

**INTERNACIONALNI UNIVERZITET TRAVNIK U TRAVNIKU
FAKULTET POLITEHNIČKIH NAUKA TRAVNIK U TRAVNIKU**

ZAVRŠNI RAD

KOMBINOVANI ALATA ZA PROBIJANJE I PROSIJECANJE

Mentor:

Prof.dr. Zdravko Božičković

Student:

Mersad Zahirović PT-94/18

Travnik, 2019. Godine

**INTERNACIONALNI UNIVERZITET TRAVNIK U TRAVNIKU
FAKULTET POLITEHNIČKIH NAUKA TRAVNIK U TRAVNIKU**

ZAVRŠNI RAD

KOMBINOVANI ALATA ZA PROBIJANJE I PROSIJECANJE

Mentor:

Prof.dr. Zdravko Božičković

Student:

Mersad Zahirović PT-94/18

Travnik, 2019. Godine

Sadržaj

1. UVOD.....	4
1.1 Obrada deformisanjem.....	4
2. PROCES OGRADE PROBIJANJEM I PROSIJECANJEM	5
3. KONSTRUKCIJA ALATA ZA PROBIJANJE I PROSIJECANJE.....	7
3.1.1 Jednoredni horizontalni raspored.....	8
3.1.2 Jednoredni vertikalni raspored	9
3.1.3 Jednoredni kosi raspored	10
3.2 Dimenzionisanje rezne ploče	11
3.3 Dimenziye imbus vijaka i cilindričnih kočića.....	14
3.5 Dimenziye ostalih elemenata.....	17
3.6 Proračun kaljene međuploče.....	17
3.7 Tolerancije izrade alata i zazor	18
3.8 Fiksni graničnik.....	20
3.9 Cilindrični rukavac.....	21
3.10 Određivanje dimenziya cilindričnog rukavca	22
3.11 Izbor stubne vođice i čaure za vođenje stubne vođice	23
TEHNIČKA DOKUMENTACIJA	25
3D PRIKAZ ALATA	32
ZAKLJUČAK	34
LITERATURA.....	35

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
s	[mm]	debljina lima
L	[mm]	dužina radnog predmeta
Luk	[mm]	ukupna dužina komada koji se presjecaju
c	[mm]	širina graničnog noža
b_l	[mm]	širina mosta
b	[mm]	širina ruba
Bul	[mm]	ulazna širina trake
Biz	[mm]	izlazna širina trake
x	[mm]	dužina graničnog noža
N	/	broj komada
η	[%]	stepen iskorištenja trake
F	[N]	sila probijanja i prosijecanja
Li	[mm]	obim svih prosjekača i probojaca
τ_m	[N/mm ²]	čvrstoća materijala na smicanje
H	[mm]	visina rezne ploče
a	[mm]	dimenzija najvećeg otvora
b	[mm]	dimenzija najvećeg otvora
e	[mm]	rastojanje na reznoj ploči
A_{rp}	[mm]	dužina rezne ploče
B_{rp}	[mm]	širina rezne ploče
σ_p	[N/mm ²]	naprezanje na pritisak
z	[mm]	zazor debljine lima
D	[mm]	dimenzija probijenog otvora
D_m	[mm]	prečnik prosjekača
t	[mm]	tolerancija radnog predmeta

1. UVOD

Jedna od najzastupljenijih grana tehnologije u metalnoj industriji jeste metoda probijanje i prosijecanje. Pojavljuje se u velikoserijskoj i masovnoj proizvodnji. U radu je objašnjen process deformisanja i princip rada probijanja i prosijecanja. U sklopu teoretskog dijela, opisan je princip rada alata za probijanje i prosijecanje. Na primjeru objašnjen proračun svakog od elemenata mašine, te prikazana njihova uloga koju igraju u ovome sistemu.

1.1 Obrada deforimsanjem

Neprekidni porast metalne industrije u svijetu, uslovjava sve širi razvoj tehnologije obrade deformisanjem. Obrada metala deformacijom ili obrada bez skidanja strugotine podrazumjeva metode obrade kojima se metalu daje željeni oblik deformacijom i odvajanjem. Oblikovanje deformiranjem krasiti visoka efektivnost, te je to uzrok veće produktivnosti u odnosu na neke druge postupke obrade metala. Ovom tehnologijom proizvode se najrazličitiji proizvodi i strojni dijelovi od zupčanika, vratila, osovina, itd. pa sve do alata za obradu metala odvajanjem čestica kao što su glodala, tokarski noževi,... Oblikovanje deformiranjem nudi i još neke pogodnosti kao što su visoka dimenzionalna tačnost proizvoda i kvaliteta površine. Moguća je izrada zahtijevane strukture, te dobivanje produkta različitih svojstava (mehanička, fizikalna). Još jedna bitna karakteristika ove tehnologije je postizanje značajne uštede na potrošnji materijala i energije. Kod deformiranja je bitan pojam elastičnosti, odnosno nakon prestanka djelovanja vanjskih sila, postoji težnja vraćanja u ravnotežno stanje. Drugi bitan pojam za ovu tehnologiju je plastična deformacija, nepovratan proces, gdje uslijed djelovanja vanjskih sila dolazi do trajne promjena oblika i dimenzija radnog predmeta. Bitno je napomenuti, da kada se radi o tehnologiji oblikovanja deformiranjem bilo bi skupina metoda izrade poluproizvoda ili proizvoda zasnovanih na plastičnoj deformaciji. Zbog svoje vrlo velike ekonomičnosti i nizda prednosti, predstavlja nezaobilaznu proizvodnu tehnologiju. Također, veoma je bitno pomenuti pojam iskoristivosti materijala, koji iznosi od 60% - 90%. Dok je u nekim slučajevima iskorištenje materijala potpuno.

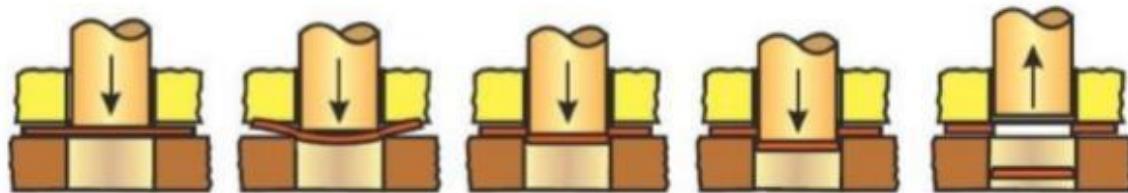
2. PROCES OBRADE PROBIJANJEM I PROSIJECANJEM

Probijanje i prosijecanje spadaju u obradu materijala razdvajanjem deformacijom bez skidanja strugotine. Najčešće se izvode na presama. Kod ove obrade razdvajanje materijala dešava se po zatvorenoj konturi. Na početku, bitno je napomenuti razliku između ove dvije operacije , probijanja i prosijecanja. Prosijecanjem se, najčešće, iz traka izrađuju radni predmeti u konačnom obliku ili kao poluproizvodi, te su spremni za eksploraciju ili idu na daljnju obradu. Ostatak poluproizvoda trake, je višak materijala te se smatra škartom.

Probijanjem se u radnim predmetima izrađuju otvor različitog oblika i dimenzija. Dakle, kod operacije probijanja, probijena jezgra je škart. Zavisno od oblika radnog komada i konstrukcije alata, postoji niz operacija razdvajanja kao što su: obrezivanje, zasijecanje, kalibriranje otvora, itd. Poluproizvod traka ili neki drugi pripremak postavljaju se na radni stol mašine i materijal se razdvaja po zatvorenoj konturi prema traženom obliku komada. Osnovni alat za prosijecanje ili probijanje sastoji se od prosjekača (probojca), koji je u većini slučajeva izrađen od legiranog alatnog čelika. Prosjekač (probojac) je učvršćen u nosaču prosjekača (probojca). Bitno je da se poveća sila prosijecanja (probijanja), a to se postiže povećanjem površine i smanjivanjem površinskog tlaka. Prosjekač se naslanja na kaljenu međuploču. Gornji sklop alata se spaja vijcima i osigurava se cilindričnim oprugama. Cijeli gornji dio alata je spojen preko cilindričnog rukavca s pritiskivačem preše. Ploča za stezanje je spojena vijcima s pritiskivačem preše. Da cilindrični rukavac ne bi ispao, koriste se vijci kao dodatno osiguranje. Donji sklop alata sastoji se od: prstena za prosijecanje (probijanje), ploče za vođenje, graničnika i donje ploče. Graničnik je spojen vijkom direktno na prsten za prosijecanje. Traka se pomakne do graničnika u povratnom hodu preše za iznos posmaka x. Najčešći materijal za izradu prstena za prosijecanje je legirani alatni čelik uz obaveznu naknadnu toplinsku obradu. Donja ploča se postavlja na steznu ploču i pričvršćuje pomoću T-vijaka. Stezna ploča postavlja se na radni stol prese i spaja se vijcima. U samome stolu prese nalazi se otvor za ispadanje jezgra. Kod operacije prosijecanja to su gotovi komadi, dok su kod operacije probijanja to otpadci. Ploča za vođenje ima više funkcija. Prvo i osnovno, mora točno voditi prosjekač i vrlo je bitno centriranje alata. Također, uz vođenje prosjekača bitno je i vođenje trake lima. Na kraju, nakon što se odradi operacija svrha je skidanje otpatka sa prosjekača.

