

KONSTRUKCIJA I IZRADA HIDRAULIČKOG CILINDRA ZA KRANSKU KOSILICU

Begović, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:343248>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-30**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

KONSTRUKCIJA I IZRADA HIDRAULIČKOG CILINDRA ZA KRANSKU KOSILICU

Begović, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:343248>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2023-02-14**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
Stručni studij Strojарstva

Ivan Begović

**Konstrukcija i izrada
hidrauličkog cilindra za
kransku kosilicu**

**Design and manufacturing of
hydraulic cylinder for crane mower**

Završni rad

Karlovac, 2020.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
Stručni studij Strojарstva

Ivan Begović

**Konstrukcija i izrada
hidrauličkog cilindra za
kransku kosilicu**

**Design and manufacturing of
hydraulic cylinder for crane mower**

Završni rad

Nikola Šimunić, mag.ing.mech.

Karlovac, 2020.

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

Zahvaljujem svome mentoru, Nikoli Šimuniću mag. ing. mech., na savjetima i ukazanoj pomoći tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem i svojim roditeljima na njihovoj potpori tokom studiranja.

Ivan Begović

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS TABLICA	VI
Popis oznaka:.....	VII
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE.....	VIII
SAŽETAK	IX
SUMMARY	X
1. UVOD	1
2. OPIS HIDRAULIČKIH CILINDARA	3
2.1. Dijelovi hidrauličkog cilindra.....	3
2.2. Podjela prema načinu proizvodnje	4
2.3. Podjela prema djelovanju sile.....	4
2.4. Primjena hidrauličkih cilindra u:	6
3. PRORAČUN I KONSTRUKCIJA CILINDRA	8
3.1. Proračun sile i dimenzioniranje cilindra	8
3.2. Proračun zavarenog spoja na klipnjači cilindra.....	11
3.3. Konstrukcija hidrauličkog cilindra.....	12
3.3.1. Klipnjača.....	12
3.3.2. Klip cilindra.....	14
3.3.3. Oko klipnjače	16
3.3.4. Usta cilindra	18
3.3.5. Cijev cilindra	20
3.3.6. Poklopac cilindra.....	22
3.3.7. Glava cilindra	23
3.3.8. Priključnica.....	24
3.3.9. Cijev cilindra – sklop.....	26
3.3.10. Sklop klipnjače cilindra.....	28
3.3.11. Hidraulički cilindar sklop (rastavljeni).....	30
3.3.12. Hidraulički cilindar sklop (sastavljeni).....	30
4. TEHNOLOGIJA IZRADE HIDRAULIČKOG CILINDRA	32
4.1. Tehnološka karta	32
4.2. Klipnjača.....	34
4.3. Oko klipnjače.....	43
4.4. Klipnjača cilindra – sklop	46
4.5. Cijev cilindra	49
4.6. Dijelovi sa skladišta	49
4.7. Glava cilindra	52
4.8. Cijev cilindra – sklop	57
5. Predmontaža i ispitivanje hidrauličkog cilindra.....	63
5.1. Predmontaža hidrauličkog cilindra.....	63
5.2. Ispitivanje hidrauličkog cilindra.....	78

6. ZAKLJUČAK.....	86
LITERATURA.....	87

POPIS SLIKA

Slika 1. Pascalov zakon. [1]	1
Slika 2. Brahman preša. [2]	2
Slika 3. Dijelovi cilindra. [3]	4
Slika 4. Jednoradni cilindar. [4]	5
Slika 5. Dvoradni cilindar. [5]	5
Slika 6. Primjena kod kombiniranih građevinskih strojeva. [6].....	6
Slika 7. Primjena kod poljoprivrednih strojeva.[7].....	7
Slika 8. Primjena kod dizalice.[8]	7
Slika 9. Osnovne karakteristike hidrauličnih cilindara [9].....	9
Slika 10. 3D računalni model klipnjače.....	12
Slika 11. Klipnjača nacrt.	13
Slika 12. 3D računalni model klipa cilindra.	14
Slika 13. Klip cilindra nacrt.....	15
Slika 14. 3D računalni model oka klipnjače.....	16
Slika 15. Oko klipnjače nacrt.	17
Slika 16. 3D računalni model usta cilindra.	18
Slika 17. Usta cilindra nacrt.	19
Slika 18. 3D računalni model cijevi cilindra.	20
Slika 19. Cijev cilindra nacrt.	21
Slika 20. 3D računalni model poklopca cilindra.	22
Slika 21. Poklopac cilindra nacrt.	22
Slika 22. 3D računalni model glave cilindra.	23
Slika 23. Glava cilindra nacrt.	23
Slika 24. 3D računalni model priključnice.	24
Slika 25. Priključnica nacrt.....	25
Slika 26. 3D računalni model sklopa cijevi cilindra.	26
Slika 27. Sklop cijevi cilindra nacrt.	27
Slika 28. 3D računalni model sklopa klipnjače cilindra.	28
Slika 29. Sklop klipnjače cilindra nacrt.	29
Slika 30. Sklop cilindra rastavljeni.	30
Slika 31. Sklop (cilindra sastavljeni).	30
Slika 32. Sklop cilindra nacrt.	31
Slika 33. Tehnološka karta (1).	32
Slika 34. Tehnološka karta (2).	33
Slika 35. Kontrola kvalitete.	34
Slika 36. Stezanje obratka u steznu glavu.	35
Slika 37. Poprečno tokarenje.....	36
Slika 38. Tokarenje na Ø27.	37
Slika 39. Kontrola dimenzija mikrometrom.	38
Slika 40. Tokarenje navoja.	39
Slika 41. Provjera debljine navoja.	40
Slika 42. Etaloni za provjeru navoja.	40
Slika 43. Vađenje obratka iz amerikanera.	41
Slika 44. Stezanje obratka.	42
Slika 45. Izgled oka klipnjače nakon tokarenja.....	43
Slika 46. Stezanje obratka u škripac.	44
Slika 47. Glodanje oka.....	45

Slika 48. Izgled oka klipnjače nakon glodanja.....	45
Slika 49. Izgled klipnjače nakon zavarivanja.....	46
Slika 50. Stezanje klipnjače.....	47
Slika 51. Rastokarivanje.....	48
Slika 52. Kontrola komada.....	48
Slika 53. Priključnica M18x1,5.....	50
Slika 54. Poklopac cilindra Ø100/ Ø 115.....	51
Slika 55. Klip cilindra Ø100/ Ø27	51
Slika 56. Usta cilindra.....	52
Slika 57. Površina obratka nakon rezanja na plazmi	53
Slika 58. Glodanje skošenja.....	54
Slika 59. Obradak nakon tokarenja.....	55
Slika 60. Gotova glava cilindra.....	56
Slika 61. Zavarivanje.....	58
Slika 62. Utor za linetu.....	59
Slika 63. Navoj unutar cijevi cilindra.....	60
Slika 64. Provjera navoja.....	61
Slika 65. Zavarivanje.....	62
Slika 66. Brtva klipa cilindra.....	63
Slika 67. Brtva montirana na klip cilindra.....	64
Slika 68. Brtve za usta cilindra.....	65
Slika 69. Montiranje unutarnje brtve.....	65
Slika 70. Montiranje vanjske brtve.....	66
Slika 71. Podmazivanje ustiju cilindra.....	66
Slika 72. Podmazivanje klipnjače.....	67
Slika 73. Sredstvo za podmazivanje.....	67
Slika 74. Montiranje usta cilindra.....	68
Slika 75. Podmazivanje klipa cilindra.....	69
Slika 76. Montaža klipa na klipnjaču.....	70
Slika 77. Matica za stezanje klipa na klipnjaču.....	71
Slika 78. Nanošenje ljepila na maticu.....	72
Slika 79. Ljepilo plavo.....	72
Slika 80. Sastavljanje matice na navoj klipnjače.....	73
Slika 81. Stezanje matice okastim koljenastim ključem.....	73
Slika 82. Sklop klipnjače.....	74
Slika 83. Podmazivanje unutarnjeg navoja na cijevi cilindra.....	75
Slika 84. Stavljanje klipnjače unutar cijevi cilindra.....	75
Slika 85. Nanošenje ljepila na navoj usta cilindra.....	76
Slika 86. Ljepilo crveno.....	77
Slika 87. Stezanje usta cilindra.....	77
Slika 88. Ključ za stezanje.....	78
Slika 89. Shema spajanja cilindra.....	78
Slika 90. Hidraulični agregat.....	79
Slika 91. Priključnice spojene na cilindar.....	80
Slika 92. Zatvoren ventil priključnice (1).....	80
Slika 93. Manometar (1).....	81
Slika 94. Zatvoren ventil priključnice (2).....	82
Slika 95. Manometar (2).....	82
Slika 96. Check lista.....	83
Slika 97. Ispuštanje ulja iz cilindra.....	83

Slika 98. Ulaz u lakirnicu.	84
Slika 99. Cilindar nakon bojanja.	84
Slika 100. Montaža cilindra na ruku kranske kosilice (1).	85
Slika 101. Montaža cilindra na ruku kranske kosilice (2).	85

POPIS TABLICA

Tablica 1. Tehnologija izrade klipnjače.....	34
Tablica 2. Tehnologija izrade oka klipnjače.	43
Tablica 3. Tehnologija izrade klipnjače cilindra - sklop	46
Tablica 4. Tehnologija izrade cijevi cilindra.....	49
Tablica 5. Tehnologija izrade glave cilindra.....	52
Tablica 6. Tehnologija izrade cijevi cilindra – sklop.....	57

Popis oznaka:

Oznaka:	Jedinica:	Opis:
F	N	teorijska vrijednost sile dizanja
p	bar	teorijska vrijednost tlaka koji daje pumpa
D_1	mm	promjer cijevi cilindra
d_1	mm	promjer klipnjače cilindra
v_i	m/s	brzina izvlačenja klipnjače
η_{cm}	-	mehanički koeficijent korisnog djelovanja cilindra
η_{cv}	-	zapremni koeficijent korisnog djelovanja cilindra
$\Sigma\Delta p$	bar	ukupni gubitak tlaka u sustavu od pumpe do cilindra
$\Sigma\Delta Q$	l/min	ukupni gubitak protoka u sustavu od pumpe do cilindra
A_c	cm ²	površina cijevi cilindra
A_k	cm ²	površina klipa cilindra
Q_{ct}	l/min	protok pri brzini v_i
Q_p	l/min	protok pumpe
v_u	l/min	brzina uvlačenja klipnjače
F_i	N	sila pri izvlačenju klipnjače
F_u	N	sila pri uvlačenju klipnjače
D	mm	promjer klipnjače cilindra
F_t	N	tlačna sila
F_v	N	vlačna sila
a	mm	širina zavara
σ_v	N/mm ²	vlačno naprezanje zavara na klipnjači
σ_t	N/mm ²	tlačno naprezanje zavara na klipnjači

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

BROJCRTEŽA	Naziv iz sastavnice
83365201	KLIPNJAČA 50x70
83365111	KLIP CILINDRA
82436403	OKO KLIPNJAČE Ø80/Ø44
83365756	USTA CILINDRA
83365101	CIJEV CILINDRA Ø100/Ø115
83365103	POKLOPAC CILINDRA
83365102	GLAVA CILINDRA Ø100
83365632	PRIKLJUČNICA
83365100	CIJEV CILINDRA 3-SKLOP
83365205	KLIPNJAČA CILINDRA 3-SKLOP
83365000	HIDRAULIČKI CILINDAR Ø100/Ø50

SAŽETAK

Ovaj rad se sastoji od teoretskog i eksperimentalnog dijela. U teoretskom dijelu opisan je povijesni razvoj hidraulike i osnovni princip rada hidrauličnih sustava. Eksperimentalni dio se sastoji od modeliranja cilindra u računalnom programu SolidWorks i tehnologije izrade hidrauličkog cilindra. U tehnologiju izrade spadaju sve karakteristike vezane za proizvodnju a to su: vrsta, oblik i dimenzije nabavnog materijala, vrsta strojne obrade, popis strojeva na kojima se odvija određena operacija, kontrola kvalitete i dimenzija izrađenog strojnog dijela, sklapanje pojedinih dijelova u gotov proizvod te montaža strojnog dijela na šasiju.

Ključne riječi: hidraulika, cilindar, modeliranje, tehnologija.

SUMMARY

This graduate work consists of a theoretical and experimental part. The theoretical part describes the historical development of hydraulics and the basic principle of operation of hydraulic systems. The experimental part consists of cylinder modeling in the SolidWorks computer program and the technology of making a hydraulic cylinder. The production technology includes all the characteristics related to production: type, shape and dimensions of the purchase material, type of machining, list of machines on which a particular operation takes place, quality control and dimensions of the machine part, assembly of individual parts into the finished product and installation of the machine part on the chassis.

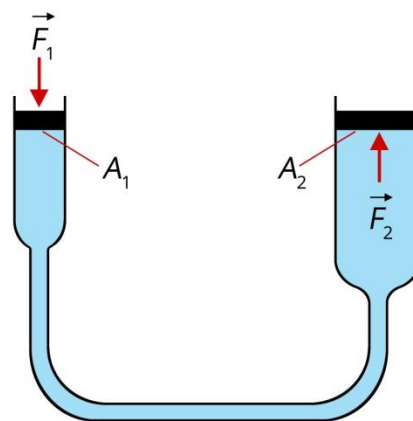
Key words: hidraulic, cylinder, design, tehnology.

1. UVOD

Riječ „hidraulika“ ima izvorište u dvjema grčkim riječima. One u prijevodu znače *voda* i *cijev*. Naime tim se pojmom razumijevaju tehnike koje se bave strujanjima vodenih tokova, vodoopskrbom, prijenosom i pretvorbom energije itd. Arheološka istraživanja pokazuju da je čovjek nastojao upravljati vodenim tokovima i iskoristavati njihovu snagu davno prije Grka. Poznato je da su se 5000 godina pr. n. e. u Kini, Mezopotamiji, Indiji i Egiptu gradila umjetna jezera, kanali itd. Prve vodoopskrbne sustave imali su Grčka i Rim.

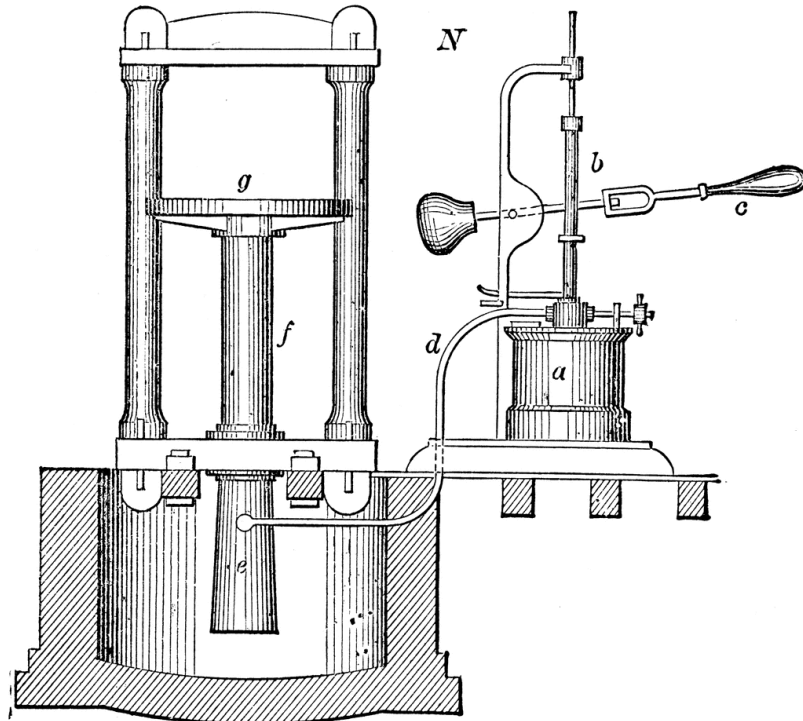
Razvoj hidrostatičke, na čijim je principima razvijen niz hidrauličkih sustava, vezan je svakako za Arhimeda (250. godine pr. n. e.). Velike zasluge za njezin razvoj imaju Leonardo da Vinci, Newton, Pascal, Euler i drugi. Za razvoj hidrodinamike, koja je također važna za hidrauliku, zaslužni su Bernouli, Navier, Stocks, Reynolds i drugi.

U prvoj polovini sedamnaestog stoljeća Pascal je objasnio načelo rada hidrauličke preše. Pascalov zakon je ujedno i temeljni zakon hidrostatičke, koji kaže: u tekućini koja se nalazi u zatvorenoj posudi vanjski tlak širi se jednako na sve strane, to jest čestice tekućine prenose tlak u svim pravcima jednako. [9]



Slika 1. Pascalov zakon. [1]

Zatim, gotovo stoljeće kasnije, Bernoulli je koristio ovaj koncept vode pod tlakom u mlinovima i pumpama. Oko 60-tih godina Joseph Bramah dobio je patent za prvu hidrauličku prešu što je značilo procvat industrijske revolucije gdje su se preše i drugi strojevi automatizirali.



Slika 2. Brahman preša. [2]

Kroz godine se otkrilo da voda nije najbolja tekućina koja se koristi u hidrauličkim alatima i opremi. Voda je bila korozivna, dok je ulje bilo nekorozivno. Pored činjenice da nije korozivno, ulje je imalo i veću viskoznost, što znači da može podnijeti veće opterećenje, ne bi isparilo poput vode i nije se zagrijavalo kao voda.

Hidraulički cilindri počeli su se razvijati krajem 70-ih godina, dan danas se koriste pri radu na dizalicama, premještanju velikih predmeta, u brodovima, rudarstvu i bušenju, te u proizvodnim pogonima koji proizvode opremu, proizvode i alate. Snaga fluida također nudi čak 10 puta veću snagu od snage elektromotora. [10]

2. OPIS HIDRAULIČKIH CILINDARA

Hidraulički cilindri omogućavaju jednostavnu i razmjerno efikasnu pretvorbu hidrauličke energije u linearno gibanje. Ta mogućnost koju pružaju cilindri predstavlja i jednu od značajnih prednosti hidraulike. Pretvaraju energiju tlačnog fluida (tekućine) u mehaničku energiju uz visok stupanj iskoristivosti ($\eta=0.9\div 0.96$). Kod servo cilindara ima i višu vrijednost $\eta=0.99$. Najčešći fluid koji se koristi je mineralno ulje, a koriste se i razna sintetička ulja i emulzije, a moguća je i primjena vode kao pogonskog fluida. Hodovi koji postižu mogu biti od nekoliko milimetara do više metara (i do 20-tak metara, pa i više). Sile također mogu biti jako velike (do nekoliko stotina tisuća kN – što je ekvivalent masi od nekoliko desetaka tisuća tona).

