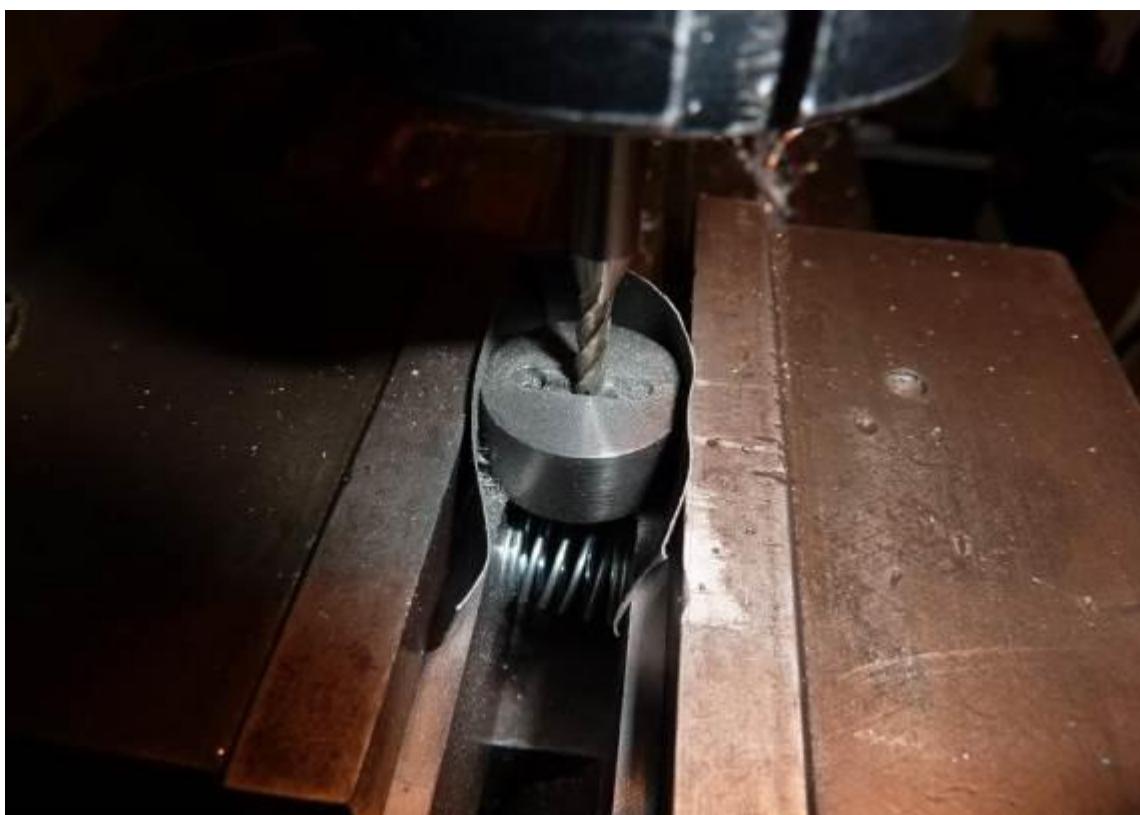
Slika P.6.70. Spojiti sve dijelove do sad napravljene kako bi se provjerilo odgovaraju li si



Slika P.6.71. Prikaz ležaja i podloške za držače, odnosno osovinu



Slika P.6.72. Priprema za obradu glavnog radnog, to jest obrtnog klipa



Slika P.6.73. Bušenje glavnog klipa



Slika P.6.74. Izgledati klip, druga inačica izrade klipa



Slika P.6.75. Izvesti podešavanje stroja preciznim i ravnim bušenjem



Slika P.6.76. Probušiti rupu skroz do kraja da svrdlo u potpunosti izađe na drugu stranu



Slika P.6.77. Napraviti osiguravajuću iglu za navedeni klip kao u prikazanome



Slika P.6.78. Obrada klipnjače u postupku



Slika P.6.79. Označiti i zabilježiti sve potrebno za daljnju obradu klipnjače po mjerama