Proces probijanja i prosijecanja se može podijeliti na tri faze :

- 1. faza nastaje elastično sabijanje i savijanje pripremka i malo elastično utiskivanje u otvor ploče, pri čemu naponi ne prelaze granicu elastičnosti.
- 2. faza U početku ove faze, zona deformacije je ograničena oko sječiva i prostire se do određene dubine u materijal pripremka. Zona deformacije se proširuje od sječiva u pravcu debljine pripremka do spajanja. Dalje prodiranje sečiva izaziva plastičnu deformaciju po celoj dubini pripremka, izazivajući pomeranje jednog dela mase pripremka u odnosu na drugi. Na kraju ove faze naponi u blizini sječiva dostižu maksimalne vrijednosti, tj. vrijednosti koje odgovaraju smičućoj čvrstoći. 8
- 3. faza Zona plastičnih deformacija raste, stvaraju se mikro, a zatim i makro pukotine u dijelu materijala koji je u neposrednom kontaktu sa sječivima, i to obično prvo na mjestu dodira sa sječivom ploče, a zatim a mjestu dodira sa sječivom prosijekača. Ove pukotine se stvaraju u prvcima maksimalnih deformacija smicanja, i brzo se proširuju na unutrašnje slojeve materijala pripremka. Spajanjem pukotina završava se proces odvajanja. Pri daljem kretanju prosijekača, odvojeni deo se potiskuje kroz otvor ploče



Slika 2.1 Faze operacije prosijecanja i probijanja

3. KONSTRUKCIJA ALATA ZA PROBIJANJE I PROSIJECANJE

3.1 Raspored reznih elemenata

Raspored reznih elemenata kod probijanja i prosjecanja u potpunosti definiše konstrukciju alata. Usvojeni raspored reznih elemenata direktno utiče na

- stepen iskorištenja materijala
- gabaritne dimenzije alata
- složenost konstrukcije alata
- izbor tipa prese

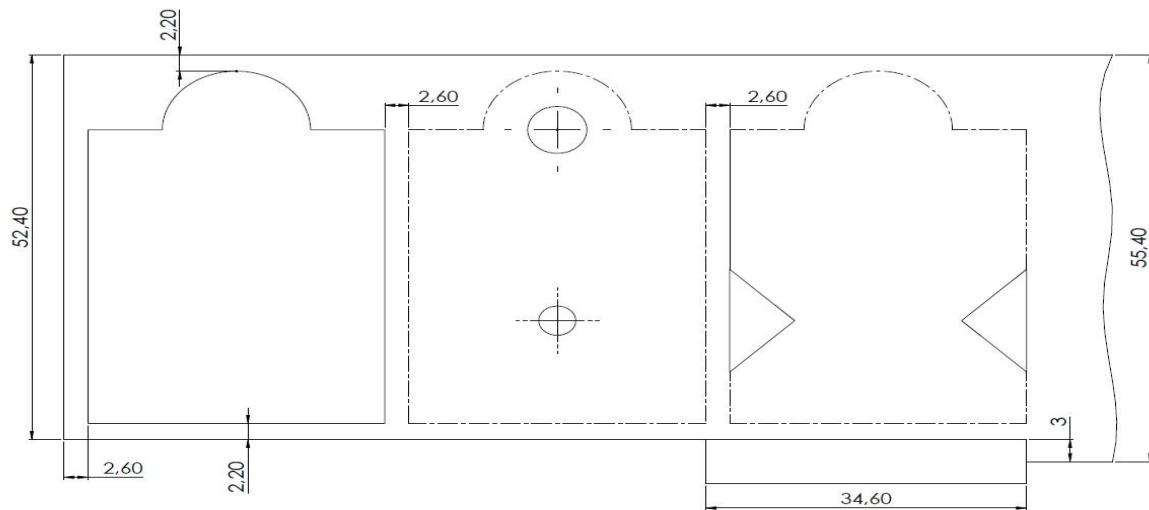
Raspored reznih elemenata može biti jednoredni, višeredni, višeredni smaknuti i višeredni kombinovani. Za usvajanje optimalnog izbora potrebno je proračunati više varijanti.

Pri rasporedu reznih elemenata najbitniju ulogu igraju dimenzije samog predmeta te širina ruba i širina mosta koje vadimo iz tablice 3.3.

Dimenzije ruba i mosta za mekši čelik i alat sa graničnim nožem (mm)								
Debljina lima s (mm)	Najveća dimenzija pravougaonog prosjekača (mm)							
	<50		50-100		100-200		>200	
	b ₁	b	b ₁	b	b ₁	b	b ₁	b
<0,2	2,5	2,0	3,0	2,5	3,5	3,0	4,0	3,5
0,2-0,5	1,8	1,5	2,0	1,7	2,5	2,2	3,0	2,7
0,5-1,0	1,5	1,0	1,7	1,2	2,2	1,7	2,7	2,2
1,0-1,5	1,9	1,4	2,1	1,6	2,6	2,1	3,1	2,6
1,5-2,0	2,2	1,7	2,4	1,9	3,0	2,5	3,4	2,9
2,0-2,5	2,6	2,2	2,8	2,4	3,3	2,9	3,8	3,4
2,5-3,0	3,0	2,5	3,2	2,7	3,7	3,2	4,2	3,7
3,0-3,5	3,4	2,9	3,6	3,1	4,1	3,6	4,6	4,1
3,5-4,0	3,7	3,2	3,9	3,4	4,4	3,9	4,9	4,4
4,0-4,5	4,0	3,6	4,2	3,8	4,7	4,3	5,2	4,7
4,5-5,0	4,5	4,0	4,7	4,2	5,2	4,7	5,7	5,2
5,0-6,0	4,5	4,0	5,5	4,5	5,5	4,5	6,0	5,0
6,0-7,0	4,8	4,3	6,0	5,0	6,0	5,0	6,5	5,5
7,0-8,0	5,3	4,8	6,5	5,5	7,0	6,0	7,8	6,8
8,0-9,0	5,8	5,3	7,0	6,0	7,5	6,5	8,0	7,0
9,0-10,0	6,3	5,8	7,0	6,0	7,5	6,5	8,0	7,0

Tabela 3.3 Dimenzije ruba i mosta

3.1.1 Jednoredni horizontalni raspored



Slika 3.1 Jednoredni horizontalni raspored

Dimenzije ruba i mosta

Za $s = 2 \text{ mm}$ i $L=48 \text{ mm}$

$$b_1 = 2,6 \text{ mm}$$

$$b = 2,2 \text{ mm}$$

Ulagna i izlagna širina trake :

$$B_{ul} = L + 2b + c/2 \quad (3.1)$$

$$B_{ul} = 48 + 2 * 2,2 + 6/2 = 55,4 \text{ mm}$$

$$B_{iz} = L + 2b \quad (3.2)$$

$$B_{iz} = 48 + 2 * 2,2 = 52,4 \text{ mm}$$

Korak graničnog noža:

$$X = B + b_1 \quad (3.3)$$

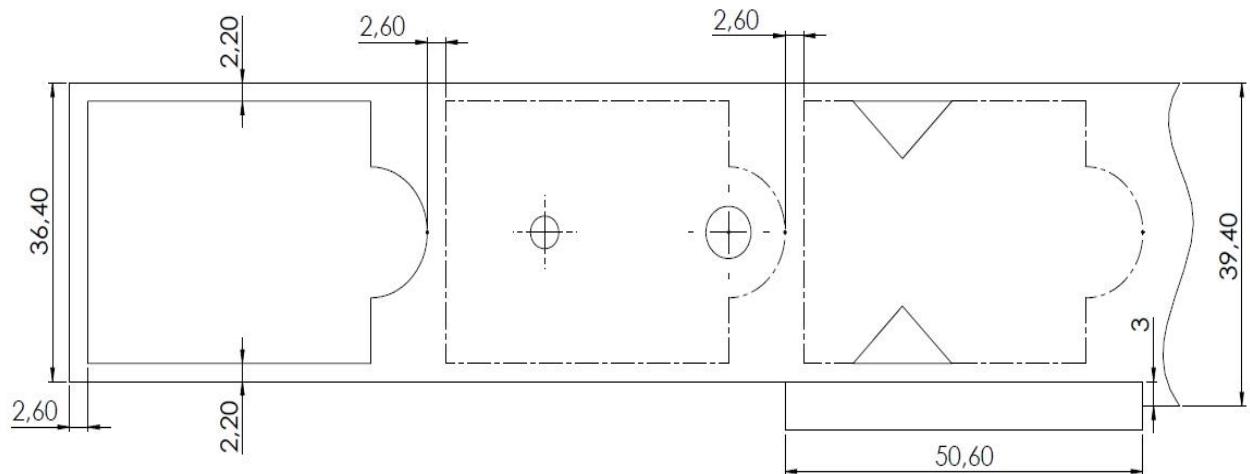
$$X = 32 + 2,6 = 34,6 \text{ mm}$$

Stepen iskorištenja:

$$N = \frac{2000}{x} = \frac{2000}{34,6} = 58 \quad (3.4)$$

$$\eta = 58 * \frac{1237,79}{2000*55,4} * 100\% = 64,57\% \quad (3.5)$$

3.1.2 Jednoredni vertikalni raspored



Slika 3.2 Jednoredni vertikalni raspored

Dimenzije ruba i mosta

Za $s = 2 \text{ mm}$ i $L = 32 \text{ mm}$

$b_1 = 2,6 \text{ mm}$

$b = 2,2 \text{ mm}$

Širina graničnog noža

$c = 4 \div 10 \text{ mm}$

$c = 6 \text{ mm}$

Ulagna i izlagna širina trake :

$$B_{ul} = L + 2b + c/2 \quad (3.6)$$

$$B_{ul} = 32 + 2 * 2,2 + 6/2 = 39,4 \text{ mm}$$

$$B_{iz} = L + 2b \quad (3.7)$$

$$B_{iz} = 32 + 2 * 2,2 = 36,4 \text{ mm}$$

Korak graničnog noža:

$$X = L + b_1 \quad (3.8)$$

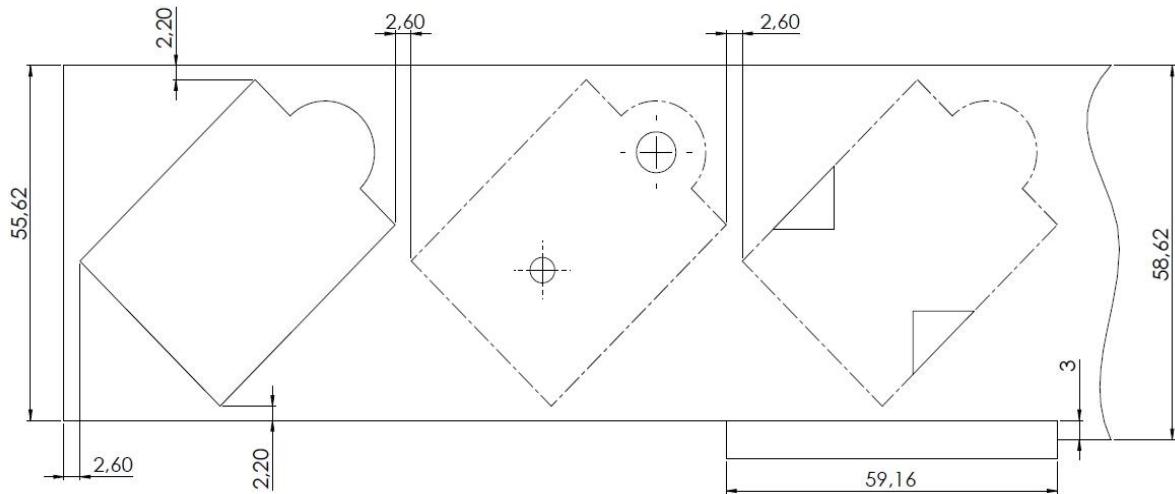
$$X = 32 + 2,6 = 50,6 \text{ mm}$$

Stepen iskorištenja:

$$N = \frac{2000}{x} = \frac{2000}{50,6} = 40 \quad (3.9)$$

$$\eta = 40 * \frac{1237,79}{2000 * 39,4} * 100\% = 62\% \quad (3.10)$$

3.1.3 Jednoredni kosi raspored



Slika 3.3 Jednoredni kosi raspored

Dimenzije ruba i mosta

Za $s = 2$ mm i $L = 51,22$ mm

$b_1 = 2,6$ mm

$b = 2,2$ mm

Širina graničnog noža

$c = 4 \div 10$ mm

$c = 6$ mm

Ulagna i izlagna širina trake :

$$B_{ul} = L + 2b + c/2 \quad (3.11)$$

$$B_{ul} = 51,22 + 2 * 2,2 + 6/2 = 58,62 \text{ mm}$$

$$B_{iz} = L + 2b \quad (3.12)$$

$$B_{iz} = 51,22 + 2 * 2,2 = 55,62 \text{ mm}$$

Korak graničnog noža:

$$X = L + b_1 \quad (3.13)$$

$$X = 59,16 \text{ mm}$$

Stepen iskorištenja:

$$N = \frac{2000}{x} = \frac{2000}{59,16} = 34 \quad (3.14)$$

$$\eta = 34 * \frac{1237,79}{2000 * 58,62} * 100\% = 35,68\% \quad (3.15)$$

Traka koju biramo za nastavak proračuna je horizontalni jednoredni raspored s obzirom na odnos stepena iskoristenja i složenosti konstrukcije alata.

3.2 Dimenzionisanje rezne ploče

Rasporedom reznih elemenata u traci u potpunosti se određuju svi otvori u reznoj ploči.

Visina rezne ploče određuje se na osnovu dimenzija najvećeg otvora u reznoj ploči. Visina rezne ploče za limove do 6 mm debljine i otvore do 300 mm, može se izračunati po izrazu:

$$H = (10 + 5s + 0,7 * \sqrt{a + b}) * c \text{ (mm)} \quad (3.16)$$

gdje su:

s – debljina lima

a i b – dimenzije najvećeg otvora

c – koeficijent koji zavisi od čvrstoće lima i bira se po tabeli 3.6

Vrijednosti koeficijenta c				
σ_m (N/mm ²)	800	400	250	120
c	1,3	1,0	0,8	0,6

Tabela 3.6 vrijednost koeficijenta c

$$H = (10 + 5 * 2 + 0,7 * \sqrt{48 + 32}) * 0,9$$

$$H = 23,63 \text{ mm}$$

Izračunata vrijednost se zaokružuje na prvi veći broj iz reda standardnih brojeva (usvajamo visinu rezne ploče $H = 26 \text{ mm}$).

Širina rubnog pojasa se može izračunati po sljedećem izrazu:

$$e = (10 \div 12) + 0,8H \text{ (mm)} \quad (3.17)$$

$$e = 10 + 0,8 * 26$$

$$e = 30,8 \text{ mm}$$

Dužina i širina rezne ploče (Arp i Brp)

$$A = 3 * X \quad (3.18)$$

$$A = 3 * 34,6 = 103,8 \text{ mm}$$

$$B = B + e_4 + e_6 \quad (3.19)$$

$$Brp = 48 + 26 + 52 = 126 \text{ mm}$$

$$A_{rp} = A + 2e = 103,8 + 2 * 30,8 \quad (3.20)$$

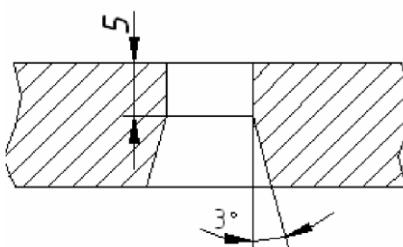
$$A_{rp} = 165,4 \text{ mm} \quad B_{rp} = 126 \text{ mm}$$

Ugao proširenja otvora u donjem dijelu otvora u reznoj ploči

Ugao i visina cilindričnog dijela bira se iz sljedećih odnosa:

$$\alpha = 3 \div 5^\circ \text{ (usvajamo } 3\text{)}$$

$$h = 5 \div 10 \text{ mm (usvajamo } 5 \text{ mm)}$$



Slika 3.7 Ugao rezne ploče

Najmanja rastojanja između otvora na reznoj ploči biraju se po tabelama 3.8 i 3.7.

Dužina rezne ploče A(mm)	Najmanja rastojanja između vijaka i kočića e1 i e2 (mm)									
	Prečnik vijka i kočića (mm)									
	M6 i 6		M8 i 6 ili 8		M10 i 10		M12 i 12		M16 i 16	
e1	e2	e1	e2	e1	e2	e1	e2	e1	e2	
<100	7,5	12	10	16	-	-	-	-	-	-
100-125	-	-	10	16	12	20	-	-	-	-
125-160	-	-	-	-	12	20	15	25	-	-
160-250	-	-	-	-	15	20	15	25	-	-
250-280	-	-	-	-	15	20	15	25	-	-
280-400	-	-	-	-	-	-	15	25	20	32
>400	-	-	-	-	-	-	15	25	20	32

Tabela 3.8 Najmanja rastojanja između vijaka i kočića

Najmanja rastojanja između otvora na reznoj ploči		
Rastojanja na reznoj ploči	Materijal rezne ploče	
	Ugljenični čelik	Legirani alatni čelik
e3	0,8 d ₀	0,6 d ₀
e4	1,2 H	H
e5	d ₀	0,8 d ₀
e6	2,5 H	2H
e7 (d ₀ <8,5)	1,2 d ₀	d ₀
e7 (d ₀ >8,5)	1,4 d ₀	1,2 d ₀

Oznake: d₀ – prečnik vijka; H – visina rezne ploče

Tabela 3.7 Najmanje rastojanje između otvora na reznoj ploči

$$e_1 = 15 \text{ mm}$$

$$e_2 = 20 \text{ mm}$$

$$e_3 = 0,6 * d_0 = 0,6 * 10 = 6 \text{ mm}$$

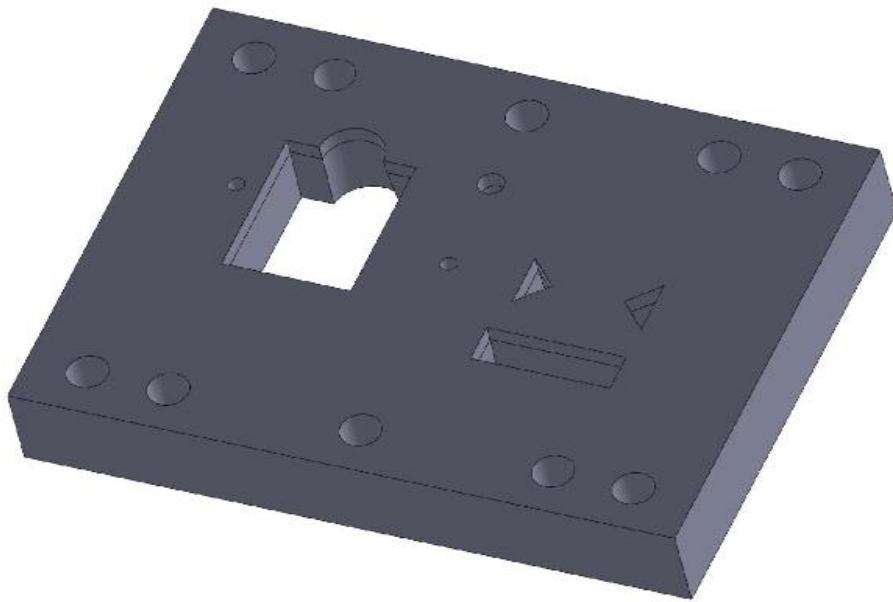
$$e_4 = H = 26 \text{ mm}$$

$$e_5 = 0,8 * d_0 = 0,8 * 10 = 8 \text{ mm}$$

$$e_6 = 2 * H = 2 * 26 = 52 \text{ mm}$$

$$e_7 = 1,2 * d_0 = 1,2 * 10 = 12 \text{ mm}$$

Koristeći se proračunim dimenzijama konstruisana rezna ploča je prikazana na slici 3.8.



Slika 3.8 Prikaz rezne ploče

3.3 Dimenzije imbus vijaka i cilindričnih kočića

Dimenzije vijaka i kočića za vezivanje rezne ploče sa donjim dijelom alata i za vezivanje gornje ploče koja nosi probojce i prosjekače određuje se na osnovu ukupne sile na reznoj ploči i na osnovu ukupne dužine rezne ploče. Po završetku poračuna koristimo se tabelom 3.9 da bi dobili standardizovane vrijednosti za ovaj element.