Hidraulički cilindri jednostavni su elementi. Sastoje se od košuljice (cijevi, plašta), klipa, klipnjače, brtvi, te dvaju poklopaca koji mogu biti pričvršćeni zavarivanjem ili navojem za košuljicu (robusnija konstrukcija), ili međusobno šipkama (manje čvrsta konstrukcija). Postoji više načina pričvršćenja cilindara za podlogu, te klipnjače za predmet koji se pomiče. Neke vrste pričvršćenja su normirane.

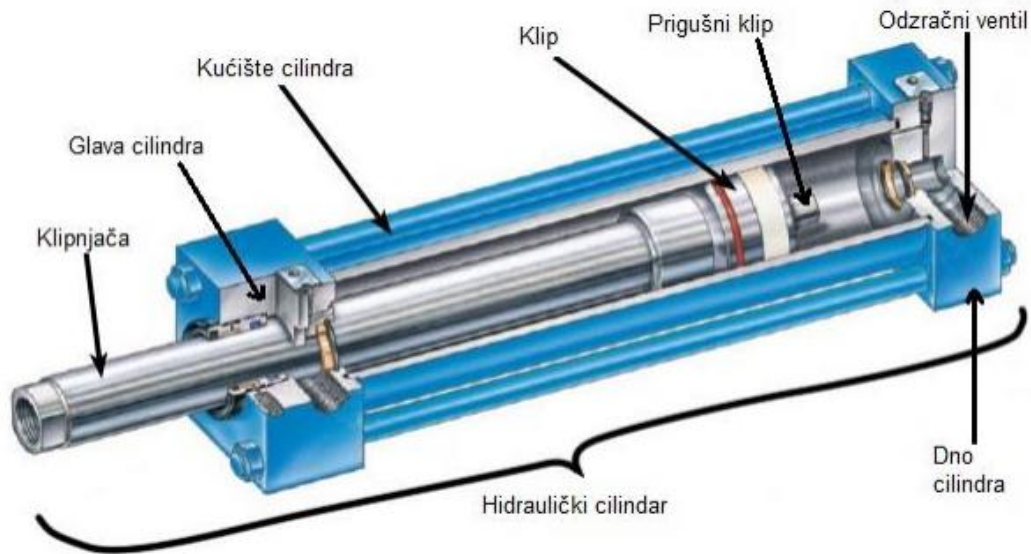
Kada fluid pod određenim tlakom djeluje na površinu klipa ostvaruje se određena sila koja uzrokuje pravocrtno gibanje klipa i preko klipnjače ostvaruje koristan rad. Zbog pravocrtnog gibanja koje se ostvaruje često se hidraulički cilindar naziva i linearni hidraulički motor.

Hidraulički cilindri mogu se podijeliti prema načinu djelovanja, načinu proizvodnje, te načinima pričvršćenja na konstrukciju.

2.1. Dijelovi hidrauličkog cilindra

Svaki hidraulični cilindar sastoji se od:

- klipa
- klipnjače
- glave cilindra
- cijevi cilindra ili kućišta (ovisno o konstrukciji)
- prigušnog klipa (kao produžetak glave klipa)
- priključaka i pomoćnih komponenti (vijci, matice, osigurači i sl.)



Slika 3. Dijelovi cilindra. [3]

2.2. Podjela prema načinu proizvodnje

- standardne (obuhvaćeni normama, npr. ISO 3322, DIN ISO 33220)
- serijske (serijski se proizvode, ali nisu normizirani)
- specijalne

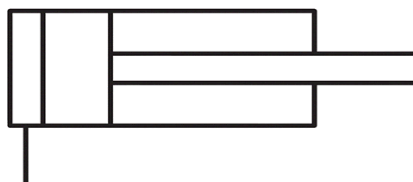
2.3. Podjela prema djelovanju sile

- jednoradne
- dvoradne

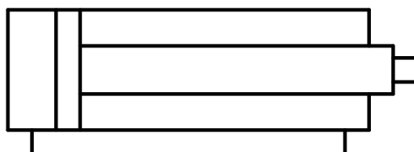
Jednoradni cilindri obavljaju koristan rad samo u jednom smjeru, a dvoradni u oba smjera. Jednoradni najčešće imaju samo jedan hidraulički priključak, a dvoradni dva. Klipovi jednoradnih cilindara vraćaju se u početni položaj masom tereta kojeg podižu, ili vlastitom masom, te oprugama. Jedan specifičan cilindar, u pravilu jednoradni, je tzv. s uronjenom klipnjačom. Takav cilindar nema klip nego samo klipnjaču, pa je iznimno robusne konstrukcije. Skica jednog „plunžer“ cilindra dana je na slici 5 a). Skica jednog jednoradnog cilindra, čiji povratni hod omogućava opruga, dana je na slici 5 b). Opruga može biti smještena i izvan košuljice cilindra ili slično. Opruga ograničava hod klipa, te njegovu silu. Dvoradni cilindri mogu biti diferencijalni ili s prolaznom (dvostranom) klipnjačom.

Te dvije vrste dvoradnih cilindara prikazani su na lici 6 (diferencijalni (a)), te s prolaznom klipnjačom (b)). Diferencijalni cilindar ima točno određeni omjer površine klipa i klipnjače koji pogoduje pravilnom funkcioniranju hidrauličkih krugova. Taj omjer je najčešće 2 (dakle

90 dvostruko je veća površina klipa s jedne strane). Stoga je sila cilindra dvostruko veća s jedne strane djelovanja (uz isti tlak), ali je brzina gibanja dvostruko veća s druge strane gibanja (uz isti protok).



Slika 4. Jednoradni cilindar. [4]



Slika 5. Dvoradni cilindar. [5]

Postoji čitav niz različitih specifičnih vrsta cilindara. Kao karakterističan može se spomenuti teleskopski cilindar, koji ima jako veliki hod u odnosu na svoju početnu dužinu. To ga čini vrlo upotrebljivim u različitim dizalima, transportnim elementima i slično. Teleskopski cilindar može biti jednoradni i dvoradni, a posebnu pažnju treba obratiti na dimenzioniranje koje se tiče izvijanja. Također potrebno je spomenuti i servo-cilindar. To je posebno izrađen cilindar sa kombinacijom hidrostatičkih i hidrodinamičkih ležaja, te stoga vrlo malih trenja i iznimnih dinamičkih svojstava. Stupanj korisnog djelovanja im je vrlo visok (i više od 0.99), a koriste se kod posebno zahtjevnih primjena (npr. pogonjenje kabina za simulaciju leta, i slično).

Savijanje klipnjače najčešći je uzrok pogrešaka u radu cilindara, pa je potrebna pažnja (proračun izvijanja) prilikom projektiranja. Naime, savijanje klipnjače uzrokuje oštećenje brtvi, te stoga i pojačano curenje. [11]

2.4. Primjena hidrauličkih cilindara u:

- građevinskim strojevima
- rudarskim strojevima
- poljoprivrednim strojevima
- šumskim i željezničkim vozilima
- u energetici
- dizalicama i platformama
- alatnim strojevima



Slika 6. Primjena kod kombiniranih građevinskih strojeva. [6]



Slika 7. Primjena kod poljoprivrednih strojeva.[7]



Slika 8. Primjena kod dizalice.[8]

3. PRORAČUN I KONSTRUKCIJA CILINDRA

3.1. Proračun sile i dimenzioniranje cilindra

Sama konstrukcija i dimenzije cilindra ovise o kinematici stroja na koji se cilindar montira. Prema tome se određuju dimenzije pojedinih dijelova radi ostvarivanja potrebne sile. Na osnovu prijašnjih proračuna i iskustva pri dimenzioniranju cilindra odabiremo tlak od 200 bara i silu od 150000 N. Na osnovu toga proračunamo promjer klipa radi ostvarivanja potrebne sile.

$$F \approx 150000 \text{ [N]}$$

$$p \approx 200 \text{ [bar]}$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{0.1 \cdot \pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 150000}{0.1 \cdot \pi \cdot 200}} = 97.72 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} \quad (1)$$

Kada smo izračunali promjer cijevi cilindra iz tablice odabiremo promjer klipnjače.

Poglavlje 6 Hidraulični cilindri 97

90/40	90	40	63.61	51.05	12.57	1.25
90/50		50		43.98	19.63	1.45
90/63		63		32.44	31.17	1.96
100/45	100	45	78.54	62.64	15.90	1.25
100/50		50		58.90	19.63	1.33
100/56		56		53.91	24.63	1.46
100/63		63		47.37	31.17	1.66
100/70		70		40.05	38.48	1.96
125/56	125	56	122.71	98.09	24.63	1.25
125/63		63		91.55	31.17	1.34
125/70		70		84.23	38.48	1.46
125/80		80		72.45	50.26	1.69
125/90		90		59.10	63.62	2.08
140/63	140	63	153.94	122.77	31.17	1.25
140/70		70		115.45	38.48	1.33
140/80		80		103.67	50.26	1.48
140/90		90		90.32	63.62	1.70
140/100		100		75.40	78.54	2.04
160/70	160	70	201.06	162.58	38.48	1.24
160/80		80		150.80	50.26	1.33
160/90		90		137.44	63.62	1.46
160/100		100		122.52	78.54	1.64
160/110		110		106.03	95.03	1.90
200/90	200	90	314.16	250.54	63.62	1.25
200/110		110		219.13	95.03	1.43
200/125		125		191.44	122.72	1.64
200/140		140		160.22	153.94	1.96
225/125	225	125	397.61	274.89	122.72	1.64
225/160		160		196.55	201.06	2.02
250/140	250	140	490.87	336.94	153.94	1.46
250/180		180		236.40	254.47	2.08

Slika 9. Osnovne karakteristike hidrauličnih cilindara [9]

Prema tome odaberemo:

D_1 – 100 mm – promjer cijevi cilindra

d_1 – 50mm – promjer klipnjače cilindra

Iz dokumentacije o ovom cilindru iz prijašnjih proračuna poznato nam je:

$v_i = 0,1 \text{ m/s}$ – brzina izvlačenja klipnjače

$\eta_{cm} = 0,95$ – mehanički koeficijent korisnog djelovanja hidrauličnog cilindra

$\eta_{cv} = 0,96$ – zapremski koeficijent korisnog djelovanja hidrauličnog cilindra

$\Sigma\Delta p = 10 \text{ bar}$ – ukupni gubitak tlaka u sustavu od pumpe do cilindra

$\Sigma\Delta Q = 0,01 \text{ l/min}$ ukupni gubitak protoka u sustavu od pumpe do cilindra

Slijedi proračun aktivne površine klipa:

A_c – Aktivna površina cijevi cilindra

A_k – Aktivna površina klipa cilindra

$$A_c = \frac{D_c^2 \cdot \pi}{4} = 78,54 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

$$A_k = \frac{(D_c^2 - d_k^2) \cdot \pi}{4} = 58,90 \text{ cm}^2 \quad (3)$$

Potreban protok Q_{ct} u hidraulični cilindar kad se klipnjača izvlači brzinom v_i ima vrijednost:

$$Q_{ct} = A_c \cdot v_i \cdot \eta_{cv} = 78,54 \cdot 10 \cdot \frac{1000}{60} = 45,24 \text{ l/min} \quad (4)$$

Hidraulična pumpa mora imati protok koji odgovara protoku Q_{ct}

(gubici protoka $\Sigma\Delta Q$ su ravni nuli)

$$Q_p = Q_{ct} + \Sigma\Delta Q = 45,24 + 0,01 = 45,25 \text{ l/m} \quad (5)$$

Brzina uvlačenja klipnjače v_u kad se u cilindar dovodi protok Q_p

$$v_u = \frac{Q_p - \Sigma\Delta Q}{A_k} \cdot \eta_{cv} = \frac{(45,25 - 0,01) \cdot 10^{-3}}{58,90 \cdot 60} \cdot 0,96 = 0,122 \text{ m/s} \quad (6)$$

Ventil za ograničenje tlaka podešen je na tlak $p_v = 150 \text{ bar}$

Maksimalna vrijednost sile na klipnjači kod koje će se otvoriti ventil za ograničenje tlaka:

– izvlačenje klipnjače (sila dizanja)

$$F_i = A_c \cdot p_v \cdot \eta_{cm} = 78,54 \cdot 10^{-4} \cdot 150 \cdot 10^5 \cdot 0,95 = 112 \text{ kN} \quad (7)$$

– uvlačenje klipnjače

$$F_u = A_k \cdot p_v \cdot \eta_{cm} = 58,90 \cdot 10^{-4} \cdot 150 \cdot 10^5 \cdot 0,95 = 83,93 \text{ N} \quad (8)$$

3.2. Proračun zavarenog spoja na klipnjači cilindra

U našem slučaju zavar na klipnjači opterećen je na vlak i tlak. Na temelju prethodno izračunate sile izvlačenja i sile uvlačenja možemo izračunati koliki je iznos naprezanja u zavaru.

Poznate veličine:

$$\text{Tlačna sila } F_t = 83,93 \text{ N}$$

$$\text{Vlačna sila } F_v = 112 \text{ N}$$

$$D = 50 \text{ mm}$$

$$a = 6 \text{ mm}$$

Vlačno naprezanje zavara na klipnjači:

$$\sigma_v = \frac{F_v}{a \cdot (D + a) \cdot \pi} = 0,1061 \text{ N/mm}^2 \quad (9)$$

Tlačno naprezanje zavara na klipnjači:

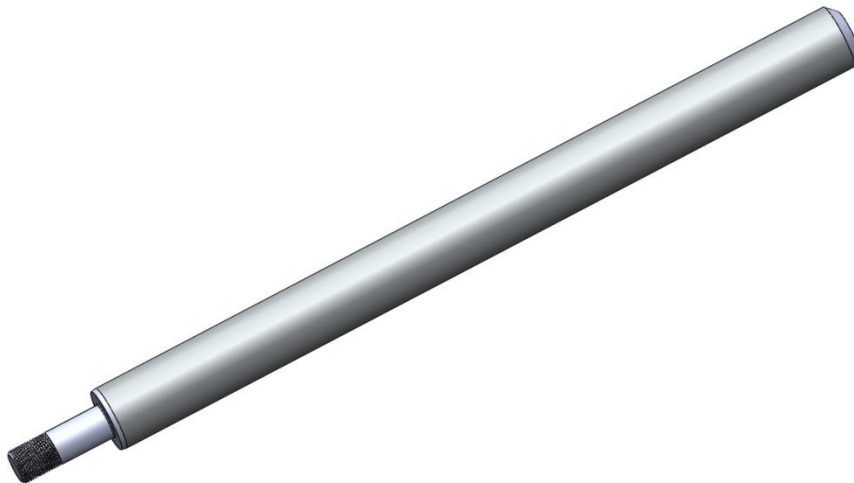
$$\sigma_t = \frac{F_t}{a \cdot (D + a) \cdot \pi} = 0,0795 \text{ N/mm}^2 \quad (10)$$

3.3. Konstrukcija hidrauličkog cilindra

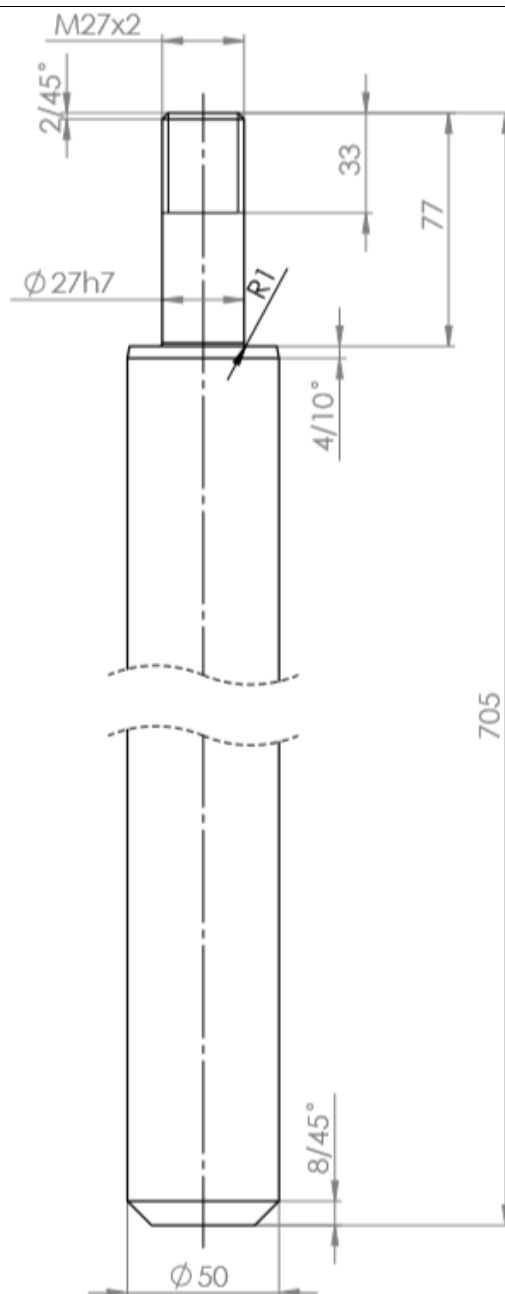
Konstruiranje i modeliranje 3D modela hidrauličkog cilindra rađeno je u računalnom programu Solidworks 2017.

3.3.1. Klipnjača

Klipnjača je dio cilindra koja je smještena u istoj osi kao i cilindar na kojoj je pričvršćen klip koji zajedno sa klipnjačom prenosi mehaničku silu i gibanje. Kompresija i ekspanzija vrši se pravocrtanim gibanjem klipnjače unutar cijevi cilindra.