Slika P.6.80. Nakon označivanja zadanog odgovarajućim svrdlom i napraviti rupe



Slika P.6.81. Uklanjanje stranica kako bise dobili ravniji dijelovi klipnjače



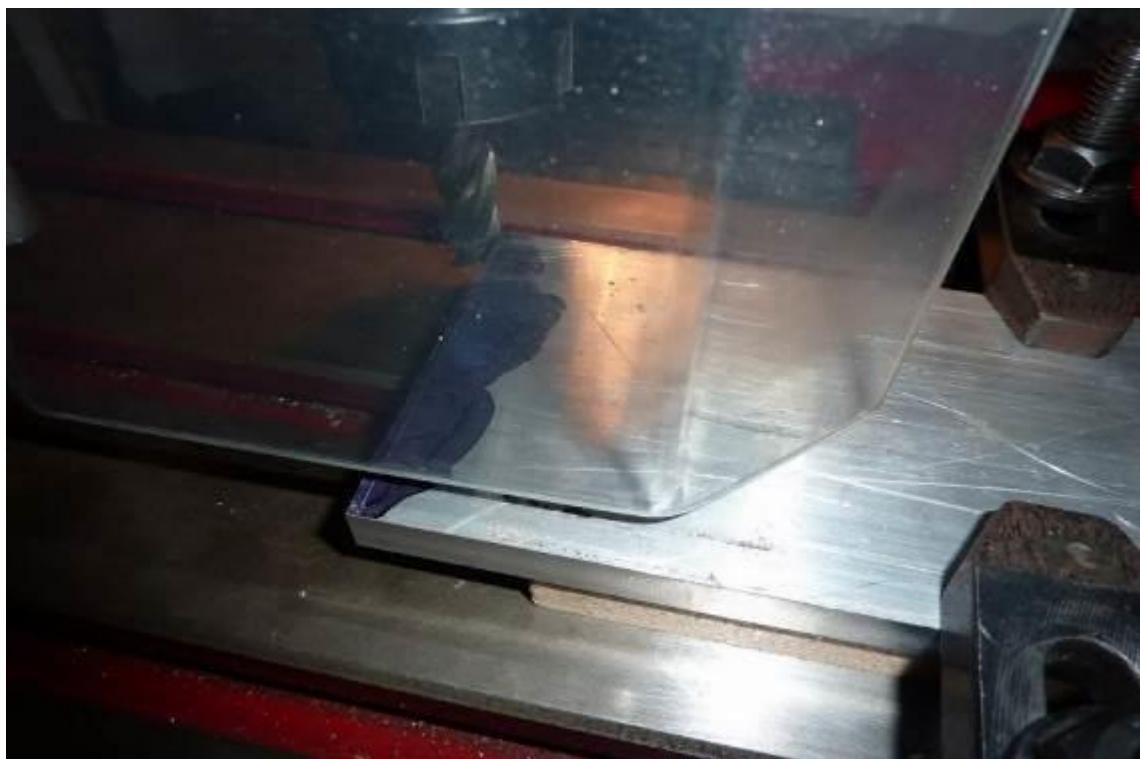
Slika P.6.82. Rezanje viška dijela podloge



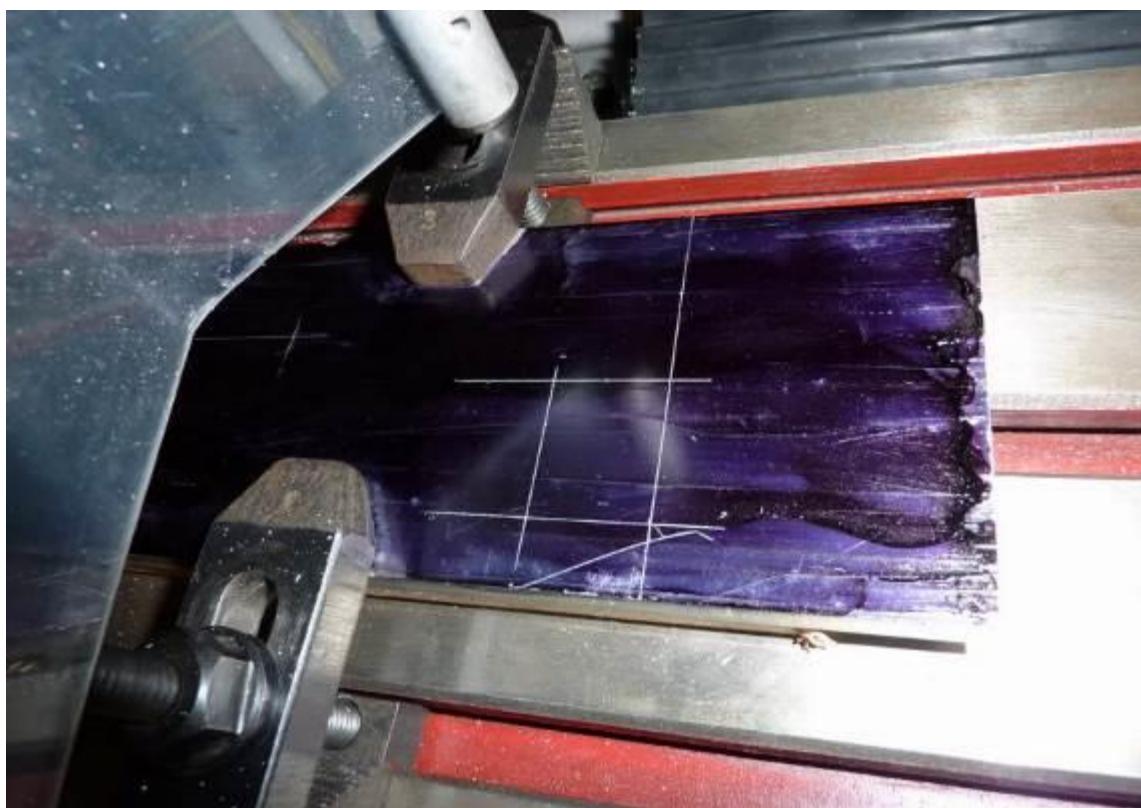
Slika P.6.83. Poravnavanje stranica podloga te skidanje preostalih strugotina