Na osnovu potrebne sile $F = 221,559 \text{ kN}$ i $A = 165,4 \text{ mm}$ bira se vijak M10 i kočić $\Phi 10$.

Dimenzije vijaka i kočića za vezivanje rezne ploče (mm)						
Dužina rezne ploče $A(\text{mm})$	Ukupna sila na reznoj ploči					
	< 500 kN		500 – 1000 kN		> 1000 kN	
	Vijak	Kočić	Vijak	Kočić	Vijak	Kočić
<100	M6	6	M8	6	-	-
100-125	M8	6	M10	8	-	-
125-160	M10	8	M12	10	M12	10
160-250	M10	10	M12	10	M12	10
250-280	M10	10	M12	10	M12	10
280-400	M12	10	M12	10	M12	10
>400	M12	10	M12	10	M16	12

Tabela 3.9 standardizovane dimenzije vijaka i kočića

3.4 Dimenziije prosjekača i probojca

Poprečni presjek prosjekača (probojca) odgovara obliku radnog predmeta koji se prosjeca (probija). Na osnovu crteža standardnog probojca (predstavljenog u tabeli 3.12), znakovi obrade, tolerancije izrade i preporučene tvrdoće mogu se konstruisati probojci različitih oblika i dimenzija

Dimenziije probajaca sa cilindričnom glavom (mm) DIN 9837				
	d_1	d_2	d_3	d_4
(j6)	-0,05	n6	-0,2	(+0,5)
4-7,9	10	10	13	
8-11,9	13	13	16	
12-15,9	16	16	19	
16-19,9	20	20	24	
20-24,9	25	25	29	
25-32	32	32	36	
71-80				
Materijal probajca: Č.4650				
Tvrdoća glave: (45 ± 5) HRC				
Tvrdoća vrha: (62 ± 2) HRC				

Tabela 3.12 dimenzije probojca

Provjera prosjekača na pritisak

Probojci velikih presjeka provjeravaju se na pritisak po izrazu:

$$\sigma_p = \frac{l * s * \tau_m}{A} \leq \sigma_{pd} \quad (3.21)$$

σ_{pd} – dozvoljeno naprezanje na pritisak, koje za kaljene alatne čelike iznosi 1000-1600 MPa

l – obim prosjekača ($l = 164,73$ mm)

A – površina prosjekača ($A = 1282,53$ mm 2)

$$\sigma = \frac{164,73 * 2 * 320}{1282,53} = 82,2 \text{ MPa}$$

Kako je stvarni pritisak na prosjekaču manji od dozvoljenog, prosjekač je siguran na pritisak.

Prikaz prosjekača i probajca prikazani su na slikama 3.9 i 3.10

Provjera probojca na izvijanje

Sa vodećom pločom:

$$L_{max} = \sqrt{\frac{2*\pi^2*E*I_{min}}{L*s*\tau_m}} \quad (3.22)$$

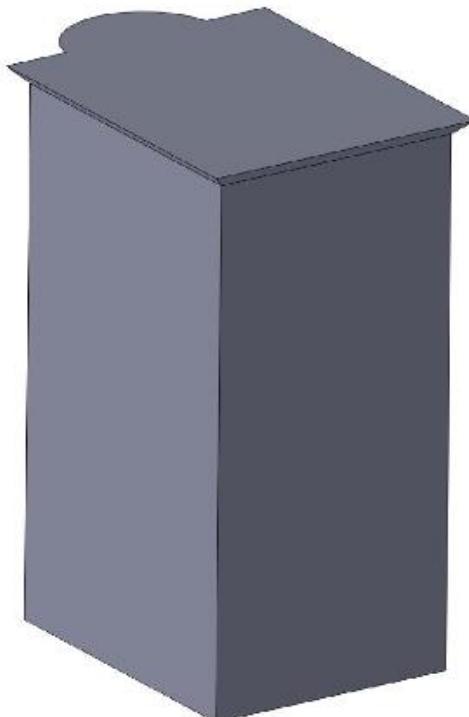
$$L_{max} = \sqrt{\frac{2*3,14^2*215000*12,56}{12,56*2*320}} = 81,39mm$$

$$I_{min} = \frac{\pi * d^4}{64} = 12,56 \text{ mm}^4$$

$$Ip = 2r \pi = 12,56 \text{ mm}$$



Slika 3.9 Prikaz probajaca



Slika 3.10 prikaz prosjekača

3.5 Dimenziije ostalih elemenata

Rezna ploča, vodeća ploča, međuploča i nosač noževa dijele isti poprečni presjek iako se razlikuju u par geometrijskih značajki. Znajući visinu rezne ploče koju smo izračunali u prethodnom dijelu zadatka koristeći se odnosima dole navedenim možemo dobiti i visine ostalih elemenata.

Debljina rezne ploče	$H = 26 \text{ mm}$
Debljina vodeće ploče	$H_{vp} = (0,8 \div 1)H = 1 * 26 = 26 \text{ mm}$
Debljina međuploče	$H_{mp} = (0,8 \div 1)H = 1 * 26 = 26 \text{ mm}$
Debljina nosača noževa	$H_{nn} = (0,6 \div 0,8)H = 0,8 * 26 = 20,8 \text{ mm}$

3.6 Proračun kaljene međuploče

Kod velikog broja alata, probojci i prosjekači se ne oslanjaju direktno na gornju ploču kućišta, već se između postavlja međuploča određene debljine. Kriterij za ugradnju međuploče je dozvoljeni pritisak između probajca i gornje ploče. Ako je pritisak na probajcu manji od dozvoljenog, tada nije potrebno ugrađivati međuploču. Pritisak se računa po izrazu:

$$p = \frac{F}{A} \leq p_d = 250 \text{ MPa} \quad (3.23)$$

$$p = \frac{8038,4}{12,56} = 640 \text{ MPa}$$

Kako je izračunati pritisak na najmanjem probajcu ($D=4\text{mm}$, $A = 12,56 \text{ mm}^2$) veći od dozvoljenog pritiska, potrebna je ugradnja međuploče.

3.7 Tolerancije izrade alata i zazor

Izraz za izračunavanje zazora u funkciji od debljine lima i jačine materijala na smicanje:

$$z = c * s * \sqrt{\frac{\tau_m}{10}} \text{ za limove do } 3 \text{ mm}$$

(3.38)

s – debljina materijala (2 mm)

τ_m -smicajna čvrstoća materijala (za Č.0146P3, $\tau_m = 320 \text{ MPa}$)

c – koeficijent (0,01)

$$z = 0,01 * 2 * \sqrt{\frac{320}{10}} = 0,113 \text{ mm}$$

Alat za probijanje i prosijecanje se izrađuje u tolerantnom polju koje je za tri kvaliteta bolje od kvaliteta izrade radnog predmeta. Na taj način se postiže tražena tačnost izrade radnog predmeta. Spoj između ploče i probojca, ili prosjekača radi se u prohodnom spoju koji mogu biti:

$$\frac{\text{rezna ploča}}{\text{probojac(prosjekač)}} = \frac{H7}{h6} \text{ ili } \frac{H8}{h7} \text{ ili } \frac{H9}{h8}$$

Traženi kvalitet radnog predmeta je IT11, tako da kvalitet izrade rezne ploče treba biti IT8, dok se za probojac, prosjekač i koračni nož usvaja kvalitet IT7.

Ako se dimenzije probijenog otvora označe sa (d), tolerancija probijenog otvora sa (t), tada se dimenzije alata za probijanje određuju na taj način što se maksimalna mjera otvora uzima za nazivnu mjeru probojca (ds), a dimenzija rezne ploče je veća od probojca za veličinu zazora:

$$D_m = D - t \quad (3.24)$$

$$d_s = D - t - Z \quad (3.25)$$

Izrada tolerancija probojca (ts) uzima se u minusu, za kvalitet izrade probojca, tako da je minimalna dimenzija probojca:

$$ds_{max} = ds + ts \quad (3.26)$$

Dimenzije radnog predmeta	Tolerancije radnog dijela	Tolerancije prosjekača	Tolerancije rezne ploče	Prosijecanje	
				Dimenzije prosjekača	Dimenzije otvora u reznoj ploči
(mm)	IT11	IT7	IT8	$L_n = L_{iz} - T_{iz} - z$	$L_{rp} = L_{iz} - T_{iz}$
				$B_n = B_{iz} - T_{iz} - z$	$B_{rp} = B_{iz} - T_{iz}$
				$R_n = R_{iz} - T_{iz} - z$	$R_{rp} = R_{iz} - T_{iz}$
$B_{iz1} = 48$	0,16	0,025	0,039	$B_{iz1} = 47,862$	$B_{rp1} = 47,975$
$B_{iz2} = 32$	0,16	0,025	0,039	$B_{iz2} = 31,862$	$B_{rp2} = 31,975$

Tabela 3.7 Tolerancije i dimenzije izrade dijelova koji se izrađuju prosijecanjem

Dimenzije radnog dijela	Tolerancije radnog dijela	Tolerancije probojca	Tolerancije rezne ploče	Probijanje	
				Dimenzije probojca	Dimenzije otvora u reznoj ploči
(mm)	IT11	IT7	IT8	$D_n = D_{iz} + T_{pr}$	$D_{rp} = D_{iz} + T_{pr} + z$
$D = 6,4$	0,09	0,015	0,022	$D_{iz1} = 6,415$	$D_{rp1} = 6,528$
$D = 4$	0,075	0,012	0,018	$D_{iz2} = 4,012$	$D_{rp2} = 4,125$

Tabela 3.8 Tolerancije i dimenzije izrade dijelova koji se izrađuju probijanjem

Dimenzijs radnog dijela	Tolerancije radnog dijela	Tolerancije koračnog noža	Tolerancije rezne ploče	Prosijecanje koračnim nožem	
(mm)	IT11	IT7	IT8	Dimenzijs koračnog prosjekača	Dimenzijs otvora u reznoj ploči
Xk= <u>34,6</u>	0,16	0,025	0,039	Xkn= 34,462	Xkrp= 34,561
Bk = 10	0,09	0,015	0,022	Bkn= 9,872	Bkrp= 9,978

Tabela 3.9 Tolerancije i dimenzije izrade koračnog noža

3.8 Fiksni graničnik

Pomjeranje trake u alatu, uvijek za isti korak (x) postiže se korištenjem graničnika. Fiksni graničnici su najjednostavniji način graničenja trake i koriste se ra ručno pomjeranje trake. Dimenzijs cilindričnog graničnika date su u tabeli 3.13 visina glave fiksnog graničnika zavisi od debljine trake s, a ukupna visina graničnika H zavisi od visine matrice. Najčešće korišteni materijal je Č.1530 , sa tvrdoćom (42-46) HRC.