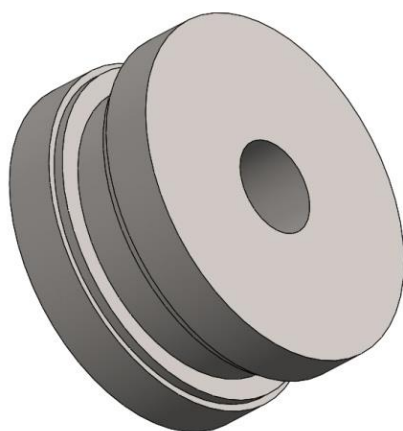
Slika 10. 3D računalni model klipnjače.



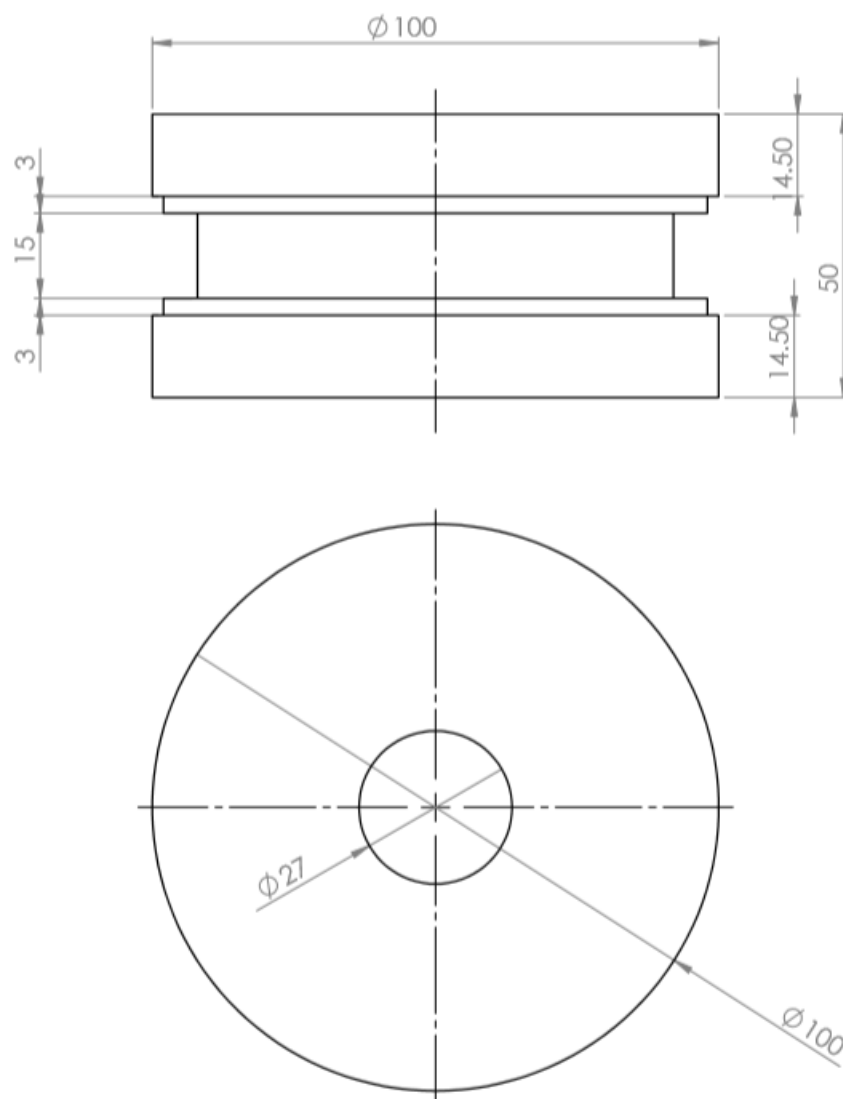
Slika 11. Klipnjača nacrt.

3.3.2. Klip cilindra

U spoju sa klipnjačom klip vrši ekspanziju i kompresiju radnog fluida unutar cijevi cilindra. Na klip se stavljaju posebne brtve tako da prilikom kompresije ne dolazi do prelaska radnog fluida preko klipa. Fiksiranje klipa na klipnjaču vrši se maticom M 27x2.



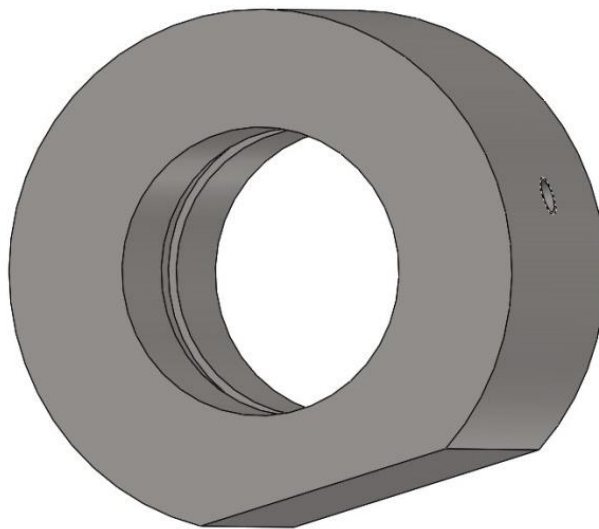
Slika 12. 3D računalni model klipa cilindra.



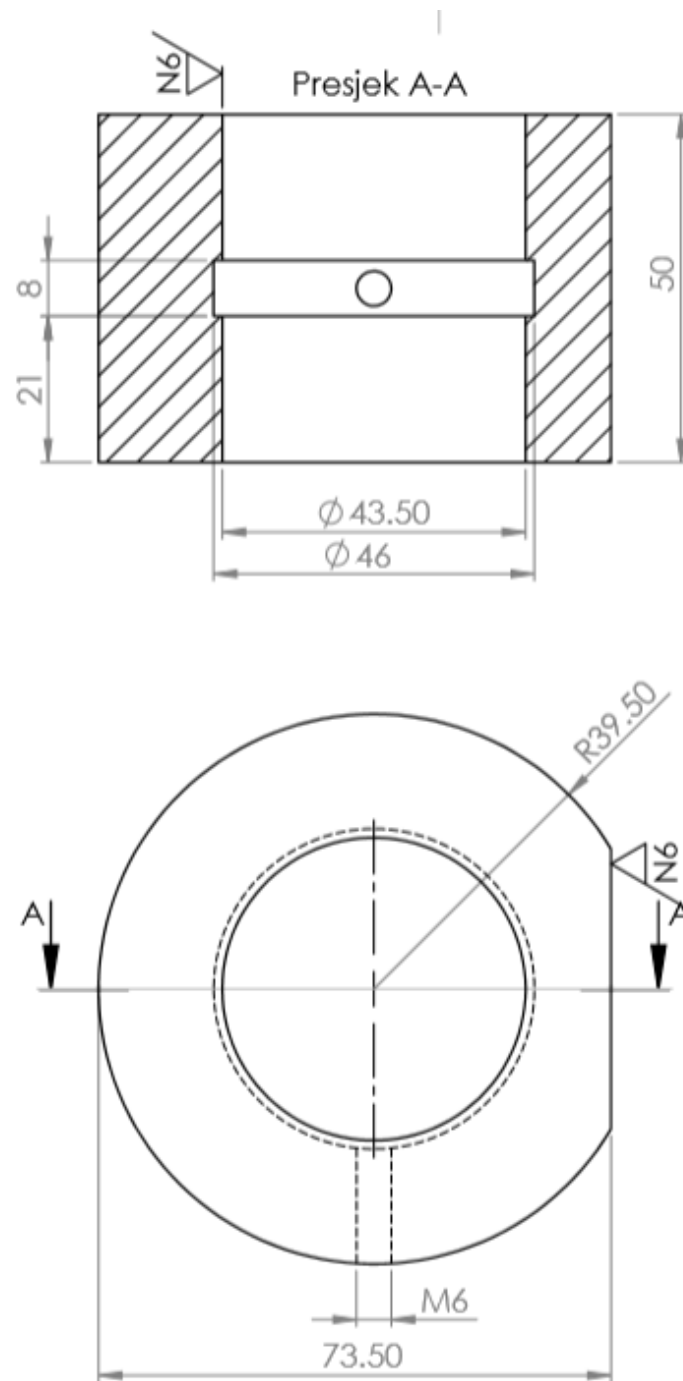
Slika 13. Klip cilindra nacrt.

3.3.3. *Oko klipnjače*

Oko klipnjače zavaruje se na deblju stranu klipnjače, a služi za pričvršćivanje cilindra na šasiju stroja.



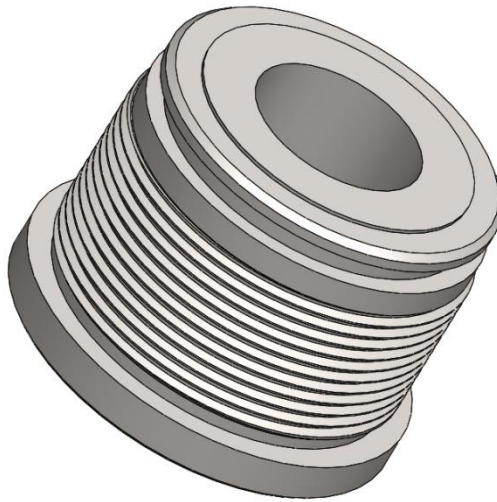
Slika 14. 3D računalni model oka klipnjače.



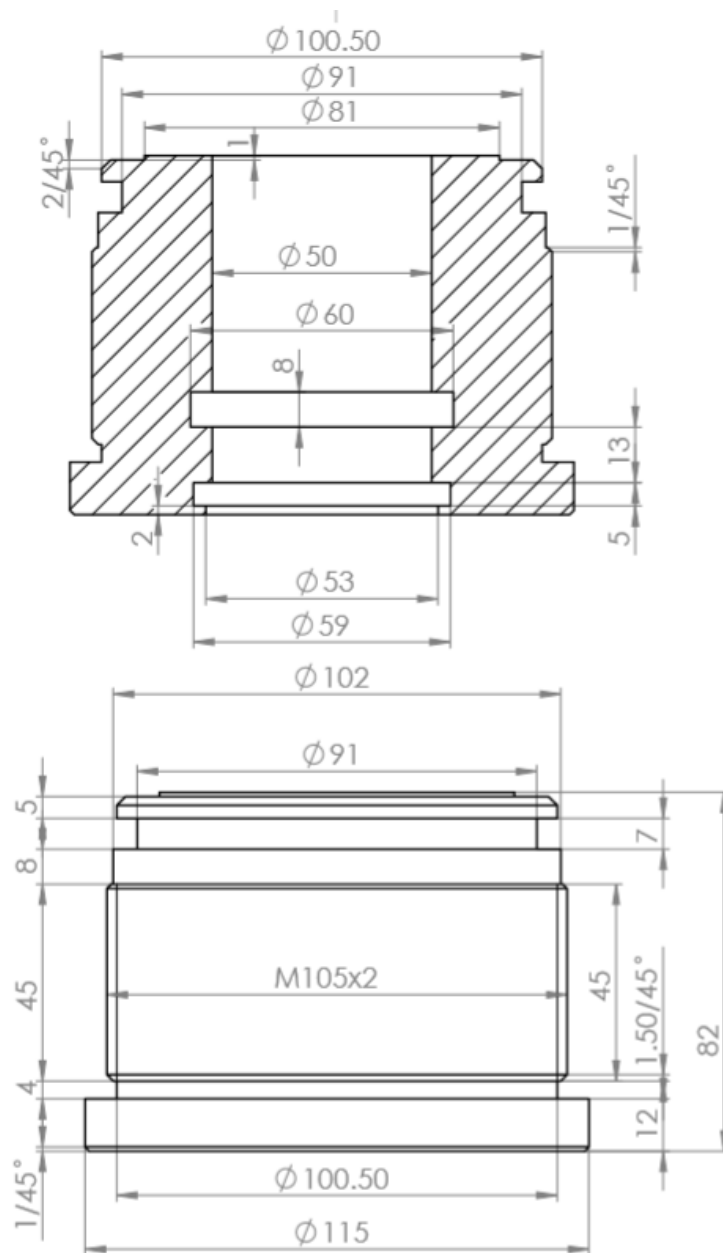
Slika 15. Oko klipnjače nacrt.

3.3.4. Usta cilindra

Usta cilindra spajaju se na cijev cilindra pomoću navoja M105x2. Unutar usta moraju biti postavljene brtve kako ne bi došlo do curenja radnog fluida u atmosferu. Kroz usta cilindra prolazi klipnjača koja vrši kompresiju i ekspanziju.



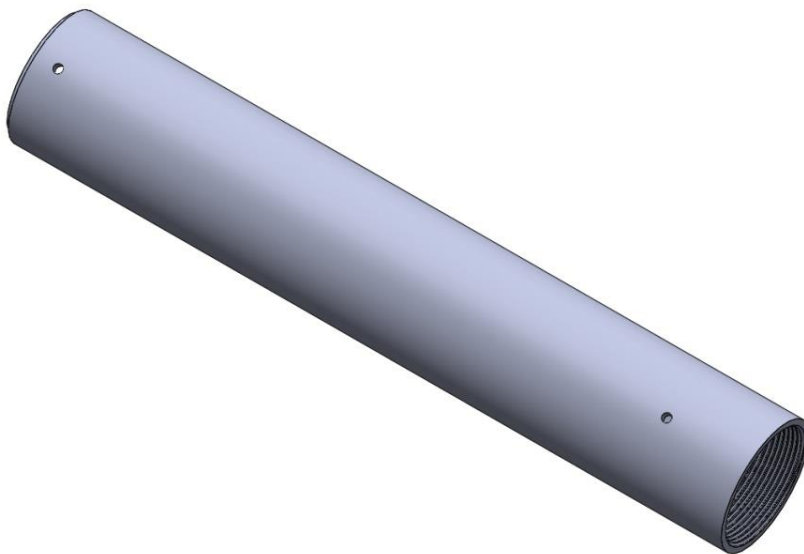
Slika 16. 3D računalni model usta cilindra.



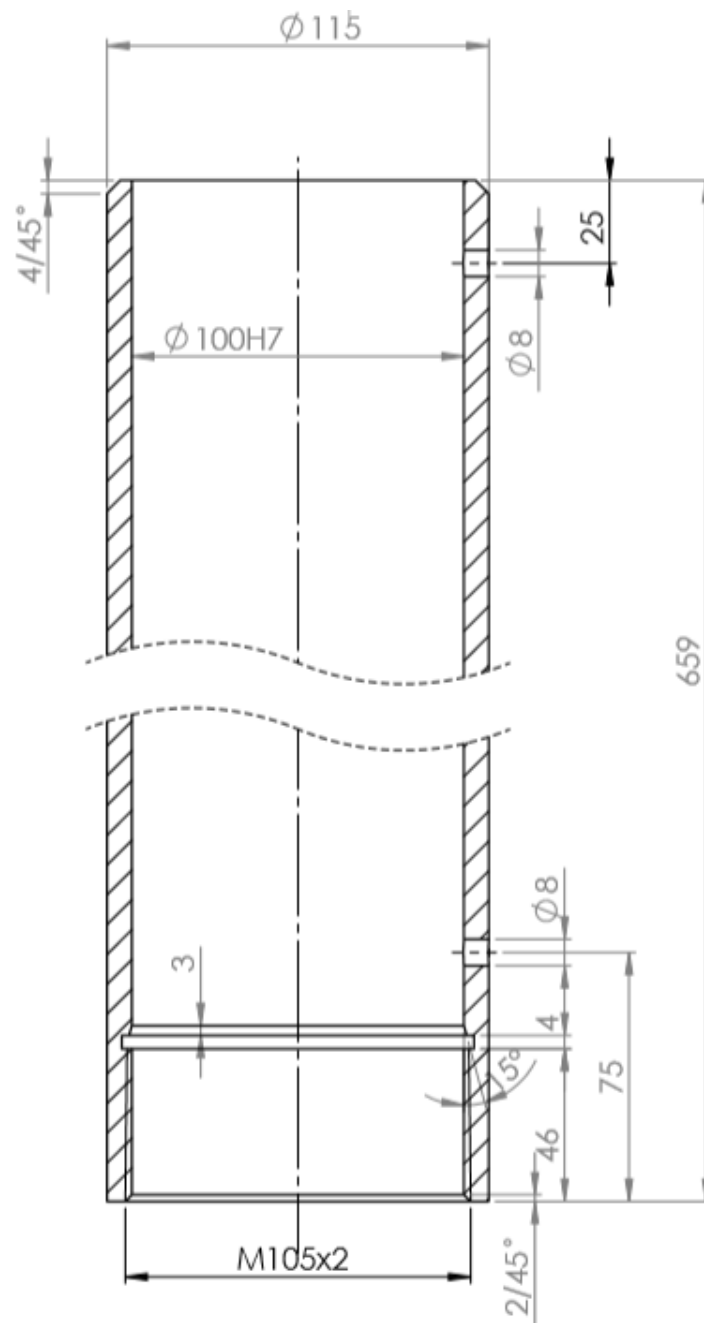
Slika 17. Usta cilindra nacrt.

3.3.5. Cijev cilindra

Cijev cilindra je zapravo kućište hidrauličkog cilindra. U njemu i na njemu su smješteni gotovo svi dijelovi cilindra.



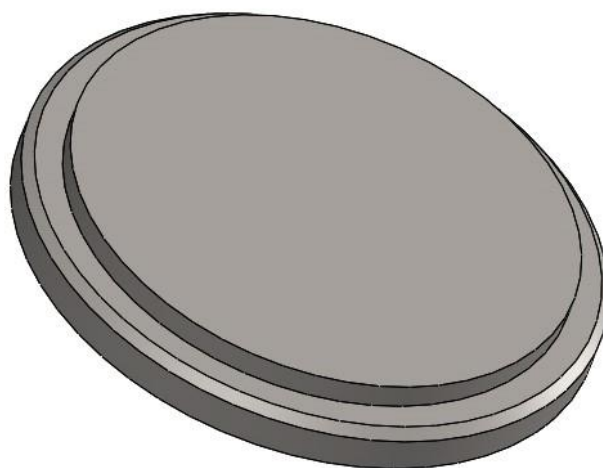
Slika 18. 3D računalni model cijevi cilindra.