Slika P.6.84. Premjeravanje podloge te priprema za njeno rezanje



Slika P.6.85. Poravnavanje prethodno zacrtane stranice na zadano



Slika P.6.86. Označavanje rupa za držače zamašnjaka i cilindra



Slika P.6.87. Nakon označavanja izbušiti zabilježene rupe, paziti da sve bude pod pravim kutom



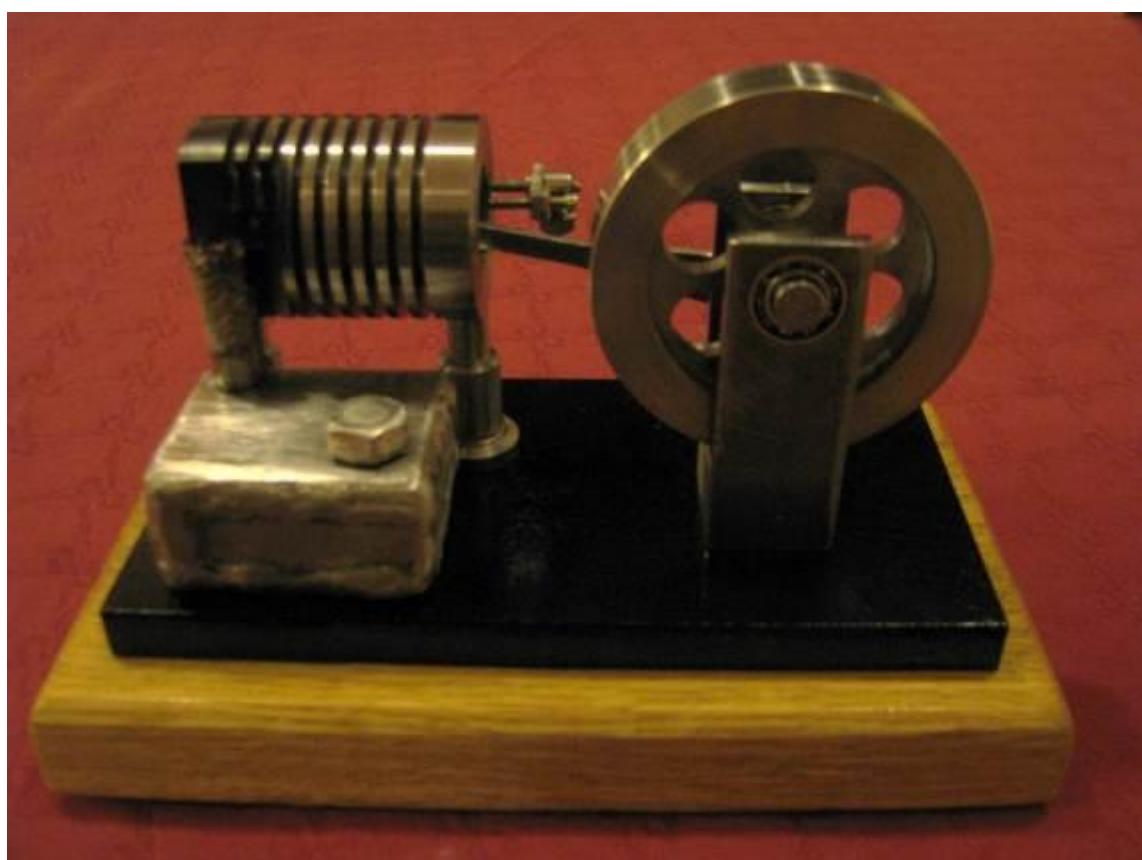
Slika P.6.88. Prikupiti vijke koji će odgovarati urezanim navojima te sve zajedno spojiti