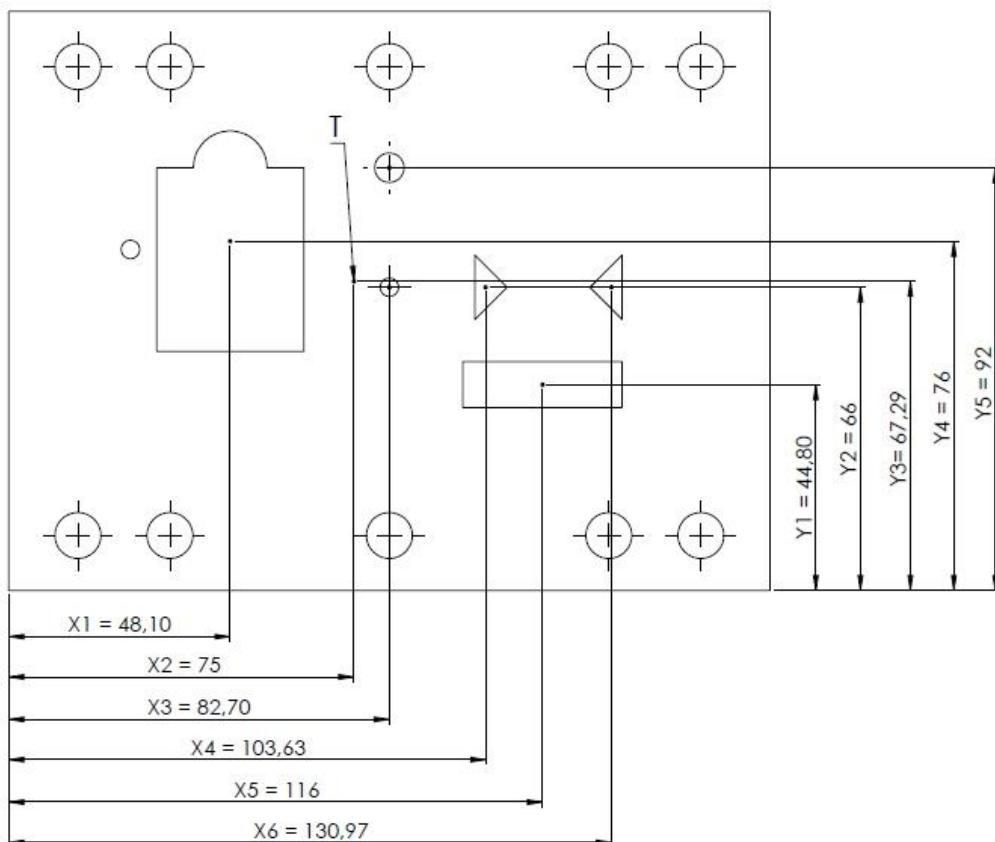
Dimenzijs cilindričnog graničnika (mm)		
d_1	d_0	H/h
6,3	4,0	14/6, 16/6
8,0	6,3	18/8, 20/10, 25/14
10	8	20/9, 22/10, 28/16, 32/20
12	10	22/8, 25/10, 32/16, 36/20
16	12	22/8, 25/10, 32/16, 36/20
20	16	28/10, 36/16, 40/20

Materijal graničnika Č.1530.
Tvrdoča glave (42-46) HRC.

Tabela 3.13 Dimenzijs cilindričnog graničnika

3.9 Cilindrični rukavac

Težište alata određuje se sa ciljem određivanja mesta za postavljanje cilindričnog rukavca. Cilindrični rukavac se mora postaviti u težište svih sila kako bi se izbjeglo dodatno opterećenje alata na savijanje.



Slika 3.12 položaj težišta

$$L_1 = 164,73 \text{ mm} \quad (\text{obim prosjekača})$$

$$L_2 = 12,56 \text{ mm} \quad (\text{obim probojca } D = 4 \text{ mm})$$

$$L_3 = 20,09 \text{ mm} \quad (\text{obim probojca } D = 6,4 \text{ mm})$$

$$L_4 = 33,8 \text{ mm} \quad (\text{obim trokutastog probojca } a = 14 \text{ mm ; } b = 9,9 \text{ mm})$$

$$L_6 = X + c/2 = 81,2 \text{ mm} \quad (\text{obim reznog dijela graničnog noža})$$

U cilju tačnijeg očitavanja dimenzija možemo se koristiti programom SOLIDWORKS-om daje rezultate precizno očitanog težišta.

Koordinate težišta :

$$x_T = 75 \text{ mm}$$

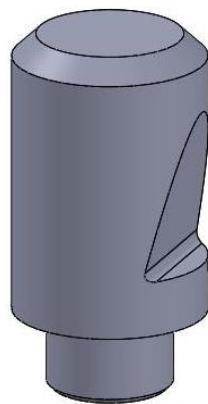
$$y_T = 67,29 \text{ mm}$$

3.10 Određivanje dimenzija cilindričnog rukavca

Cilindrični rukavac služi za povezivanje gornjeg dijela alata sa pritiskivačem prese, odnosno omogućava pomjeranje gornjeg u odnosu na donji dio alata. Najčešću primjenu imaju rukavci tipa C za alate koji nemaju izbacivače u gornjem dijelu alata. Dimenziije cilindričnog rukavca usvajamo iz tabele 3.18.

Dimenzije cilindričnog rukavca (mm) DIN 9859							
	d_1	d_3	d_2	l_1	l_2	l_3	l_4
	20	M16x1,5	15	40	3	12	58
	25	M20x1,5	20	45	4	16	68
	32	M24x1,5	25	56	4	16	79
	40	M30x2	32	70	5	26	93
	50	M30x2	42	80	6	26	108
	65	M42x3	53	100	8	26	128
Materijal Č.0545							

Tabela 3.18 Izbor cilindričnog rukavca



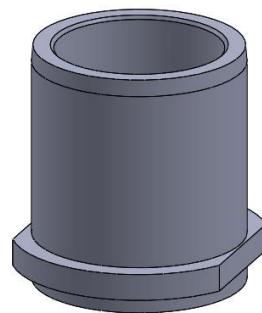
Slika 3.13 prikaz cilindričnog rukavca

3.11 Izbor stubne vodice i čaure za vođenje stubne vodice

Standardna kućišta su izvedena sa stubnium vođicama. Vođenje stubnih vođica u gornju ploču može biti izvedeno bez čaure, sa čaurom za vođenje ili sa kugličnim vođenjem. Vođenje stubne vođice bez čaure za vođice koristi se samo kada je ploča kućišta od livenog željeza. Nedostatak ovakve izvedbe je trošenje materijala i potreba za učestalim mijenjanjem stubnih vođica. Upotreba čaura predstavlja bolje i trajnije rješenje. Dimenzije čaure se biraju prema tabeli 3.20, a dimenzije stubnih vođica prema tabeli 3.21.

Dimenzije čaure za stubnu vodicu (mm) DIN 9834								
d_l	b	d_2	d_3	l_1	l_2	l_3	l_4	r_1
H_7		h_6	-0,8	-1,6	0,3	0,1	+1	
30	4	40	50	50	10	5	5	5
40	5	50	63	63	13	8	5	6
50	6	63	75	72	14	8	5	6
63	8	80	95	80	17	10	5	8
80	10	100	120	100	20	10	5	8
100	13	125	150	125	25	16	5	10
120	13	160	190	160	30	16	5	13
140	13	180	210	180	30	16	10	16

Tabela 3.20 dimenzije čaure



Slika 3.14 Prikaz čaure

Dimenzijsne stabljike (mm) DIN 9833					
d_1	l_1	l_2	l_3	l_4	l_6
h_6	(-1,6)				
32	140-200	8	20	50	45
40	140-280	8	20	50	56
50	160-355	10	25	65	70
63	180-400	10	32	72	80
80	200-400	10	32	82	100
100	224-400	10	32	82	125
125	315-450	12	36	86	140
140	355-450	12	36	86	160