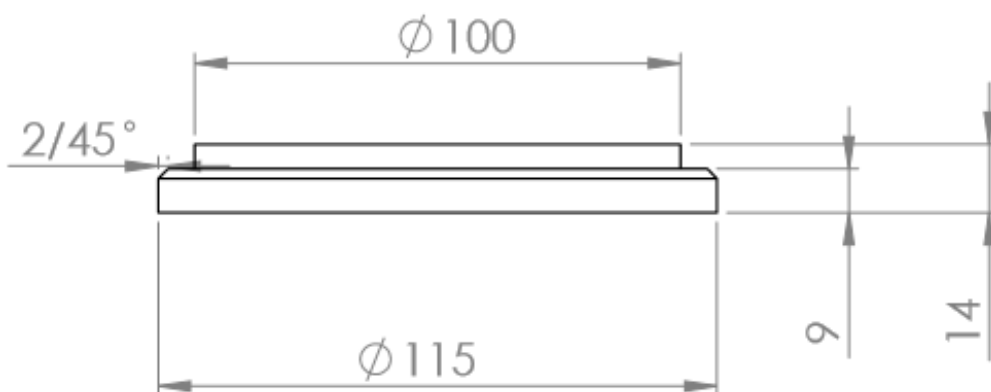
Slika 19. Cijev cilindra nacrt.

3.3.6. Poklopac cilindra

Svrha poklopca je zatvaranje cijevi cilindra. Na poklopac se zavaruje glava cilindra.



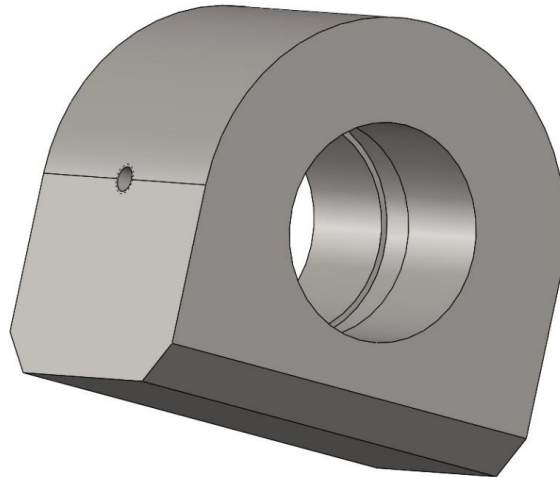
Slika 20. 3D računalni model poklopca cilindra.



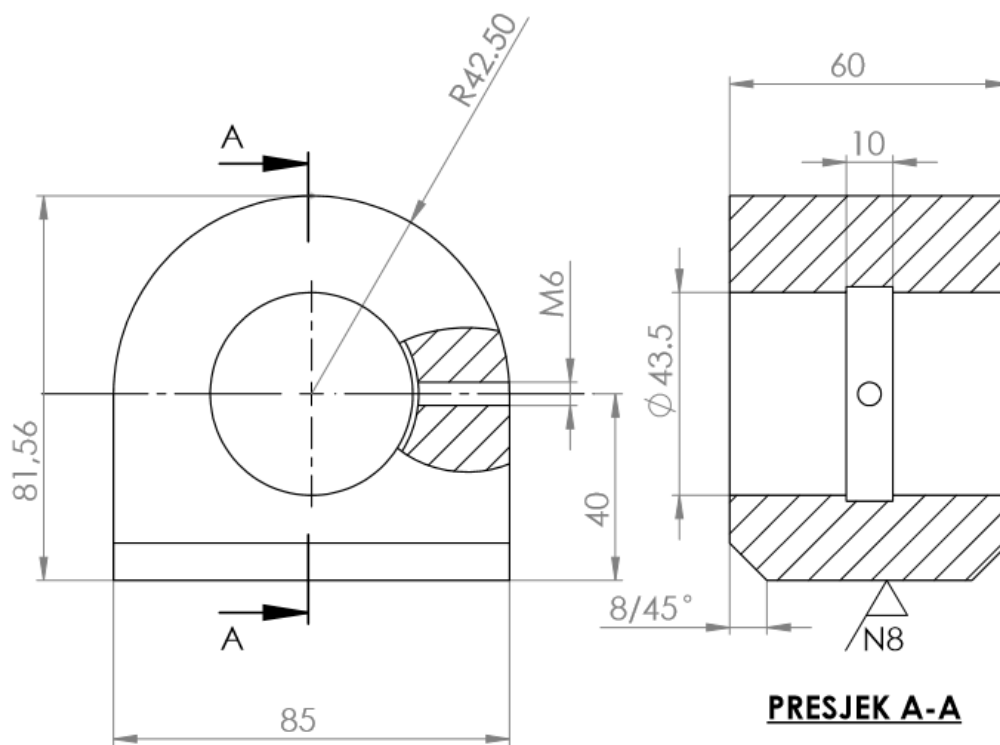
Slika 21. Poklopac cilindra nacrt.

3.3.7. Glava cilindra

Glava cilindra ima istu ulogu kao i oko klipnjače. Služi za pričvršćivanje cilindra na šasiju stroja.



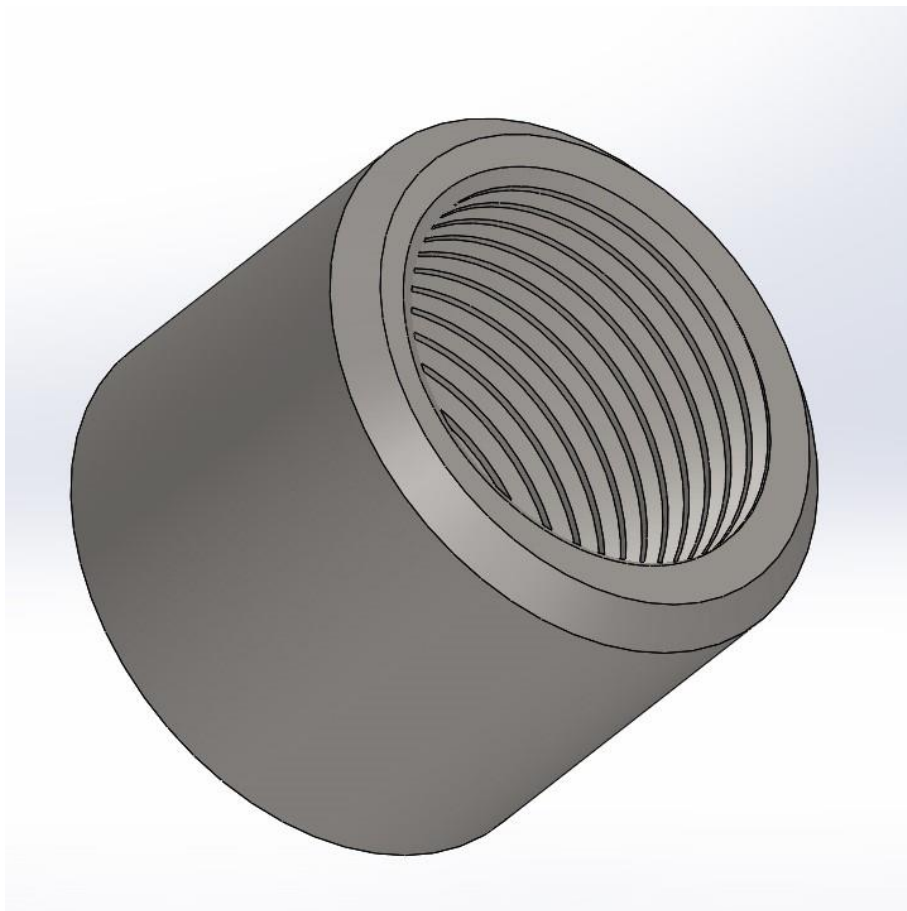
Slika 22. 3D računalni model glave cilindra.



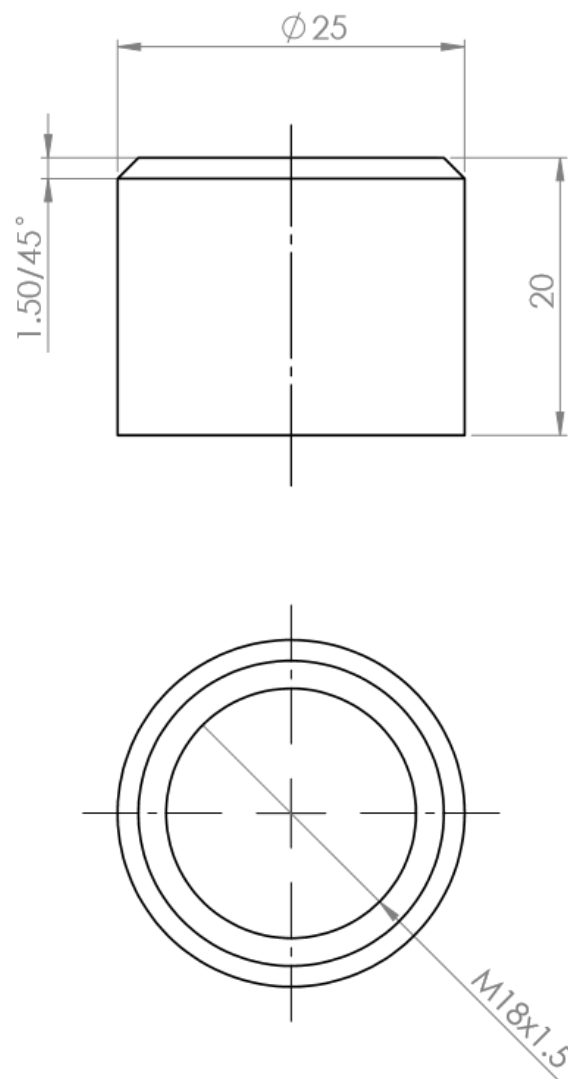
Slika 23. Glava cilindra nacrt.

3.3.8. Priključnica

Kroz priključnice dovodimo radni fluid pod tlakom u hidraulički cilindar. One se zavaraju na vanjsku površinu cilindra, a dimenzije su im M18x1,5.



Slika 24. 3D računalni model priključnice.



Slika 25. Priključnica nacrt.

3.3.9. Cijev cilindra – sklop

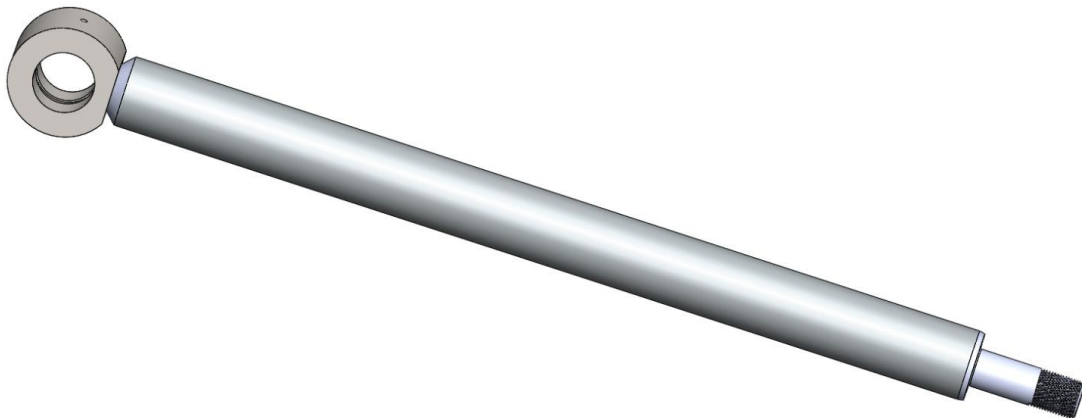
Sklop cijevi hidrauličkog cilindra sastoji se od dvije priključnice, poklopca, i glave cilindra. Sva tri navedena elementa zavaruju se na cijev cilindra.



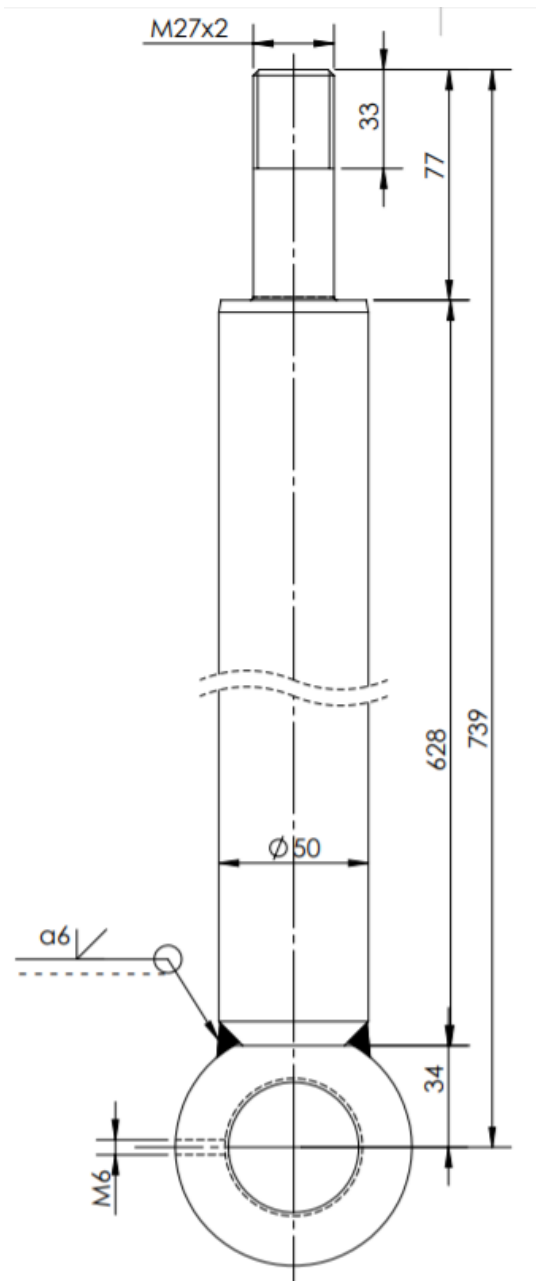
Slika 26. 3D računalni model sklopa cijevi cilindra.

3.3.10. Sklop klipnjače cilindra

Sklop klipnjače cilindra sastoji se od klipnjače i oka klipnjače koje je zavareno na vrhu iste.



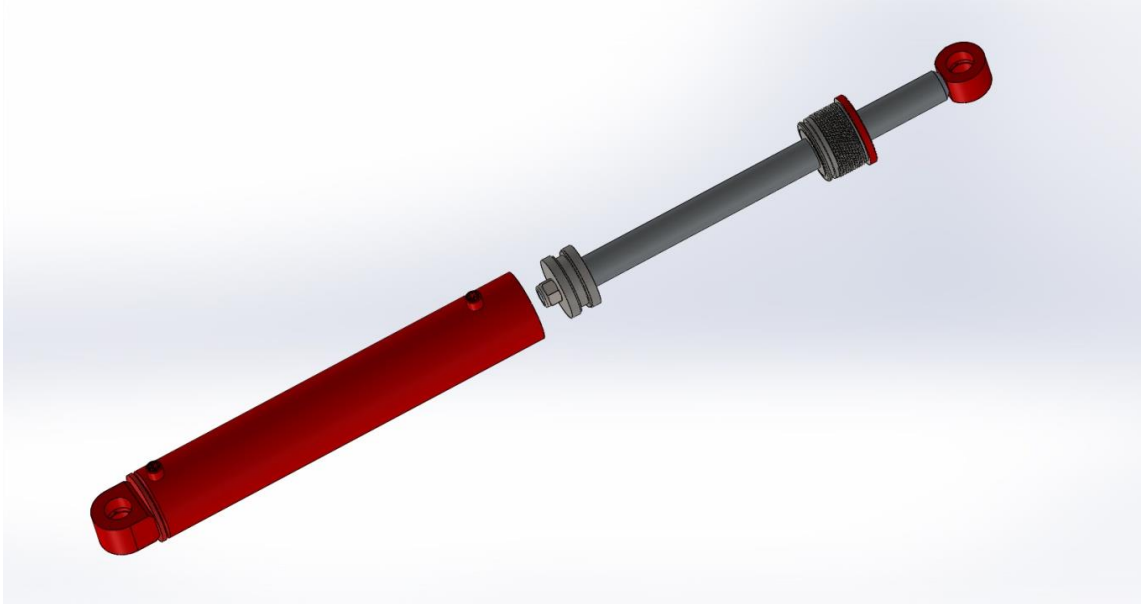
Slika 28. 3D računalni model sklopa klipnjače cilindra.



Slika 29. Sklop klipnjače cilindra nacrt.

3.3.11. Hidraulički cilindar sklop (rastavljeni)

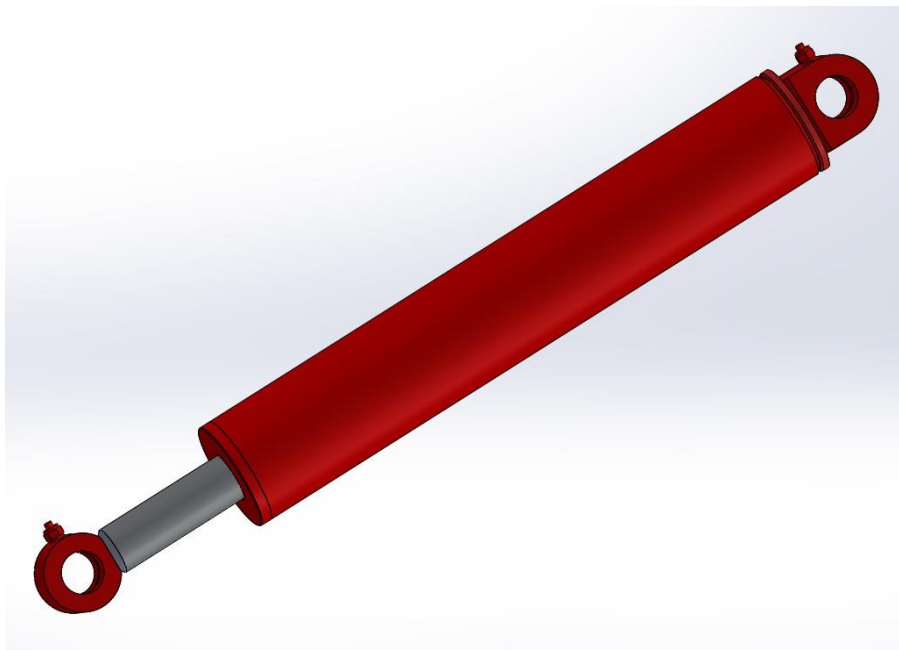
Prikaz hidrauličkog cilindra sa izvučenom klipnjačom.