Slika P.6.89. Prikazani klipovi koji nisu dobre izrade, odnosno nisu dobre preciznosti



Slika P.6.90. Napraviti rezervoar za plamenik po odgovarajućim mjerama



Slika P.6.91. Vakuumski motor „Jedač plamena“

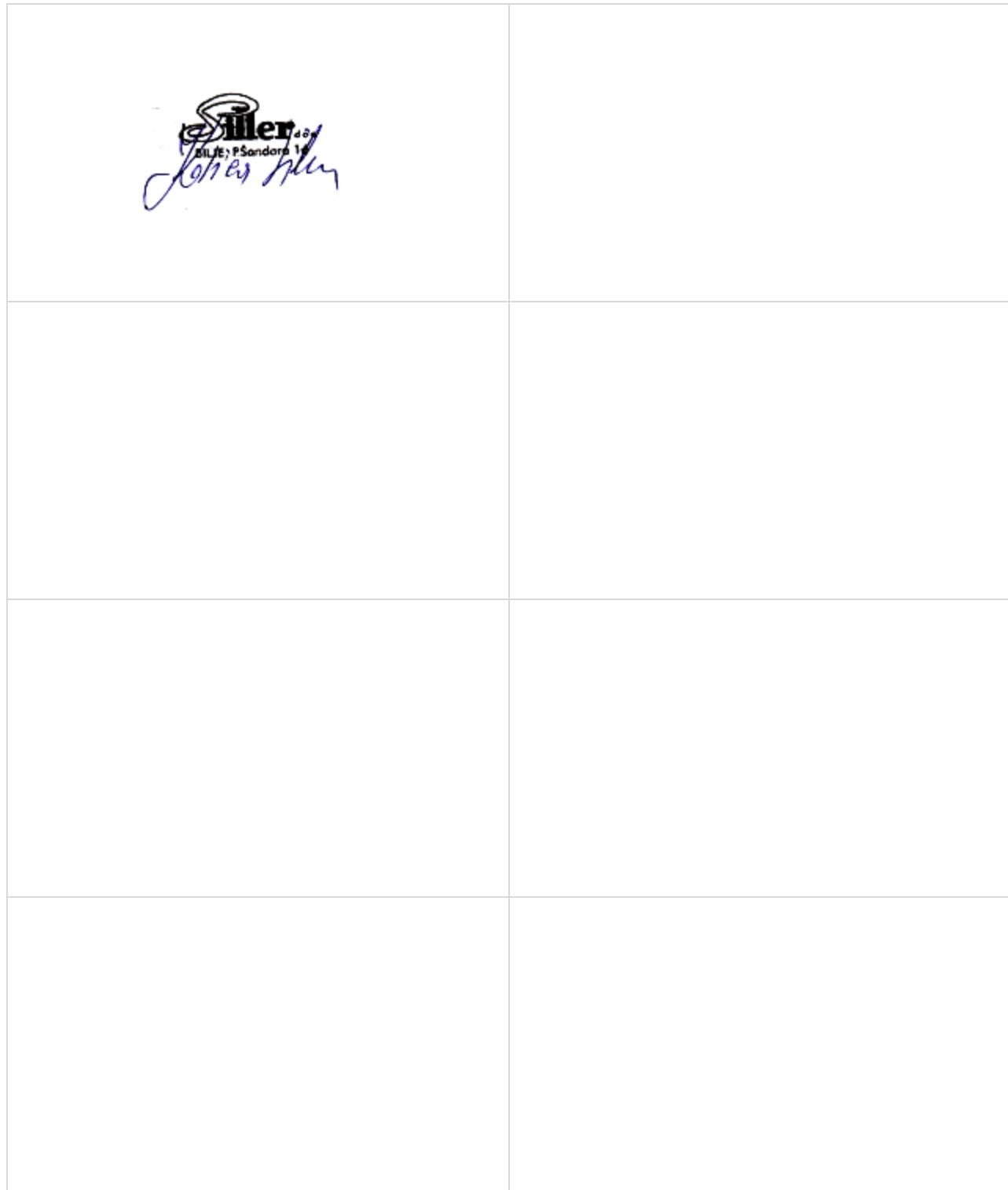
SPONZORI I DONATORI

Zahvaljujem se svima koji su mi pomogli pri izradi makete i omogućili njezinu realizaciju.