Materijal vodice Č.4320

Tvrdoća (780+40) HV10

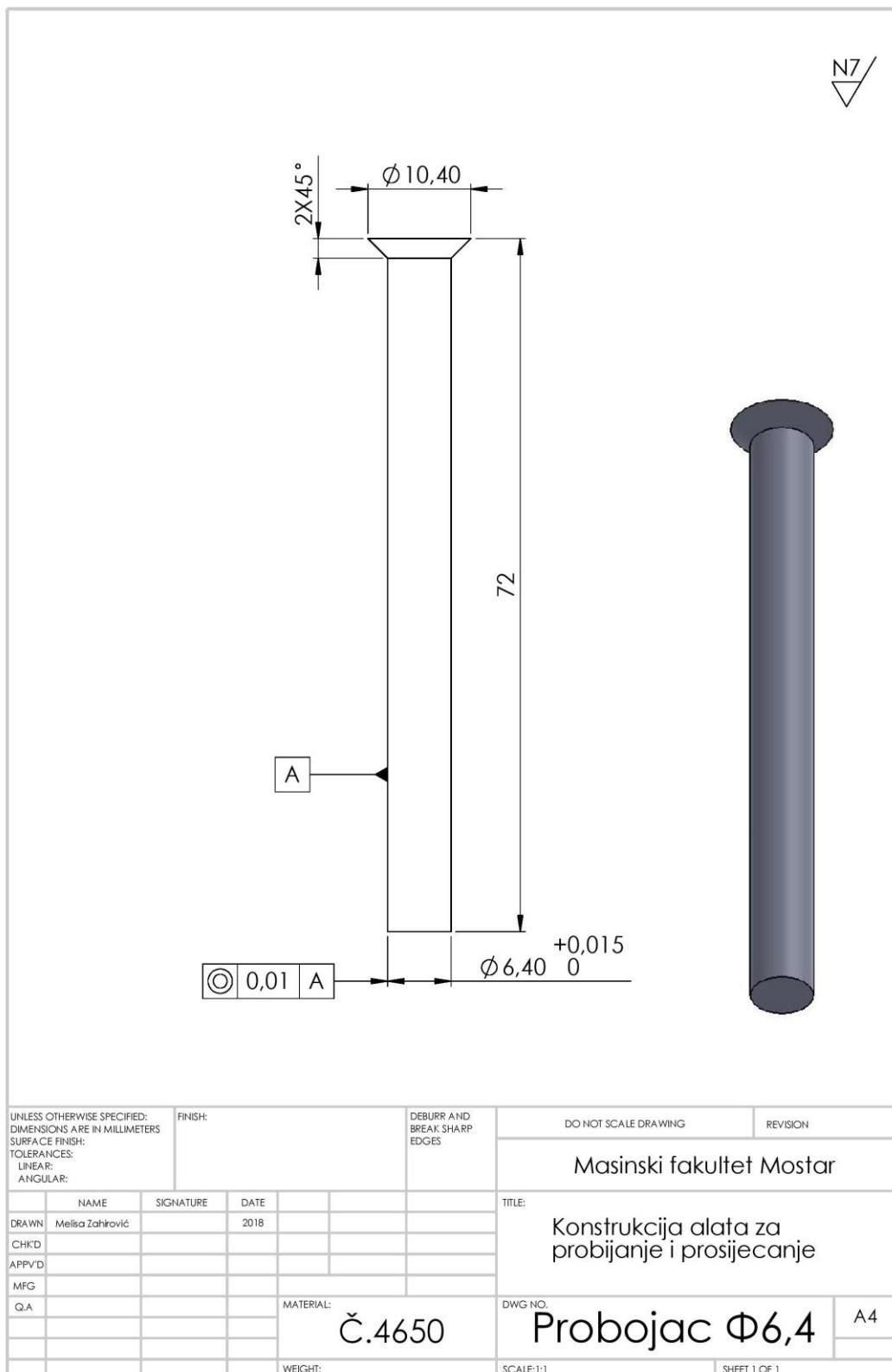
Tabela 3.2 Dimenzionisanje stubne vodice



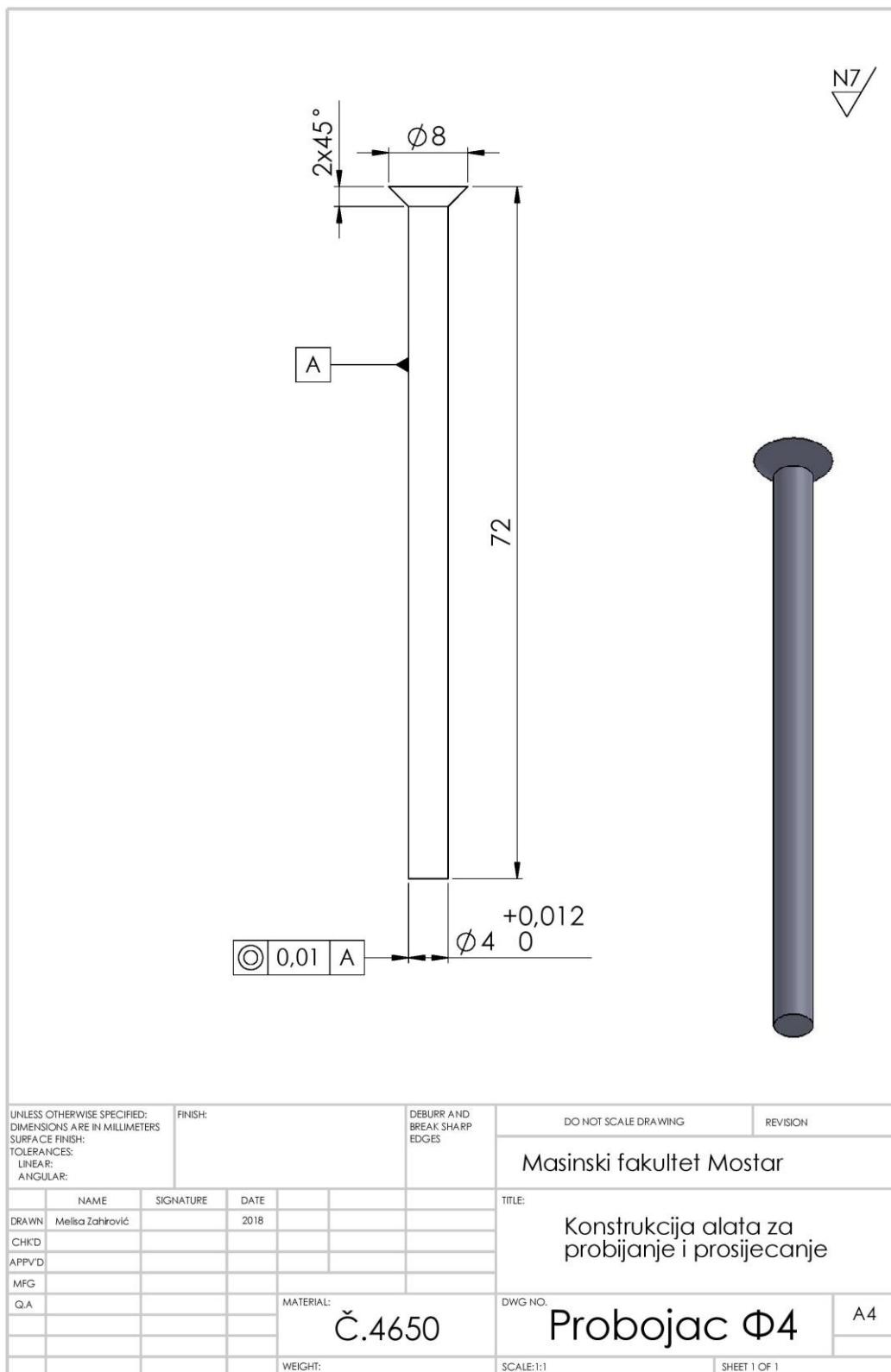
Slika 3.15 prikaz stubne vodice

TEHNIČKA DOKUMENTACIJA

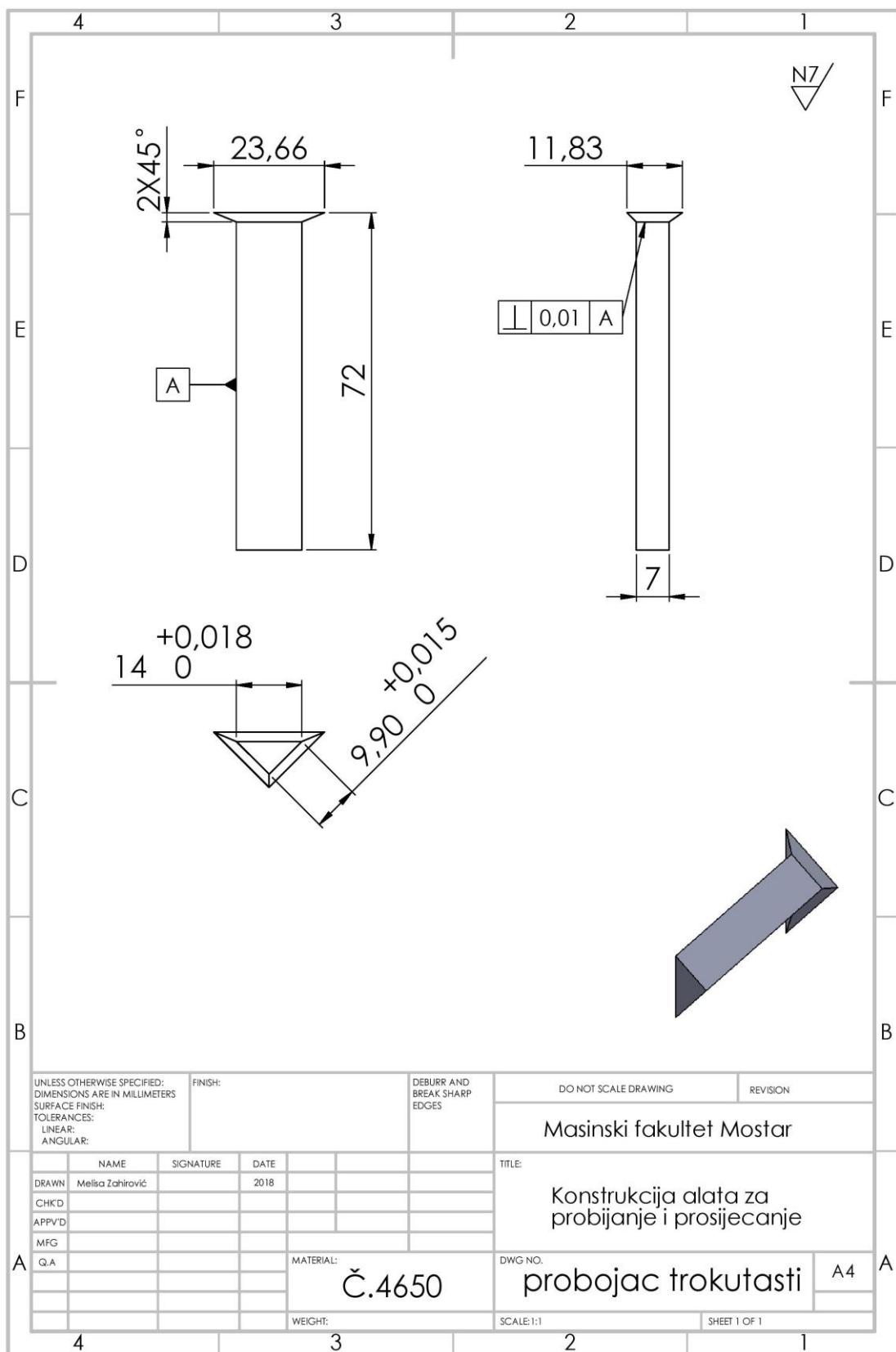
Kombinovani alata za probijanje i prosijecanje