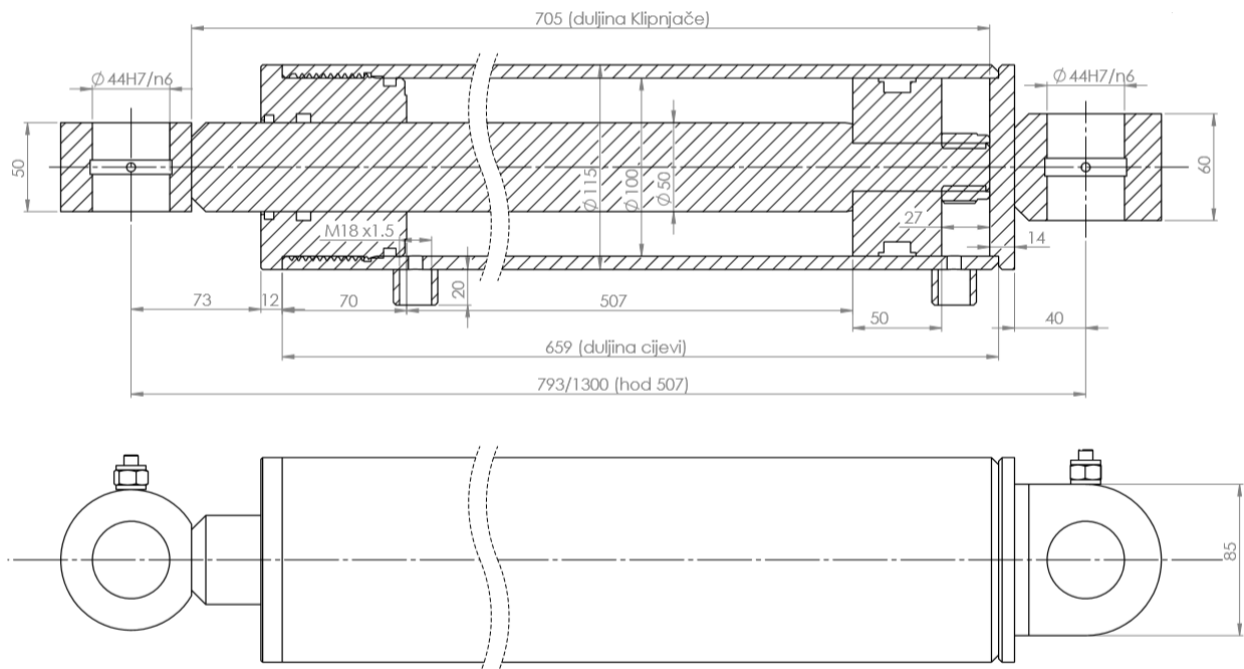
Slika 30. Sklop cilindra rastavljeni.

3.3.12. Hidraulički cilindar sklop (sastavljeni)

Prikaz sklopljenog cilindra sa svim prethodno navedenim dijelovima.



Slika 31. Sklop (cilindra sastavljeni).



Slika 32. Sklop cilindra nacrt.

4. TEHNOLOGIJA IZRADE HIDRAULIČKOG CILINDRA

4.1. Tehnološka karta

Prije same proizvodnje nekog strojnog dijela potrebno je izraditi tehnološku kartu. U tehnološkoj karti opisani su svi postupci izrade svakog pojedinog dijela hidrauličkog cilindra. Tu spadaju radno mjesto (alatni stroj) na kojima se vrši pojedina operacija, vrsta materijala, količina, vremena izrade, broj pozicije, itd.

Oper.	Opis operacije	Alat	Radno mjesto	Mjesto troška	Stroj	Broj rad. prip.	Vrijeme po kom.
090.01	predmontaža hidrauličkih cilindara		091-10	35000/19		1,00 kn	0,08 0,25
0					Duljina	Širina	Opis
	Ident	Naziv identa	Sklad.	Količina MJM			
	20220027	matica M27x2 s plest. osig. DIN 985	SREP	3,00 kom			
	39102703	O-ring 27x34x3.5	SREP	3,00 kom			
	39205007	brtva klipnjače 50x60x7	SREP	3,00 kom			
	39305006	brisač klipnjače 50x58,5x5,3	SREP	3,00 kom			
	39410000	brtva klipa fi100 TPM	SREP	3,00 kom			
	39610001	O-ring OP za cilindar fi100	SREP	3,00 kom			
	57371027	klip cilindra fi100/fi27 SGOT	SGOT	3,00 kom			
	57381050	usta cilindra fi100/fi50 SGOT	SGOT	3,00 kom			
	58194030	ležajna čahura fi40/fi44x30	SREP	6,00 kom			
	58194050	ležajna čahura fi40/fi44x50	SREP	3,00 kom			
090.02	predmontaža hidrauličkih cilindara		091-10	35000/19		1,00 kn	0,08 0,25
0							
090.03	lakiranje - komore za lakiranje H2,H4,H5		100-102050	34000/19		1,00 kn	0,00 0,18
0							
	Ident	Naziv identa	Sklad.	Količina MJM	Duljina	Širina	Opis
	55101051	Sigma Prime green base	SREP	0,39 l			
	55501002	Sigma Thiner 91-92	SREP	0,09 l			
	55502002	sigma thinner 21-06	SREP	0,09 l			
	55902012	teknodur combi 3430 - 05 RAL3020	SREP	0,81 l			
83365000	hidraulički cilindar prve ruke, fi100/fi50-793x507 - BRK 8000,9000	SGOT					3,00 kom
	hidraulički cilindar prve ruke, fi100/fi50-793x507 - BRK 8000,9000 / 11.06.2014.						
83365100	cijev cilindra 3-sklop			1,00	1,00		3,00 kom
080.01	zavarivanje - MAG (ugljični i nehrđajući čelici)		020-07	33000/19		1,00 kn	0,17 0,00
0							
	Ident	Naziv identa	Sklad.	Količina MJM	Duljina	Širina	Opis
	80600104	priključnica M18x1.5		6,00 kom			
080.02	tokarenje - tokarski strojevi univerzalni		040-913	32000/19		1,00 kn	0,16 0,05
0							
080.03	tokarenje - tokarski stroj Microcut BNC 22120		040-17	32000/19		1,00 kn	0,58 0,00
0							
080.04	kontrola strojna - 100% lansirane količine		070-02	61000/19		1,00 kn	0,00 0,19
0							
080.05	heftanje - pripajanje MAG		020-07	33000/19		1,00 kn	0,33 0,00
0							
080.06	zavarivanje - MAG (ugljični i nehrđajući čelici)		020-07	33000/19		1,00 kn	0,17 0,00
0							
080.07	bušenje - obradni centri VF - 4/VF - 7		040-920	32000/19		1,00 kn	0,16 1,23
0							
080.08	kontrola strojna - 100% lansirane količine		070-02	61000/19		1,00 kn	0,00 0,19
0							
83365101	cijev cilindra fi100/fi115			1,00	1,00		3,00 kom
070.01	rezanje - strojno, pila - pravocrtno		010-101113	33000/19		1,00 kn	0,00 0,16
0							
	Ident	Naziv identa	Sklad.	Količina MJM	Duljina	Širina	Opis
	13311007	cijev HV hidr. fi100/fi115, E355+C (UNI EN 10305-2)	SREP	1,98 m	661,00		
070.02	tokarenje - tokarski stroj Microcut BNC 22120		040-17	32000/19		1,00 kn	0,58 0,00
0							
070.03	bušenje - stubne bušilice HUVEMA/MK5		040-941	32000/19		1,00 kn	0,16 0,06
0							

Slika 33. Tehnološka karta (1).

83365102		glava cilindra fi100			1,00	1,00	3,00 kom	
Oper	Opis operacije	Alat	Radno mjesto	Mjesto troška	Stroj	Broj rad. prip.	Vrijeme po kom.	
060.01	rezanje - strojno, plazma rezač Varstroj Varcut (130A)		010-03	33000/19		1,00 kn	0,50	0,00
0								
	Ident	Naziv identa	Sklad.	Količina JM/J	Duljina	Širina Opis		
	11213860	TV ilim 60 mm, S355K2G3 (J2G3) (Č.0563)	SREP	11,66 kg	90,00	90,00		
060.01	brušenje / obrušavanje / upuštanje - ručno		020-02	33000/19		1,00 kn	0,00	0,03
1								
060.02	glodanje - glodalica Jafa JEROCIN ISO40		040-20	32000/19		1,00 kn	0,25	0,18
0								
060.03	skidanje bridova - ručno		020-02	33000/19		1,00 kn	0,08	0,00
0								
060.04	tokarenje - CNC tokarilice SL20/ST20/ST30		040-911	32000/19		1,00 kn	0,75	0,23
0								
060.05	bušenje - rad(alne bušilice MAS/CHEPEL		040-942	32000/19		1,00 kn	0,16	0,20
0								
83365103		poklopac cilindra fi100			1,00	1,00	3,00 kom	
Oper	Opis operacije	Alat	Radno mjesto	Mjesto troška	Stroj	Broj rad. prip.	Vrijeme po kom.	
050.01	rezanje - strojno, plazma rezač Microstep PLS 13501.P (160A)		010-04	33000/19		1,00 kn	0,50	0,00
0								
	Ident	Naziv identa	Sklad.	Količina JM/J	Duljina	Širina Opis		
	11213815	TV ilim 15x150x6000, S355K2G3 (J2G3) (Č.0563)	SREP	5,63 kg	125,00	125,00		
050.01	brušenje / obrušavanje / upuštanje - ručno		020-02	33000/19		1,00 kn	0,00	0,03
1								
050.02	tokarenje - CNC tokarilice SL20/ST20/ST30/BNC		040-910	32000/19		1,00 kn	0,58	0,08
0	+							
83365200		klipnjača cilindra 3-sklop			1,00	1,00	3,00 kom	
Oper	Opis operacije	Alat	Radno mjesto	Mjesto troška	Stroj	Broj rad. prip.	Vrijeme po kom.	
040.01	heftanje - pripajanje MAG		020-07	33000/19		1,00 kn	0,33	0,00
0								
040.01	kontrola bravarija - 100% lansirane količine		070-01	61000/19		1,00 kn	0,08	0,00
5								
040.02	rastokarivanje - obradni centri VF - 4/VF - 7		040-920	32000/19		1,00 kn	0,58	0,07
0	+							
82436403		oko klipnjače fi80/fi44			1,00	1,00	3,00 kom	
Oper	Opis operacije	Alat	Radno mjesto	Mjesto troška	Stroj	Broj rad. prip.	Vrijeme po kom.	
030.01	tokarenje - CNC tokarilice SL20/ST20/ST30/BNC		040-910	32000/19		1,00 kn	0,58	0,10
0	+							
030.02	glodanje - obradni centri VF - 4/VF - 7		040-920	32000/19		1,00 kn	0,67	0,06
0	+							
z		univerzalna pozicija			1,00	1,00	3,00 kom	
Oper	Opis operacije	Alat	Radno mjesto	Mjesto troška	Stroj	Broj rad. prip.	Vrijeme po kom.	
020.01	rezanje - strojno, pila - pravocrtno		010-101113	33000/19		1,00 kn	0,00	0,13
0								
	Ident	Naziv identa	Sklad.	Količina JM/J	Duljina	Širina Opis		
	16113080	čelik okrugli fi80, S355K2G3 (J2G3) (Č.0563)	SREP	0,17 m	55,00			
83365201		klipnjača fi50x705			1,00	1,00	3,00 kom	
Oper	Opis operacije	Alat	Radno mjesto	Mjesto troška	Stroj	Broj rad. prip.	Vrijeme po kom.	
010.01	rezanje - strojno, pila - pravocrtno		010-101113	33000/19		1,00 kn	0,00	0,13
0								
	Ident	Naziv identa	Sklad.	Količina JM/J	Duljina	Širina Opis		
	16300050	čelična šipka kromirana fi50, C45+CE (UNI EN 10083/1-2 C45)	SREP	2,12 m	706,00			
010.01	kontrola strojna - 100% lansirane količine		070-02	61000/19		1,00 kn	0,08	0,00
5								
010.02	tokarenje - CNC tokarilice SL20/ST20/ST30		040-911	32000/19		1,00 kn	0,67	0,12
0	+							

Slika 34. Tehnološka karta (2).

4.2. Klipnjača

Tablica 1. Tehnologija izrade klipnjače.

	Materijal	Operacija	Radno mjesto
1.	Čelična šipka kromirana Ø 55, C45+CE (UNI EN 10083/1-2 C45	Rezanje-strojno	Tračna pila (pravocrtna)
2.		Kontrola	Kontrola kvalitete
3.		Tokarenje	CNC tokarilica



Slika 35. Kontrola kvalitete.

Prije stavljanja obratka u amerikaner potrebno je izvršiti vizualnu kontrolu površine klipnjače da ne bi bilo površinskih oštećenja koje bi mogle smetati pri radu hidrauličkog cilindra. Potrebno je i izmjeriti duljinu šipke radi poravnavanja na zadanu mjeru.



Slika 36. Stezanje obratka u steznu glavu.

Stezanje obratka mekim paknama koje moraju biti glatke sa skinutim bridovima da ne bi došlo do oštećenja površine obratka.



Slika 37. Poprečno tokarenje.

Šipka je odrezana na tračnoj pili na duljinu od 712 mm, potrebno je poprečno (čeono) potokariti šipku na duljinu od 710mm.



Slika 38. Tokarenje na $\varnothing 27$.

Nakon poprečnog tokarenja šipka je svedena na željenu duljinu. Sada slijedi grubo tokarenje šipke na $\varnothing 28$ na duljinu od 77mm. Nakon grubog tokarenja vršimo izmjenu alata pomoću revolverске glave, postavljamo nož za fino tokarenje i tokarimo na $\varnothing 27$.

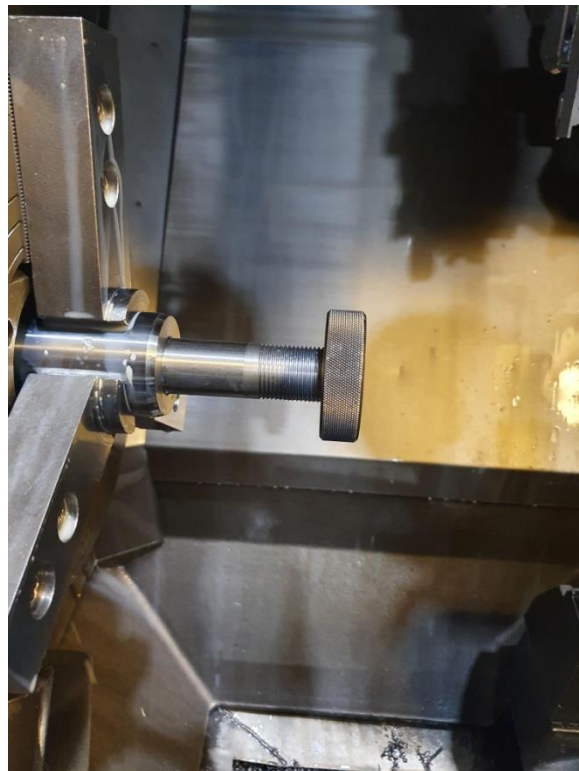


Slika 39. Kontrola dimenzija mikrometrom.



Slika 40. Tokarenje navoja.

Poslije kontrole istokarenog dijela klipnjače slijedi izmjena noža i tokarenje navoja M27x2 u 5 prolaza.



Slika 41. Provjera debljine navoja.



Slika 42. Etaloni za provjeru navoja.

Nakon što smo istokarili navoj moramo izvršiti provjeru njegove debljine. Provjera se vrši etalonima za mjerenje debljine navoja na način da deblji etalon sa slike 42. s lakoćom zavrtnemo na navoj, dok drugi, tanji etalon sa slike 42. kad ga naslonimo ne smije se zavrtnuti više od 3° .



Slika 43. Vadenje obratka iz amerikanera.



Slika 44. Stezanje obratka.

Slijedi okretanje obratka i stezanje u amerikaner. Zadnja operacija je tokarenje skošenja $8 \times 45^\circ$. Nakon toga skidamo obradak iz amerikanera i vršimo kontrolu (vizualna kontrola i mjerenje).

4.3. Oko klipnjače

Broj pozicije 82436403

Tablica 2. Tehnologija izrade oka klipnjače.

	Materijal	Operacija	Radno mjesto
1.	Šipka Ø80 S355K2G3 (J2G3) (Č.0563)	Rezanje – strojno	Tračna pila (pravocrtno)
2.		Tokarenje	CNC tokarilica
3.		Glodanje	Obradni centri VF – 4/VF - 7

Prva operacija je rezanje cijevi Ø80 na tračnoj pili na duljinu od 52 mm. Nakon toga slijedi stezanje na tokarilicu, tokarenje vanjske konture na Ø79 i poravnavanje (čeono tokarenje) na zadanu duljinu (50 mm). Slijedi unutarnje tokarenje na Ø44 i tokarenje utora za mast na Ø46. Sljedeća operacija nakon unutarnjeg tokarenja je bušenje i tokarenje provrta. Nakon toga slijedi skidanje oštih bridova. Na kraju vršimo kontrolu svih mjera i provodimo vizualnu kontrolu.



Slika 45. Izgled oka klipnjače nakon tokarenja.



Slika 46. Stezanje obratka u škripac.