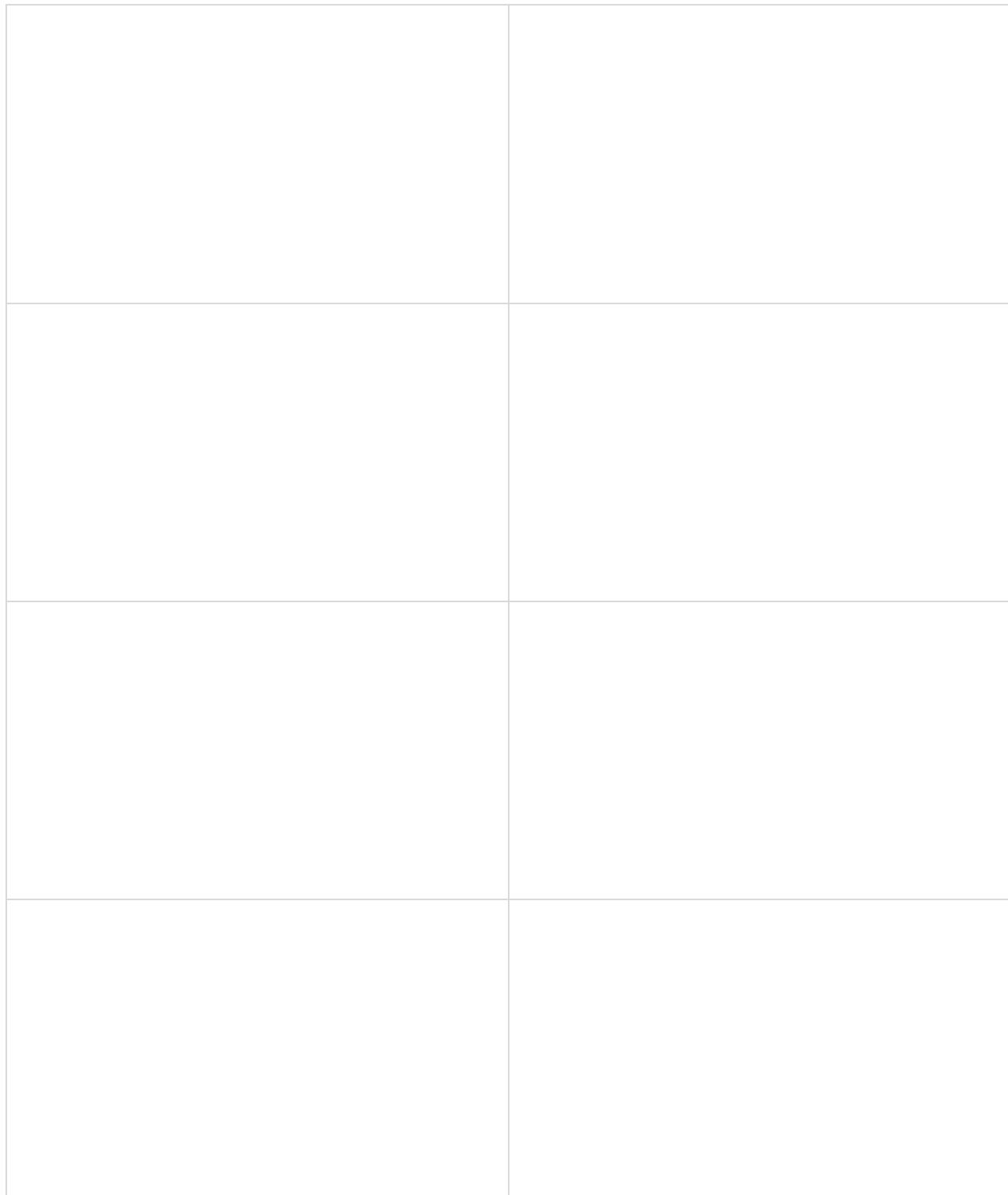
SPONZORI I DONATORI

Zahvaljujem se svima koji su mi pomogli pri izradi makete i omogućili njezinu realizaciju