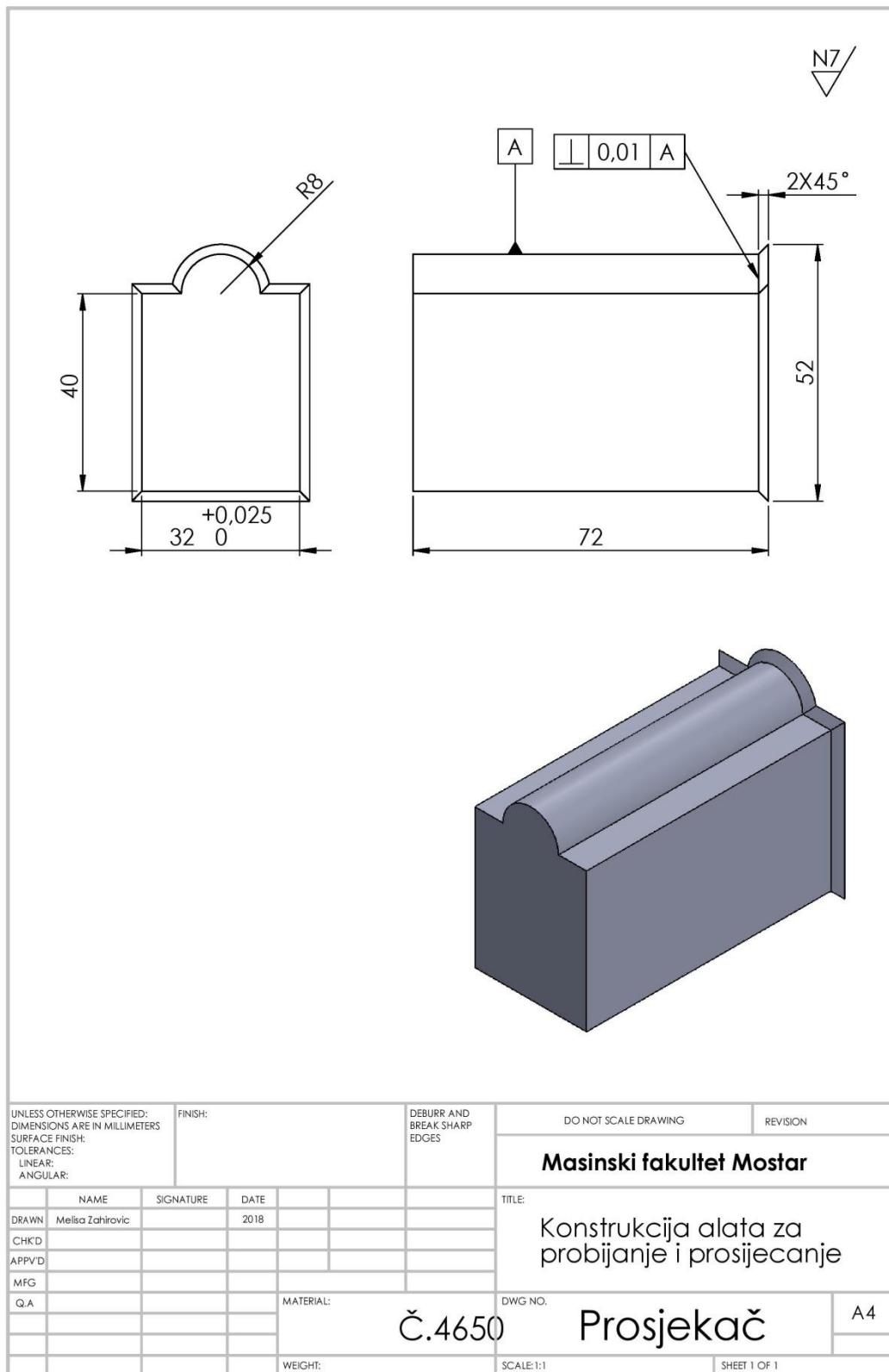
Kombinovani alata za probijanje i prosijecanje



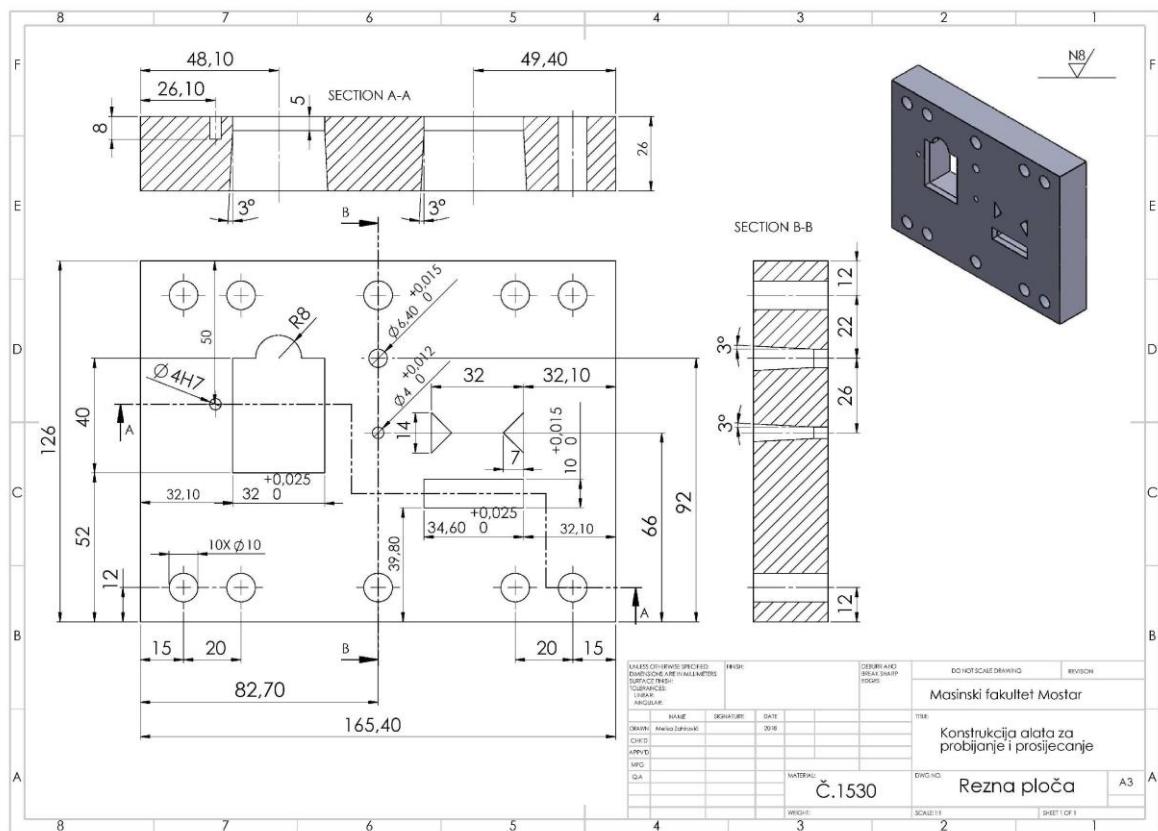
Kombinovani alata za probijanje i prosijecanje



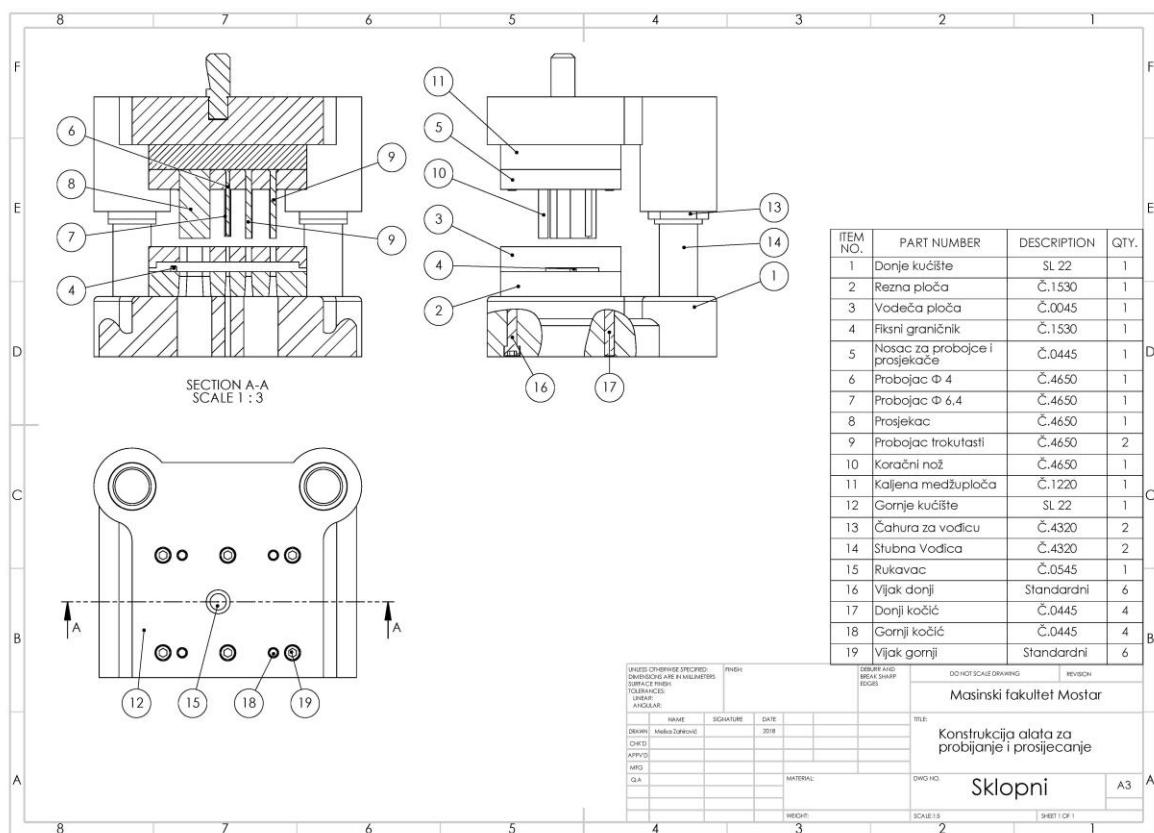
Kombinovani alata za probijanje i prosijecanje