Nakon tokarenja slijedi stezanje obratka u škripac na obradnom centru te glodanje navoja M6. Poslije glodanja navoja slijedi drugo stezanje obratka, glodanje oka na $\varnothing 43,5$ i skidanje brida na duljinu od 73,5 mm.



Slika 47. Glodanje oka.

Slijedi skidanje oštih bridova, kontrola svih mjera i isprobavanje navoja.



Slika 48. Izgled oka klipnjače nakon glodanja.

4.4. Klipnjača cilindra – sklop

Tablica 3. Tehnologija izrade klipnjače cilindra - sklop

	Materijal	Operacija	Radno mjesto
1.	Klipnjača - C45+CE(UNI EN 10083/1-2 C45)	Zavarivanje	Aparat MIG/MAG
2.	Oko- S355K2G3 (J2G3) (Č.0563)	Rastokarivanje	Obradni centri VF-4/VF-7

Zavarivanje oka klipnjače na klipnjaču cilindra aparatom za MIG/MAG zavarivanje. Poslije zavarivanja slijedi kontrola zavarenom dijela.



Slika 49. Izgled klipnjače nakon zavarivanja.

Nakon kontrole slijedi fino rastokarivanje oka klipnjače na $\varnothing 44H7$. Prije obrade moramo izvršiti pripremu stroja.

Priprema:

1. Postaviti prizmu za stezanje u stroj
2. Provjeriti prizmu da nema oštećenja i polirati je po potrebi
3. Namjestiti fini rastokarivač.

Poslije pripreme postavimo obradak u prizmu, stežemo klipnjaču plastikom da se ne ošteti površinski sloj kroma.



Slika 50. Stezanje klipnjače.

Slijedi fino rastokarivanje na mjeru $\varnothing 44H7$.



Slika 51. Rastokarivanje.

Nakon rastokarivanja vršimo kontrolu dimenzija mikrometrom za unutarnje mjerenje.



Slika 52. Kontrola komada.

Na kraju obavezno moramo izvršiti vizualnu kontrolu površine (ne smije biti nikakvih oštećenja, ogrebotina i slično. Nakon vizualne kontrole klipnjaču moramo obrisati suhom krpom i nauljiti.

4.5. Cijev cilindra

Tablica 4. Tehnologija izrade cijevi cilindra.

	Materijal	Operacija	Radno mjesto
1.	Cijev HV hidr. fi100/fi115, E355+C (UNI EN 10305-2)	Rezanje – strojno	Tračna pila
2.		Tokarenje	Tokarski stroj Microcut BNC 22120
3.		Bušenje	Stubne bušilice HUVEMA/MKS

Prva operacija je odrezivanje cijevi na tračnoj pili na duljinu od 660 mm (prije operacije treba provjeriti unutrašnjost cijevi da nema korozije ili nekih oštećenja). Nakon odrezivanja slijedi tokarenje, poravnavanje (čeono tokarenje) na zadanu duljinu (659 mm) i skidanje kosine 4/45°. Zadnja operacija je bušenje provrta Ø8. Nakon bušenja unutrašnjost cijevi treba ispuhati zrakom i obrisati krpom da se odstrane eventualne nečistoće.

4.6. Dijelovi sa skladišta

Priključnica M18x1,5 , poklopac cilindra Ø100/ Ø115, klip cilindra i usta cilindra izrađuju se u velikim serijama i spremaju se u skladište. Prilikom izrade cilindra oni se uzimaju iz skladišta i koriste u proizvodnji, stoga za te dijelove neće biti opisan tehnološki proces u ovom završnom radu.



Slika 53. Priključnica M18x1,5



Slika 54. Poklopac cilindra $\varnothing 100 / \varnothing 115$.



Slika 55. Klip cilindra $\varnothing 100 / \varnothing 27$



Slika 56. Usta cilindra.

4.7. Glava cilindra

Tablica 5. Tehnologija izrade glave cilindra.

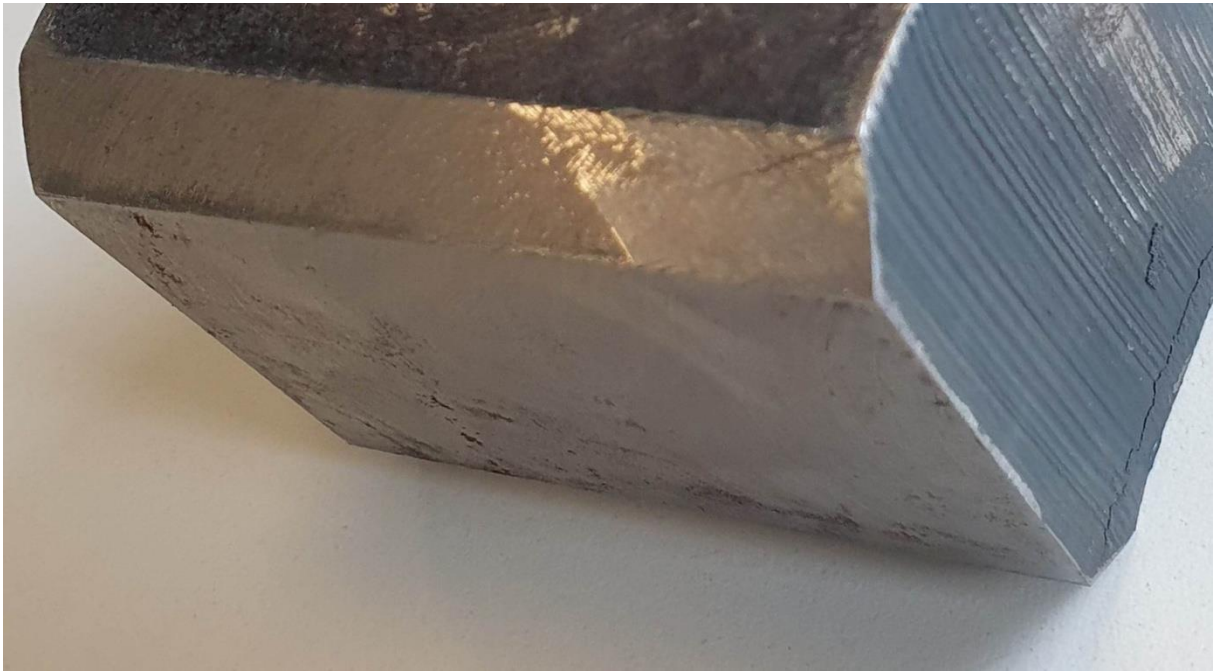
	Materijal	Operacija	Radno mjesto
1.	T V lim 60 mm, S355K2G3 (J2G3) (Č.0563)	Rezanje - strojno	Plazma rezač Varstroj Varcut
2.		Brušenje/Obrušivanje/Upuštanje	Ručno
3.		Glodanje	Glodalica Jafa JEROCIN ISO 40
4.		Skidanje bridova	Ručno
5.		Tokarenje	CNC tokarilice SL20/ST20/ST30
6.		Bušenje	Radijalne bušilice

Prva operacija je rezanje konture glave cilindra na plazmi.



Slika 57. Površina obratka nakon rezanja na plazmi

Zatim slijedi ručno brušenje površine obratka radi skidanja srha koji nastaje prilikom rezanja na plazmi i upuštanje. Nakon toga glodamo skošenje $8/45^\circ$.



Slika 58. Glodanje skošenja.

Poslije glodanja ručno skidamo bridove kako ne bi bili oštri. Nakon toga slijedi unutarnje tokarenje na $\text{Ø}43,5$ i tokarenje utora za podmazivanje $\text{Ø} 46$.



Slika 59. Obradak nakon tokarenja.

Na kraju bušimo provrt i urezivamo navoj M6.



Slika 60. Gotova glava cilindra.

4.8. Cijev cilindra – sklop

Tablica 6. Tehnologija izrade cijevi cilindra – sklop.

	Materijal	Operacija	Radno mjesto
1.	Č 0361.5	Zavarivanje	Aparati za MIG/MAG zavarivanje
2.	HV hydr. fi100/fi115, E355+C (UNI EN 10305-2)	Tokarenje	Tokarski strojevi univerzalni
3.		Tokarenje	Tokarski stroj Microcut BNC
4.		Kontrola	Međufazna kontrola kvalitete
5.	HV hydr. fi100/fi115, E355+C (UNI EN 10305-2) i Č 0361.5	Zavarivanje	MAG
6.		Bušenje	Obradni centri VF-4/VF-7
7.		Kontrola	Međufazna kontrola kvalitete

Prva operacija je zavarivanje priključnice M18x1.5 za cijev cilindra.



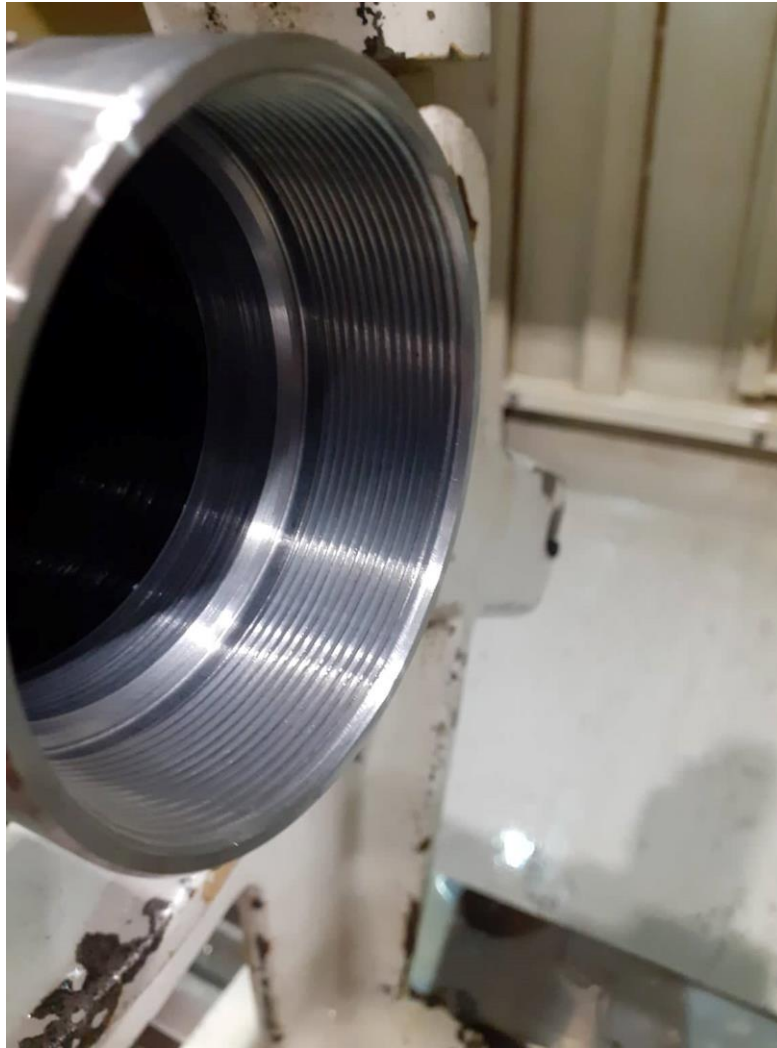
Slika 61. Zavarivanje.

Nakon zavarivanja slijedi tokarenje utora za linetu kako bi nam cilindar bio stabilan tokom daljnjeg tokarenja.



Slika 62. Utor za linetu.

Kada smo istokarili utor za linetu slijedi tokarenje navoja M105x2 unutar cijevi cilindra na duljinu od 46 mm.



Slika 63. Navoj unutar cijevi cilindra.

Nakon obrade slijedi kontrola etalomom za provjeru navoja.



Slika 64. Provjera navoja.

Poslije kontrole slijedi zavarivanje glave cilindra na cijev cilindra.



Slika 65. Zavarivanje.

Nakon toga slijedi bušenje provrta $\text{Ø}44\text{H}7$ te kontrola . Na kraju vršimo završnu kontrolu i čišćenje cijevi cilindra. Moramo obratiti pozornost da se strugotina unutar cilindra dobro odstrani kako u daljnjem radu cilindra ne bi došlo do havarije.

5. Predmontaža i ispitivanje hidrauličkog cilindra

5.1. Predmontaža hidrauličkog cilindra

Nakon strojne obrade svi dijelovi hidrauličkog cilindra transportiraju se u drugu halu gdje se vrši montaža istih. Slijedi montaža brtvi na klip cilindra.



Slika 66. Brtva klipa cilindra.

Crni prsten sa slike 66. je brtva klipa TPM 9036, dva bijela prstena su graničnici koji drže brtvu na mjestu na koje je postavljena.



Slika 67. Brtva montirana na klip cilindra.

Nakon što smo stavili brtve na klip cilindra slijedi montiranje brtvi na usta cilindra.



Slika 68. Brtve za usta cilindra.

Na slici 68. prikazane su dvije brtve (lijeva-unutarnja brtva, tanka gore-vanjska brtva) i brisač koji služi za brisanje klipnjače.



Slika 69. Montiranje unutarnje brtve.

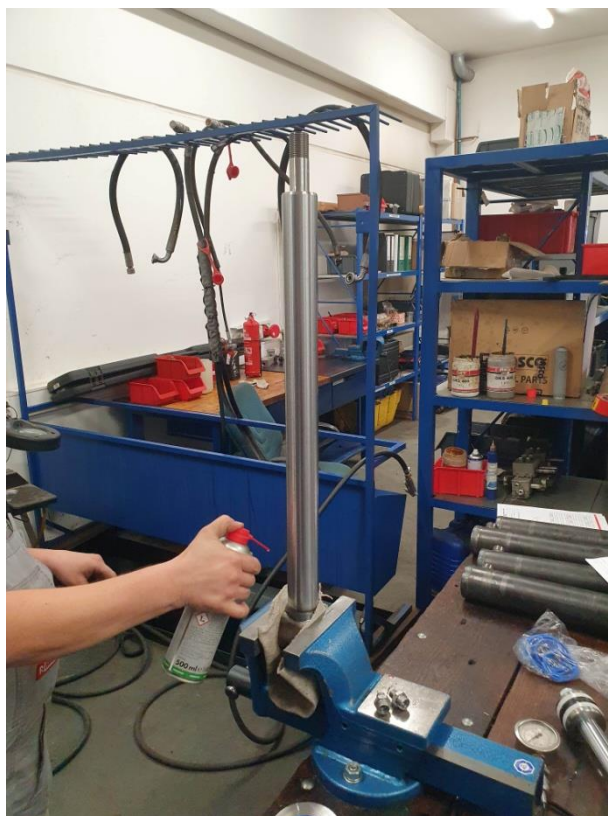


Slika 70. Montiranje vanjske brtve.

Nakon montiranja brtvi na usta cilindra slijedi podmazivanje ustiju i klipnjače cilindra. Brisač klipnjače bit će vidljiv na slici 71. kad će se vršiti podmazivanje ustiju cilindra.



Slika 71. Podmazivanje ustiju cilindra.



Slika 72. Podmazivanje klipnjače



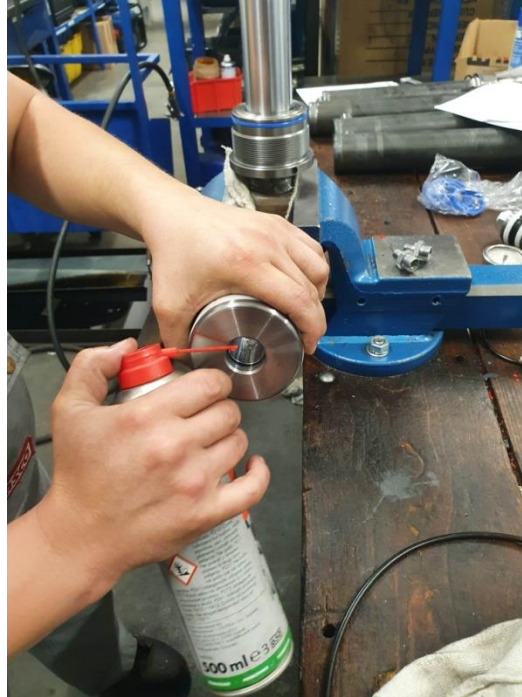
Slika 73. Sredstvo za podmazivanje.

Nakon podmazivanja slijedi montiranje usta cilindra na klipnjaču.



Slika 74. Montiranje usta cilindra.

Slijedi podmazivanje klipa i stavljanje istog na klipnjaču cilindra.



Slika 75. Podmazivanje klipa cilindra.



Slika 76. Montaža klipa na klipnjaču.

Fiksiranje klipa za klipnjaču cilindra vrši se maticom M27x2. Matica mora biti što je moguće jače pritegnuta da nema zračnosti između matice i klipa cilindra. Prije zavrtnja maticu je potrebno namazati visokokvalitetnim ljepljivom na osnovi metakrilatnih smola koje služi za zadržavanje i brtvljenje navojnih, cilindričnih i cijevnih sklopova.



Slika 77. Matica za stezanje klipa na klipnjaču.



Slika 78. Nanošenje ljepila na maticu.



Slika 79. Ljepilo plavo.



Slika 80. Sastavljanje matice na navoj klipnjače.



Slika 81. Stezanje matice okastim koljenastim ključem.



Slika 82. Sklop klipnjače.

Nakon što smo sklopili sve dijelove na klipnjaču cilindra, slijedi sklapanje klipnjače i cijevi cilindra.



Slika 83. Podmazivanje unutarnjeg navoja na cijevi cilindra.



Slika 84. Stavljanje klipnjače unutar cijevi cilindra.

Prije stezanja usta sa cijevi cilindra moramo nanjeti ljepilo da zabrtvimo navoj. Ljepilo je od istog proizvođača kao i ljepilo kojim smo lijepili maticu samo što je ovo nešto jače od prethodnog.



Slika 85. Nanošenje ljepila na navoj usta cilindra



Slika 86. Ljepilo crveno.

Nakon lijepljenja slijedi stezanje usta za cijev cilindra.