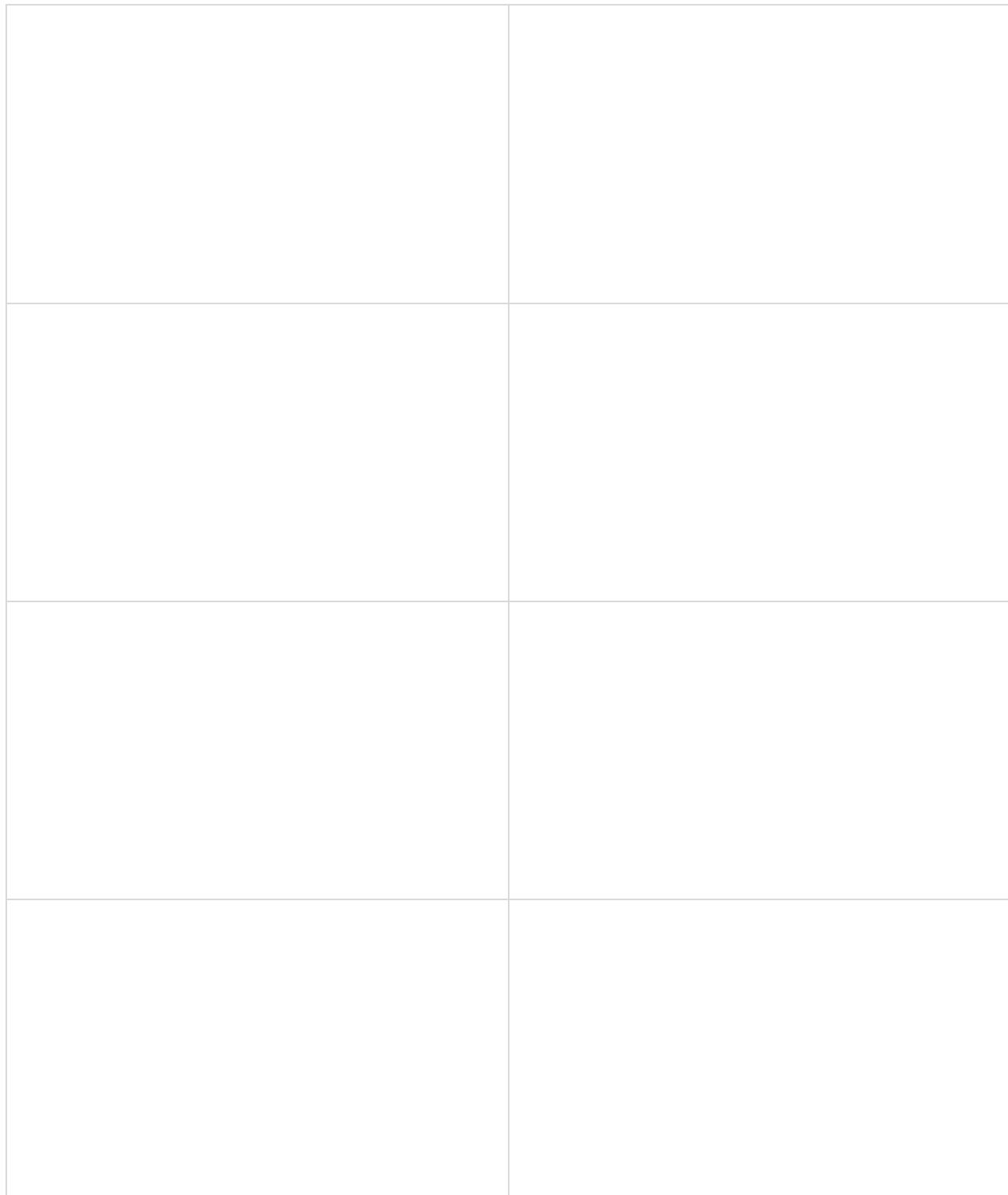
PODRŠKA

Zahvaljujem se svima koji me podržavaju u mom radu.



PODRŠKA

Zahvaljujem se svima koji me podržavaju u mom radu.



PODRŠKA

Zahvaljujem se svima koji me podržavaju u mom radu.