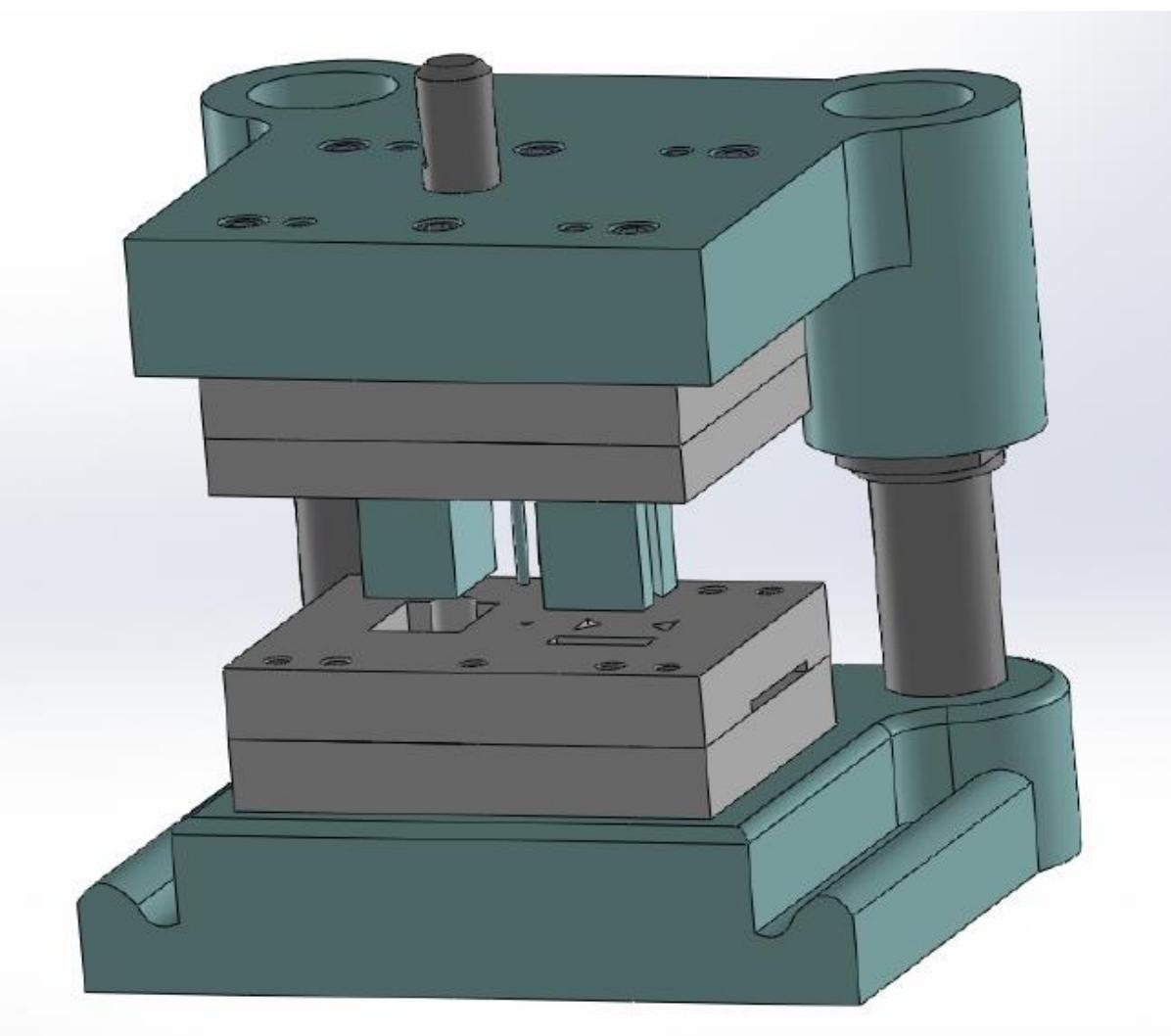
Kombinovani alata za probijanje i prosijecanje



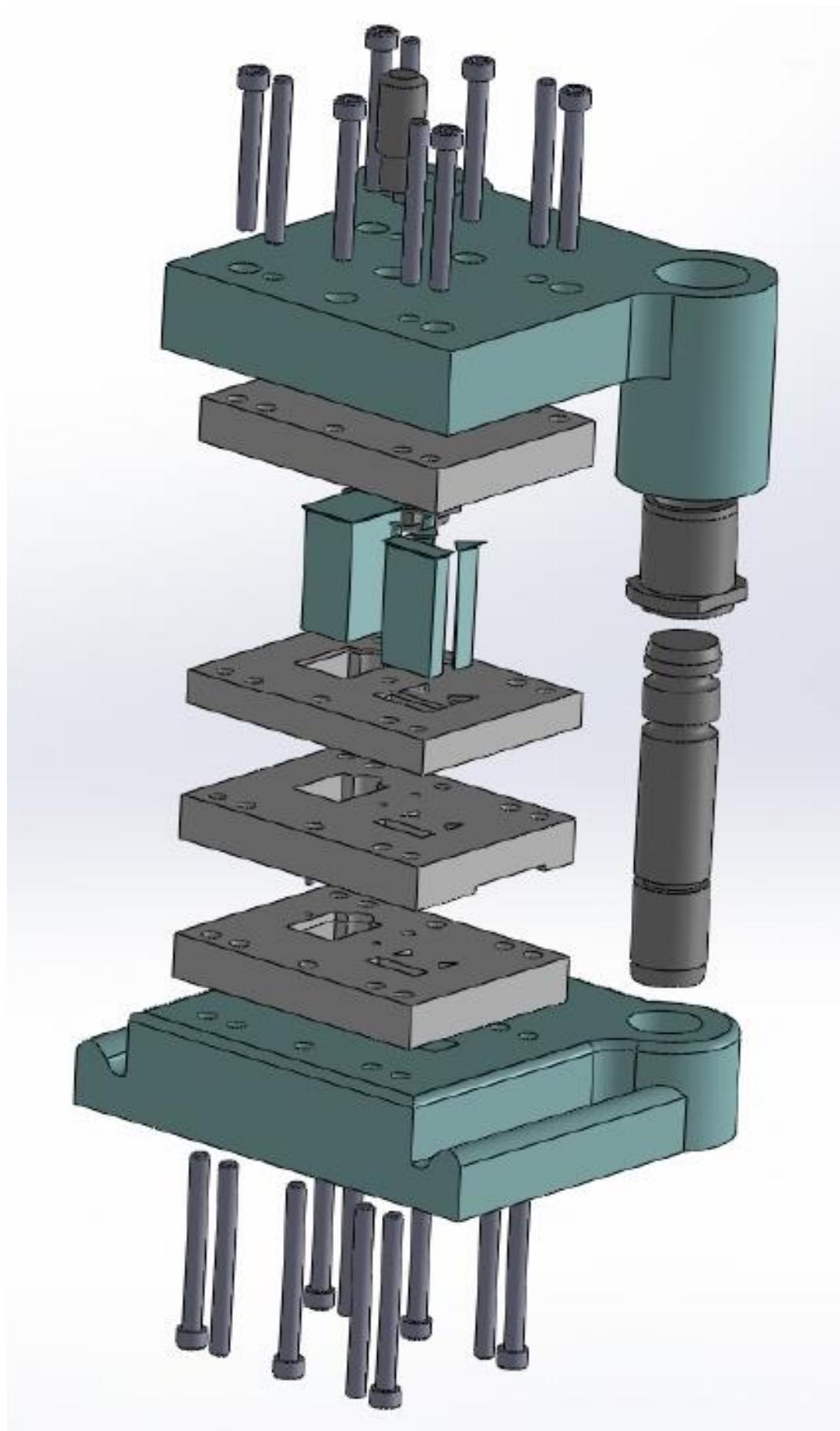
Kombinovani alata za probijanje i prosijecanje



3D PRIKAZ ALATA



Kombinovani alata za probijanje i prosijecanje



ZAKLJUČAK

Nakon analize rasporeda reznih elemanta za konstrukciju alata je izabran jednoredni horizontalni raspored kao najekonomičnija varijanta. Graničenje alata je izvedeno sa graničnim nožem i fiksnim graničnikom koji se postavlja ispred graničnog noža. Vođenje alata je izvršeno sa četiri stubne vođice. Kućište alata je pravougaonog oblika. Dimenzije kućišta su prilagođene dimenzijama rezne ploče i gornje noseće ploče. Uvođenje trake izvršeno je preko ploče za uvođenje. Gornji dio alata se veže cilindričnim rukavcem za pritiskivač prese.

LITERATURA

[1] Himzo Đukić, Mirna Nožić, Obrada deformisanjem, Mašinski fakultet Mostar 2013

[2]http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/dokumenti/Laboratorija_za_deformisanje/Masinogradnja/Razdvajanje.pdf

[3]http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/dokumenti/Laboratorija_za_deformisanje/Alati/Uputstvo%202017.pdf

[4] Binko Musafija, Obrada metala plastičnom deformacijom, Svjetlost , Sarajevo 1979