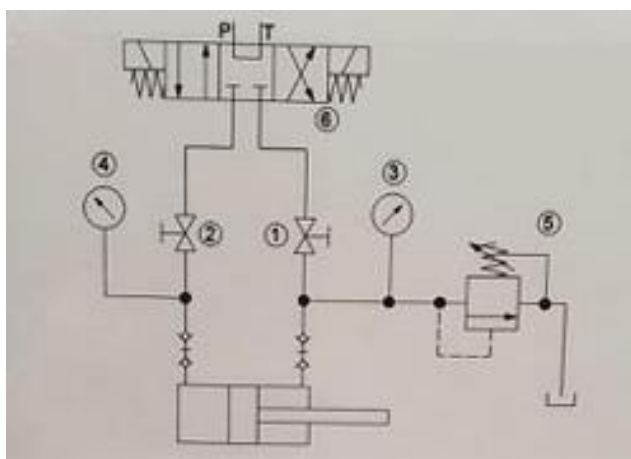


Slika 87. Stezanje usta cilindra.



Slika 88. Ključ za stezanje.

5.2. Ispitivanje hidrauličkog cilindra



Slika 89. Shema spajanja cilindra.

Postupak ispitivanja:

1. Učvrstiti cilindar i postaviti odgovarajuće priključke na cilindar
2. Kroz priključke ispuniti obje strane cilindra sa čistim hidrauličkim uljem
3. Spojiti kuglasti ventil (1) i (2), manometar (3) i (4) , sigurnosni ventil (5) i upravljački ventil (6) kako je prikazano na shemi.
4. Otvoriti kuglasti ventil (1) i (2) sa upravljačkim ventilom više puta uvući i izvući cilindar kako bi se uklonio preostali zrak s obje strane cilindra.
5. Na hidrauličkoj jedinici za ispitivanje i sigurnosnom ventilu (5) postaviti ispitni tlak, preko upravljačkog ventila (6) postaviti klipnjaču u sredinu i zatvoriti kuglasti ventil (2). Na manometru (3) provjeriti da li je podešen odgovarajući ispitni tlak. Na manometru (4) će se pojaviti manji tlak zbog razlike u površinama.
6. Zatvoriti kuglasti ventil (1) , upravljački ventil (6) postaviti u neutralni položaj. NAPOMENA: Hidraulička jedinica za ispitivanje mora imati vlastitu zaštitu od prevelikog pritiska
7. Zabilježite očitani tlak sa barometra (3) i (4) pratite promjene tijekom vremena kako bi vidjeli postoji li promjena tlaka. Promjena tlaka ukazuje na problem s brtvama ili cijevi cilindra



Slika 90. Hidraulični agregat.

Iz hidrauličnog agregata spajaju se priključci na priključnice cilindra M18x1,5 kroz koje dovodimo ulje pod tlakom u cilindar. Vršimo ekspanziju i kompresiju nekoliko puta za redom i pri tome gledamo da li negdje na cilindru dolazi do curenja ulja.



Slika 91. Priključnice spojene na cilindar.

Nakon toga zatvaramo ventil na priključnici na jednoj strani cilindra (u ovom slučaju strana kod glave cilindra).



Slika 92. Zatvoren ventil priključnice (1).

Pomoću hidrauličnog agregata namjestimo tlak na 235 bara i sačekamo 3 minute.



Slika 93. Manometar (1).

Tlak unutar 3 minute ne smije pasti na vrijednost veću od 15 bara. U našem slučaju tlak je pao na vrijednost od 229 bara što zadovoljava postavljeni uvjet. Nakon toga zatvaramo ventil na priključnici i otvaramo ventil na priključnici sa suprotne strane i ponovimo postupak.



Slika 94. Zatvoren ventil priključnice (2).

Postavljeni tlak iznosio je 230 bara.

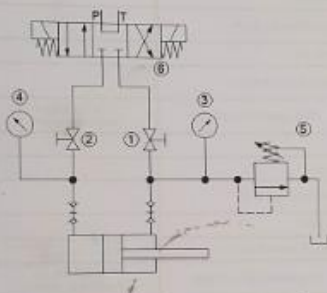


Slika 95. Manometar (2).

Očitani tlak nakon 3 minute iznosio je 224 bar što zadovoljava uvjet.

Check lista ispitivanja hidrauličkih cilindara

OPĆE INFORMACIJE			
Naziv sklopa:	Hidraulički cilindar n.ka 1	Šifra sklopa:	82954500
Radni nalog:	2007693	Opseg ispitivanja [%]:	4
Datum ispitivanja:		* Broj check liste:	500
*Broj check liste – upisati broj radnog naloga, odvoje – i navesti broj kontroliranih komada npr. (1-25).			



100 - 2500

Ime cilindra	252001	(Broj ugrevalni na cilindar)	*Ispitni tlak p1 (ispitivanje uljem)	****Ispitni tlak p2 (ispitivanje zrakom)
Ispitni tlak				
Tlak na manometru (3)			135	
Tlak na manometru (3) nakon 5 min			228	
Tlak na manometru (4)			230	
Tlak na manometru (4) nakon 5 min			224	

Slika 96. Check lista.

Nakon ispitivanja slijedi ispuštanje ulja iz cilindra i pranje cilindra.



Slika 97. Ispuštanje ulja iz cilindra.

Poslije odmašćivanja i pranja cilindra, cilindar se šalje u lakirnicu na bojanje.

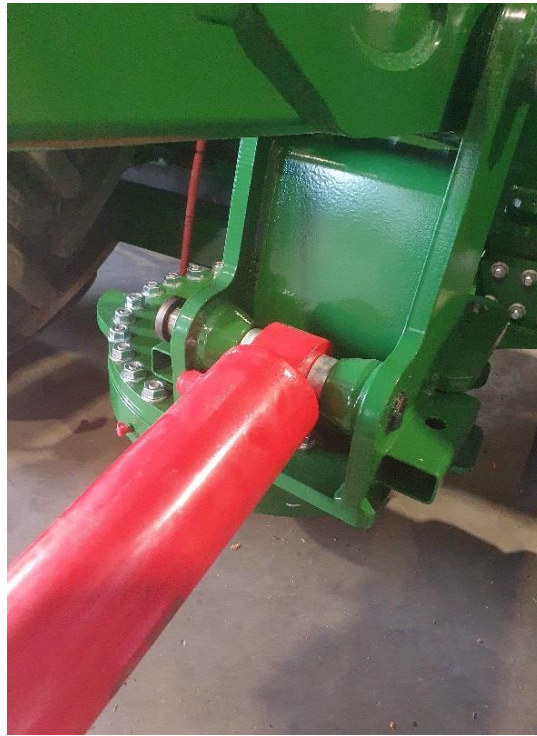


Slika 98. Ulaz u lakirnicu.

Nakon lakiranja dobili smo gotov proizvod koji je spreman za montažu na stroj.



Slika 99. Cilindar nakon bojanja.



Slika 100. Montaža cilindra na ruku kranske kosilice (1).



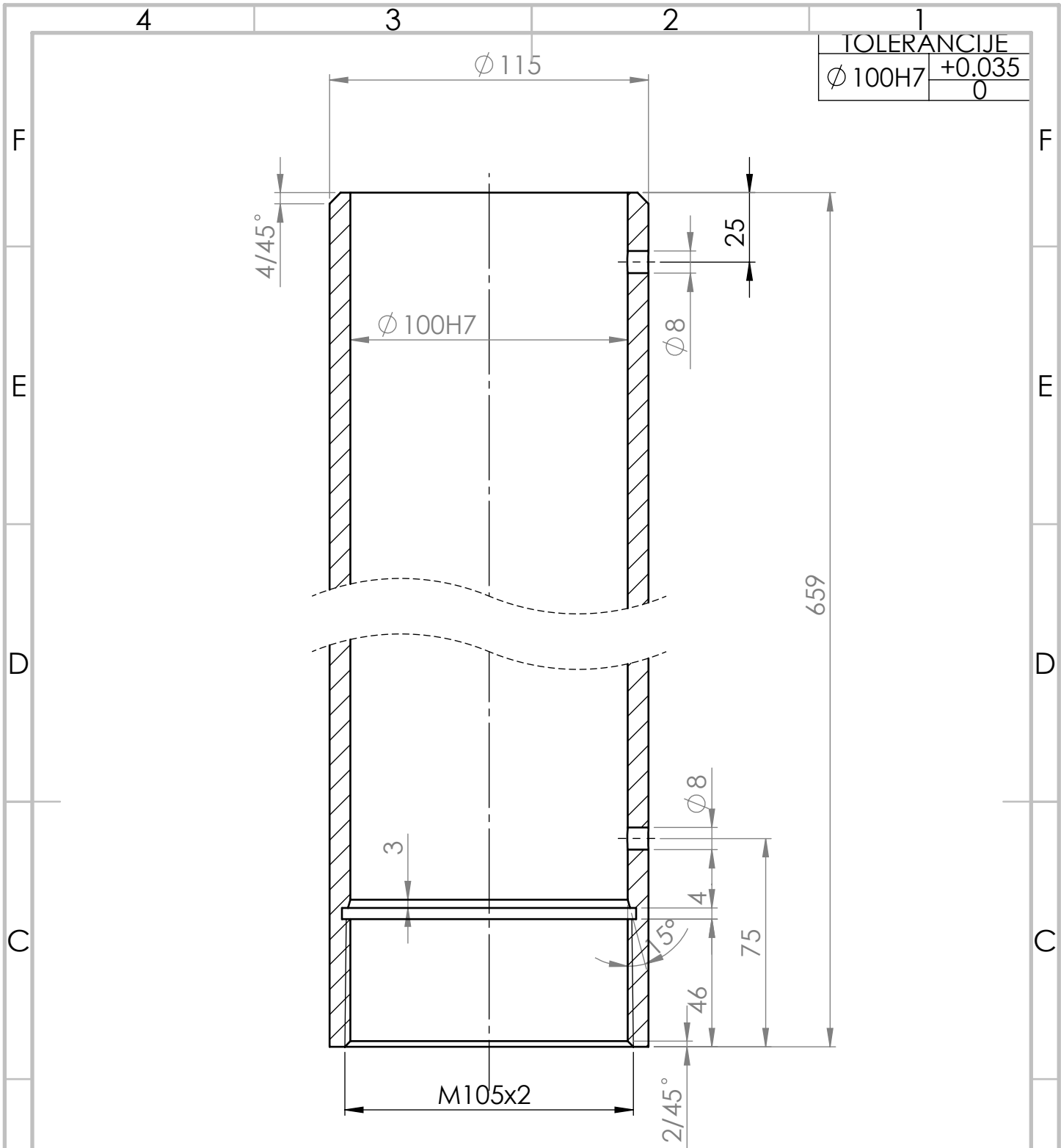
Slika 101. Montaža cilindra na ruku kranske kosilice (2).

6. ZAKLJUČAK

Cilj završnog rada bio je konstruiranje i modeliranje hidrauličkog cilindra kranske kosilice, raspisivanje tehnologije i izrada opisanog dijela. U našem slučaju efikasnije je izraditi cilindar od „nule“ zato što imamo kontrolu nad cijelim procesom izrade kranske kosilice, te je ovaj cilindar ujedno i namjenski cilindar zbog specifičnosti zadatka kojeg obavlja. Vrijeme izrade spomenutog cilindra traje tri dana. Ako bi naručivali cilindre od nekih drugih proizvođača to bi moglo potrajati duže zbog mogućih problema oko nabave, dobave i vremena isporuke istih. Na ovaj način točno znamo rok kad će stroj biti napravljen pa prema tome lakše možemo dogovoriti datum prodaje sa naručiteljem stroja. Nadalje, u radu je opisana kompletna tehnologija izrade hidrauličkog cilindra sa svim operacijama i dimenzijama. Obrada odvajanjem čestica vršena je na strojevima koji rade na principu računalnog numeričkog upravljanja. Postupak je opisan od nabave sirovog materijala do gotovog strojnog dijela spremnog za montažu na šasiju stroja. Danas su hidraulički cilindri u širokoj upotrebi, razvijaju se nove tehnologije izrade, izdržljiviji su i mogu podnijeti veće sile i opterećenja.

LITERATURA

- [1] https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/8b109d99-b37e-4aa4-821c-ab1d3c48e3d6/html/18635_Hidraulicki_tlak.html
- [2] https://etc.usf.edu/clipart/61400/61439/61439_hydraulic.htm
- [3] https://www.google.com/search?q=dijelovi+hidrauli%C4%8Dkog+cilindra&rlz=1C1CBBD_hrHR893HR893&sxsrf=ALeKk021UHKc6kb4nIx6Bz3oCn_U2PDp3Q:1592387802106&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjJ5afqyojqAhVixMQBHd5DBIIQ_AUoAXoECBAQAw&biw=1920&bih=888#imgrc=9JyD3zt2VI0ZuM
- [4] <http://www.zeushydratech.com/single-acting-cylinder-return-stroke-by-external-force/>
- [5] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Double_acting_cylinder_\(symbol,differential,ISO1219\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Double_acting_cylinder_(symbol,differential,ISO1219).svg)
- [6] <https://visina.hr/mst-hrvatska/>
- [7] <https://www.landwirt.com/hr/rabljeno,2351770,John-Deere-6125R-AutoQuad.html>
- [8] <https://www.njuskalo.hr/platforme/najam-dizalice-rad-visini-oglas-14300175>
- [9] Gojko Nikolić, Hidraulika i Pneumatika 2, Školska Knjiga, Zagreb, 2011,
- [10] <https://www.bestmetalproducts.com/a-brief-history-of-hydraulic-cylinders/>
- [11] Petrić J.: HIDRAULIKA I PNEUMATIKA, 1. DIO: Hidraulika, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 2012,



TOLERANCIJE	
Ø 100H7	+0.035 0

NAPOMENA: Provrtne Ø 8 na unutarnoj strani cijevi obavezno ukositi kuglastim bijakom za 1/45° da bi se izbjeglo oštećenje brtve na montaži

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Ivan Begović		16.7.2020
CHK'D	Ivan Begović		16.7.2020
APPV'D			
MFG			
Q.A			
		MATERIAL:	
		WEIGHT:	

TITLE:

CIJEV CILINDRA
Ø 100 / Ø 115

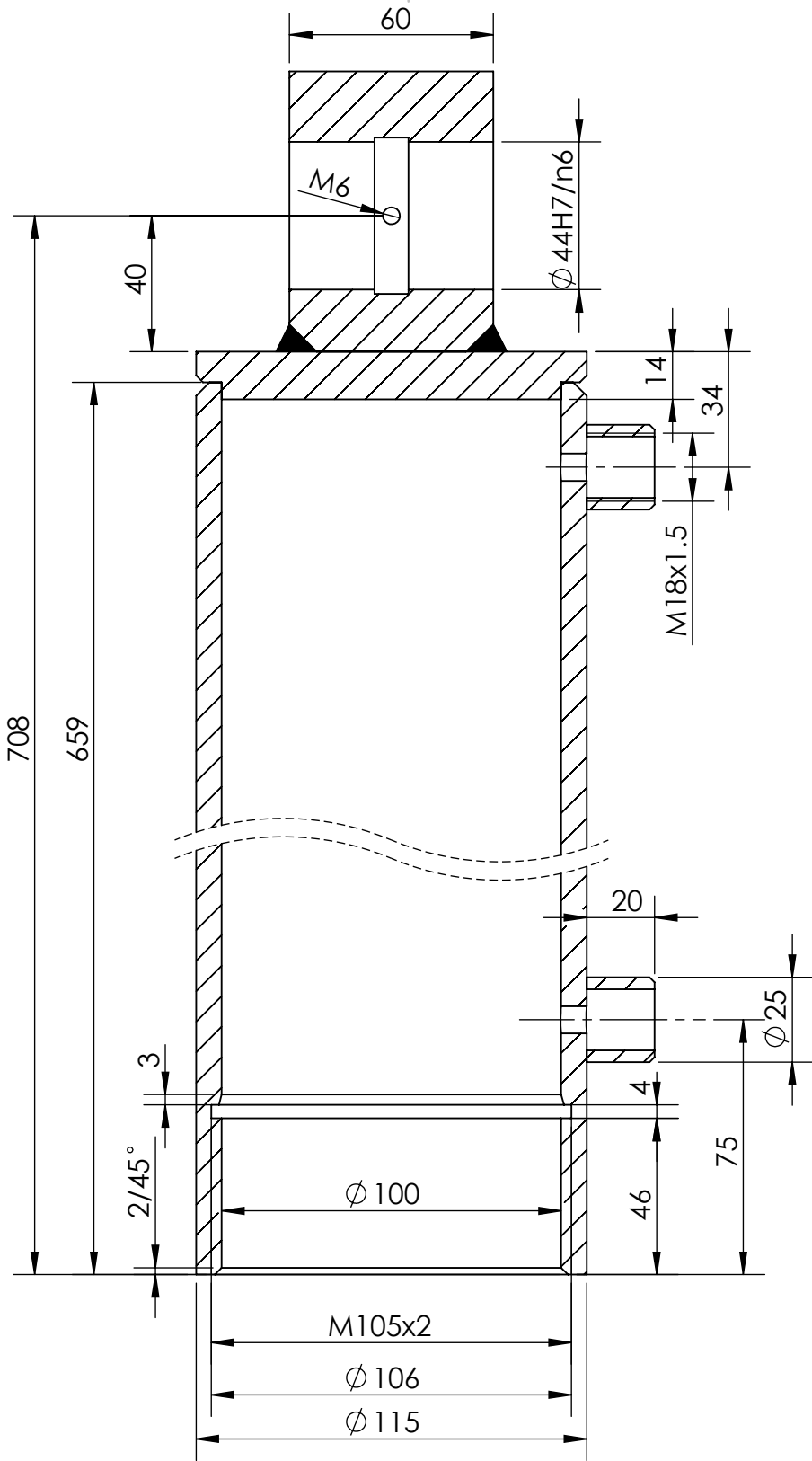
DWG NO.

