Nosač alata CNC glodalice

Špoljarec, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:483054

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ivan Špoljarec

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:
doc. dr. sc. Matija Hoić

Student:
Ivan Špoljarec

Zagreb, 2019.

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

Zahvaljujem se svom mentoru doc.dr.sc. Matiji Hoiću, na svoj pomoći i svim savjetima koje mi je dao.

Zahvaljujem se dr.sc. Mihi Klaiću, na neophodnoj literaturi koju mi je dao.

Zahvaljujem se obitelji i prijateljima na svemu što su mi pružili kako bih pravovremeno mogao završiti ovaj rad.

Najviše se zahvaljujem tati bez kojeg ništa od ovog ne bi bilo moguće.

Ivan Špoljarec

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:

procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Ivan Špoljarec Mat. br.: 0035203967

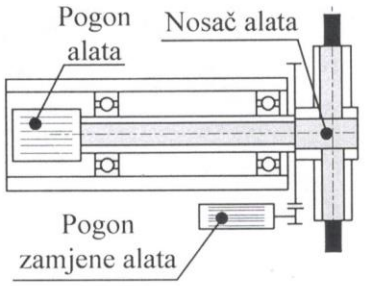
Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Nosač alata CNC glodalice**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Tool Carrier of a CNC Milling Machine**

Opis zadatka:

CNC glodalica za obradu aluminijskih profila treba obrađivati aluminijske profile primjenom različitih alata. Kako bi se izbjegla potreba za zamjenom glava glodalice, potrebno je konstruirati nosač alata sa sljedećim karakteristikama:

- Broj alata za prihvat: 8
- Obrađivani materijal: aluminijske legure AlMgSi0,5 i sl.



Rad treba sadržavati:

1. Uvodno razmatranje o obradnim centrima.
2. Analizu radnih principa postojećih konstrukcijskih rješenja.
3. Nekoliko koncepcijskih rješenja.
4. Izbor optimalne varijante za zadane projektne zahtjeve.
5. Proračun mehanizma za pogon alata, zamjenu alata, pomak po visini i po širini obradka.
6. Proračun nosive konstrukcije i izbor standardnih komponenti.
7. Sklopne crteže s potrebnim presjecima i detaljima.

Proračun pisati pregledno s pripadajućim skicama.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

29. studenog 2018.

Rok predaje rada:

1. rok: 22. veljače 2019.

2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2019.

3. rok: 20. rujna 2019.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 25.2. - 1.3. 2019.

2. rok (izvanredni): 2.7. 2019.

3. rok: 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Matija Hoić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

Sadržaj

Sadržaj I
Popis slika III
Popis tablica IV
Popis tehničke dokumentacije V
Popis oznaka VI
Grčka slova VII
Sažetak IX
Summary X
1. Uvodno razmatranje o CNC obradnim centrima 1
1.1. Kratki pregled povijesti razvoja CNC strojeva 1
1.2. Numeričko upravljanje 3
2. Analiza radnih principa postojećih konstrukcijskih rješenja 4
2.1. Način izmjene alata 4
2.2. Pogon i prigon 5
2.3. Izvršavanje posmaka 7
3. Nekoliko koncepcijskih rješenja 8
3.1. Revolver 8
3.2. Kružni magazin 9
3.3. Lančani magazin 10
4. Izbor optimalne varijante 11
5. Proračun pogona alata 12
5.1. Obrada odvajanjem čestica 12
5.1.1. Bušenje 12
5.1.2. Glodanje 14
5.1.3. Odabir EM-a za pogon alata 17
5.2. Proračun zupčastog remena 17
5.3. Proračun vratila 21
5.3.1. Vratilo 1 21
5.3.2. Odabir servo spojke 24
5.3.3. Vratilo 2 24
6. Proračun pogona zamjene alata 27
6.1. Odabir motora za pogon zamjene alata 27
6.2. Određivanje dimenzija pužnog prijenosa 29

6.3. Odabir planetarnog prijenosnika i servo spojke 31
7. Proračun vijaka 32
7.1. Vijci na spoju sklopa nosača i sklopa glave 32
7.2. Vijci na spoju sklopa glave i vanjskog nosača 33
7.3. Vijci na spoju zadnje ploče i vanjskog nosača 34
7.4. Proračun vijaka na stražnjoj ploči 35
8. Odabir pogona za pomak po y i z osi 36
9. Kratki opis nekih konstrukcijskih rješenja 38
9.1. Pozicioniranje vratila 2 i spindlea 38
9.2. Stezanje alata 39
9.3. Prekidač 40
10. ..... Zaključak 41
LITERATURA 42
PRILOZI 43