83365101

A4

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Ivan Begovič		7.8.2020
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
	MATERIAL: Č0562		
	WEIGHT:		

TITLE:
**CIJEV CILINDRA 3
SKLOP**

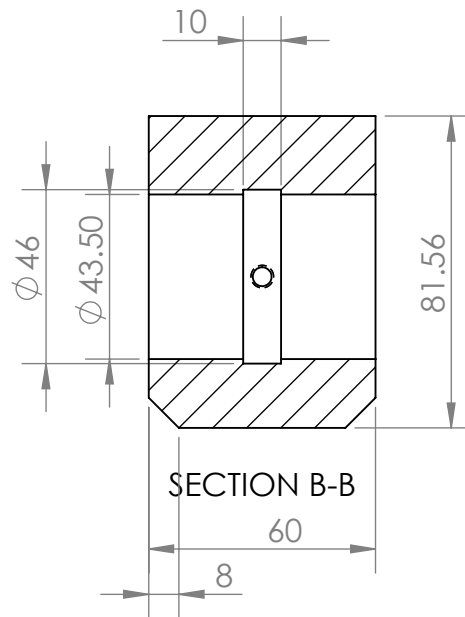
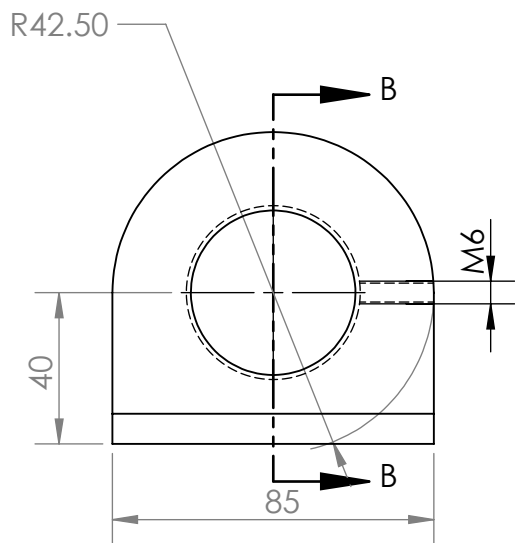
DWG NO.

83365100

A4

SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Ivan Begović		07.08.2020
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

GLAVA CILINDRA

MATERIAL:

Č 0562

DWG NO.

83365102

A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

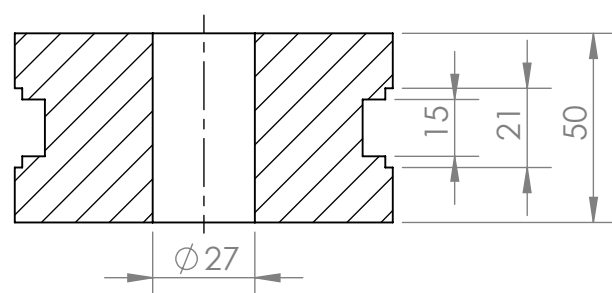
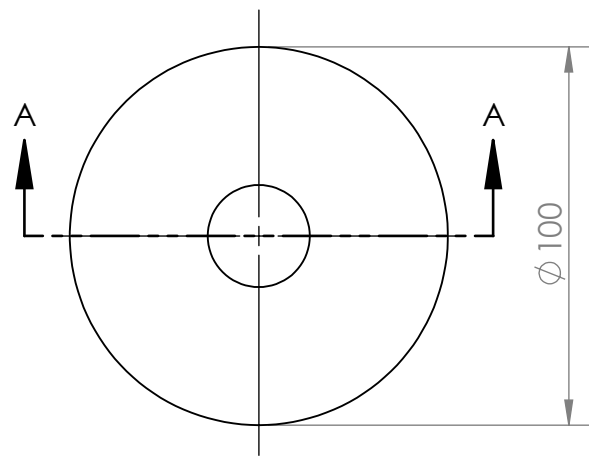
D

C

C

B

B



PRESJEK A-A

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Ivan Begović		07.08.2020
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: **KLIP CILINDRA**

MATERIAL: **Č0361**

DWG NO. **83365111**

SCALE: 1:2

WEIGHT:

SHEET 1 OF 1

A4

4 3 2 1

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

D

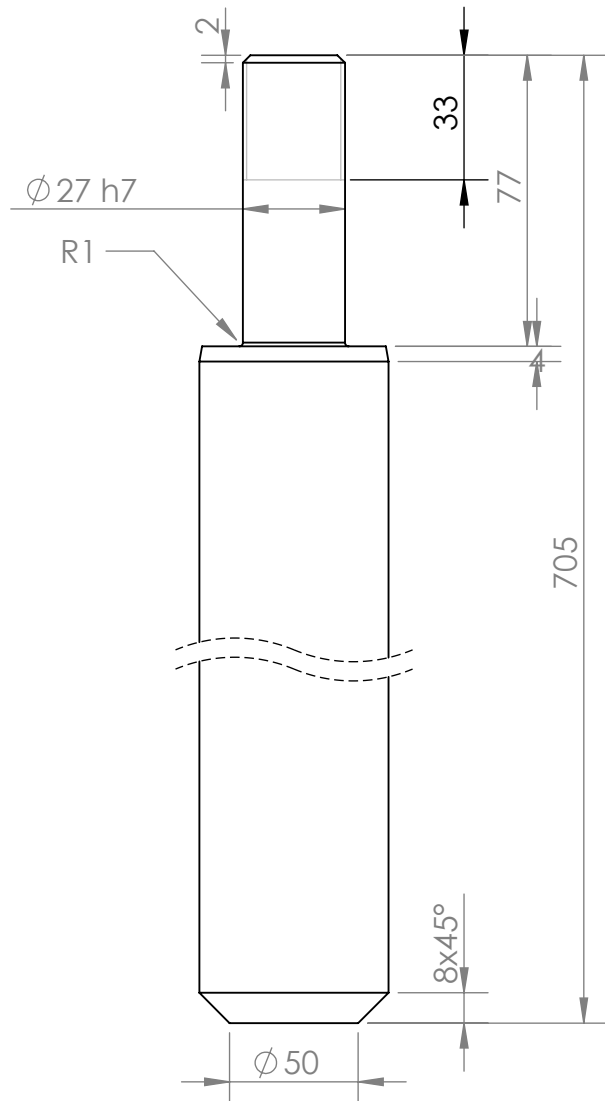
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Ivan Begović		07.08.2020
CHKD			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	KLIPNJAČA	
DWG NO.	83365201	A4
MATERIAL:	Sbk-15/100 Cr	
WEIGHT:		
SCALE: 1:8	SHEET 1 OF 1	

4 3 2 1

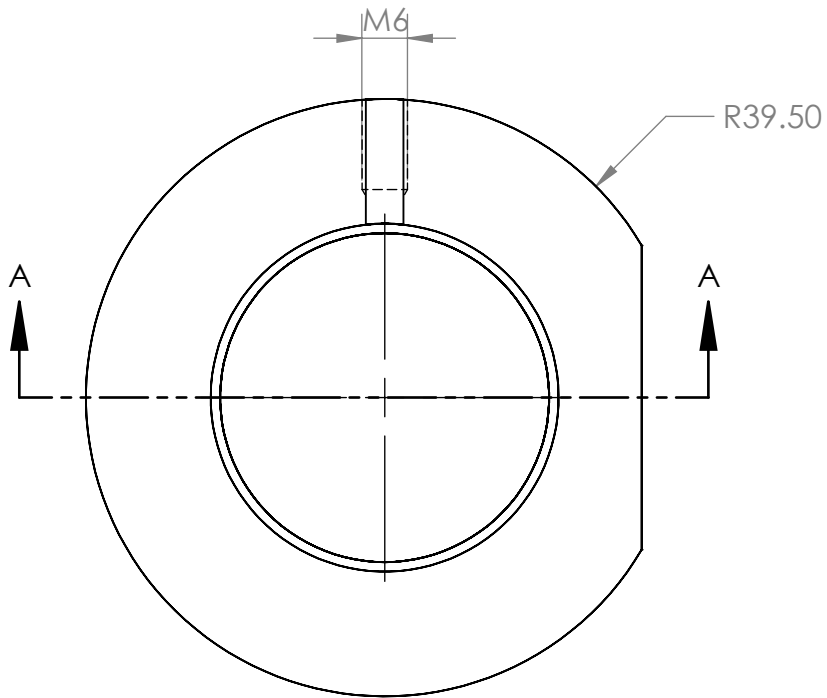
A

A

4 3 2 1

F

F

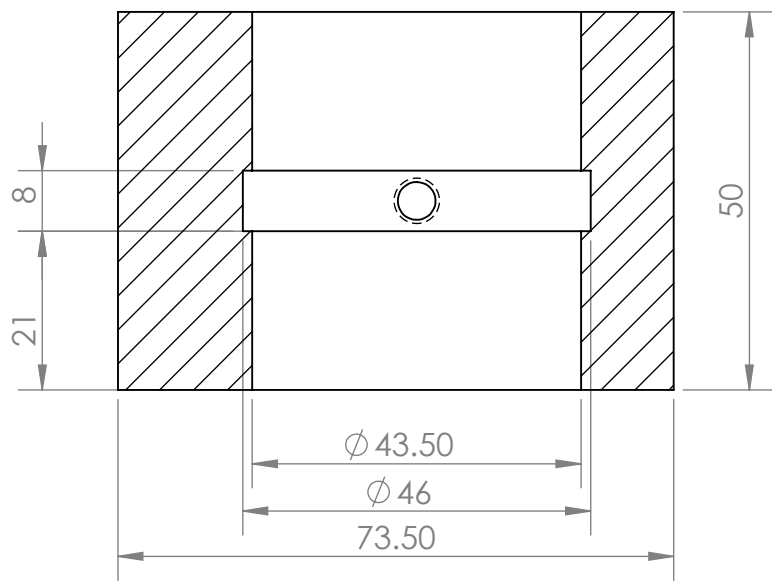


E

E

D

D



C

C

PRESJEK A-A

B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Ivan Begović		07.08.2020
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: **OKO KLIPNJAČE**

MATERIAL: **Č 0562**

DWG NO. **82436403**

SCALE: 1:2

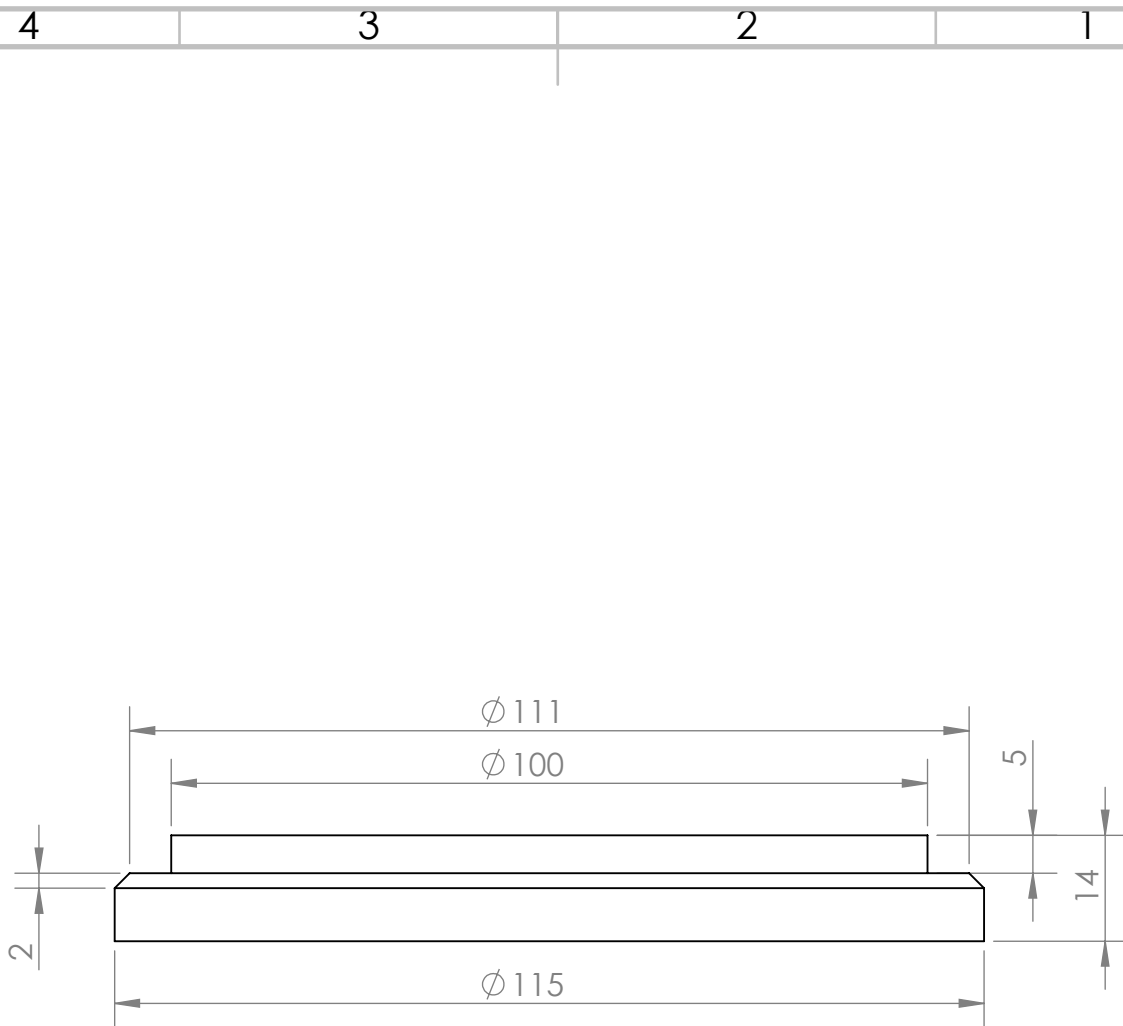
SHEET 1 OF 1

A4

A

A

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Ivan Begović		07.08.2020
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

**POKLOPAC
 CILINDRA**

MATERIAL:

Č 0562

DWG NO.

83365103

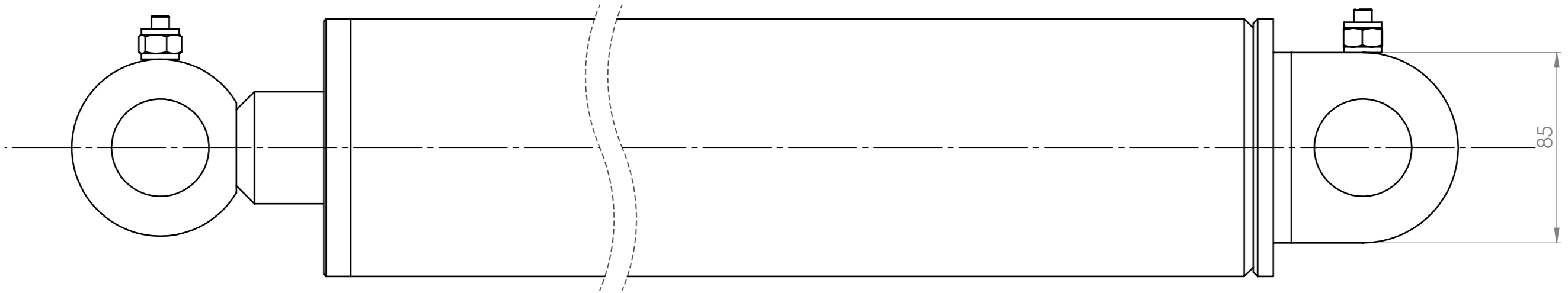
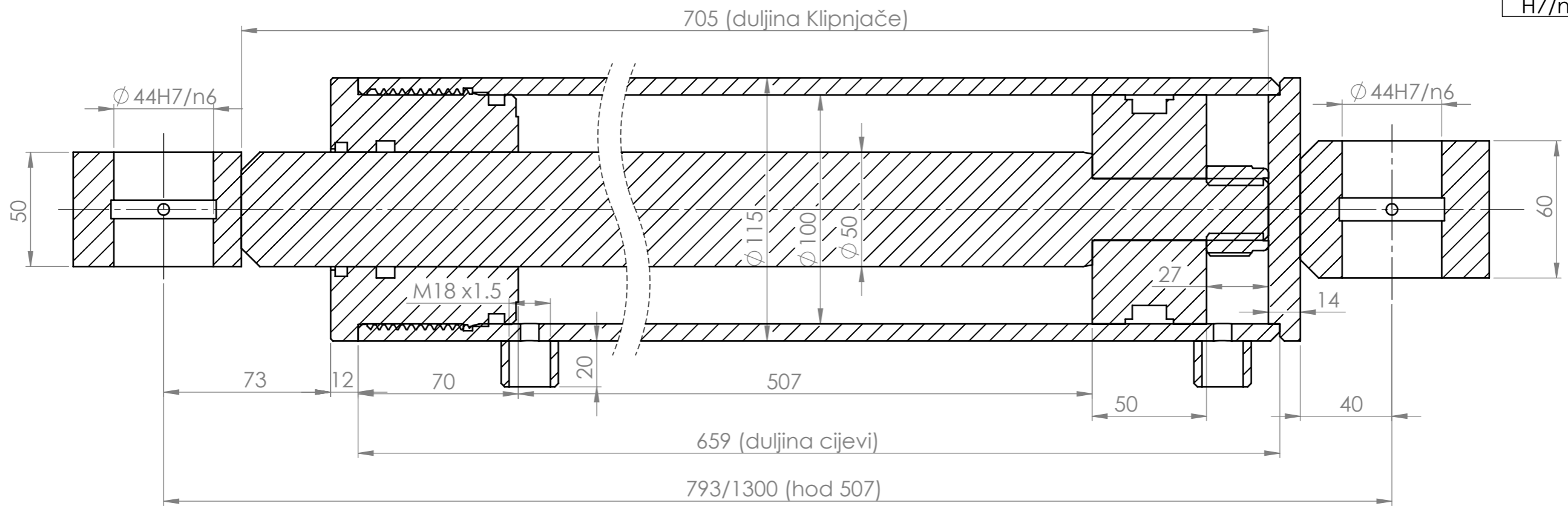
A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

TOLERANCIJE	
∅ 44	+0.025
H7/n6	+0.017



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN	Ivan Begović		16.7.2020				TITLE: HIDRAULIČKI CILINDAR ∅ 100/ ∅ 50				
CHK'D	Ivan Begović		16.7.2020				DWG NO. 83365000				
APPV'D							SCALE:1:10				
MFG							SHEET 1 OF 1				
Q.A							A3				
WEIGHT:			MATERIAL:			SHEET 1 OF 1					