Popis slika

Slika 1. Suvremeni CNC obradni centar 1
Slika 2. Bušena traka 1
Slika 3. Prva CNC glodalica 2
Slika 4. Mikroprocesori 2
Slika 5. Proces numeričkog upravljanja 3
Slika 6. Stari i novi upravljač CNC stroja 3
Slika 7. Suvremeni držač alata za ručnu izmjenu 4
Slika 8. Nosač alata s automatskom izmjenom 5
Slika 9. Glavna i pomoćna gibanja određenih procesa 5
Slika 10. Motorvreteno 6
Slika 11. AC servo motor 6
Slika 12. Petoosna glodalica 7
Slika 13. Shema revolverskog nosača alata 8
Slika 14. Suvremeni revolverski nosač alata 8
Slika 15. Kružni magazin i CNC stroj 9
Slika 16. Ručica za izmjenu alata 9
Slika 17. Lančani magazin 10
Slika 18. Postojeći revolver 11
Slika 19. Geometrijske oznake pri bušenju 12
Slika 20. Geometrijski parametri kod glodanja 14
Slika 21. Profil zupčastog remena 17
Slika 22. Dopušteni tlak bokova za zupčasto remenje [EK2] 19
Slika 23. Vratilo 1 21
Slika 24. Vratilo 2 24
Slika 25. Kritični presjek 2 vratila 2 26
Slika 26. Sklop koji stvara tromost 28
Slika 27. Funkcija Measure inertia 29
Slika 28. Opterećenje nosača 32
Slika 29. Opterećenje nosača 33
Slika 30. Opterećenje vanjskog nosača 34
Slika 31. Opterećenje vanjskog nosača 35
Slika 32. Kuglično vreteno 37
Slika 33. Spoj vratila 2 i spindlea 38
Slika 34. Izdanci na stranama nosača 38
Slika 35. Prihvat alata 39
Slika 36. Collet ER 32 39
Slika 37. Prekidač i izdanak 40
Slika 38. Nosač alata CNC glodalice 41

Popis tablica

Tablica 1. Specifične jedinične sile rezanja 13
Tablica 2. Dimenzije profila zupčastog remena 18
Tablica 3. Faktor opterećenja *c* za zupčasto remenje 20

Popis tehničke dokumentacije

- 100-100-0 – Nosač alata CNC glodalice
- 100-100-1 – Sklop glave
- 100-101-1 – Sklop alata
- 100-100-2 – Sklop alatnog motora
- 100-100-3 – Sklop nosača

Popis oznaka

Aj	površina jezgre, mm^2
A_{min}	minimalna potrebna površina jezgre, mm^2
a	osni razmak, mm
a_f	ubrzanje masa nosač alata, m/s^2
a_p	dubina rezanja, mm
b	širina, mm
b_1	faktor veličine strojnog dijela
b_2	faktor kvalitete obrade površine
c	faktor opterećenja zupčastog remena
c_1	tjemena zračnost na pužu, mm
c_2	tjemena zračnost na pužnom kolu, mm
D_a	promjer svrdla, mm
D_g	promjer glodala, mm
d	promjer, mm
d_{a1}	tjemeni promjer puža, mm
d_{a2}	tjemeni promjer pužnog kola, mm
d_{f1}	podnožni promjer puža, mm
d_{f2}	podnožni promjer pužnog kola, mm
d_{m1}	srednji promjer puža, mm
d_v	vanjski promjer remenice, mm
d_{vr}	promjer vretena, mm
F_b	rezna sila kod bušenja, N
F_g	rezna sila kod glodanja, N
F_H	horizontalne sile, N
F_o	obodna sila, N
F_R	rezultantna sila, N
F_{RA}	rezultantna sila u osloncu A, N
F_{RB}	rezultantna sila u osloncu B, N
F_V	sila u vijku, N
F_y	sila potrebna za pogon u y-smjeru, N
F_z	sila potrebna za pogon u z-smjeru, N
f	posmak po okretaju, mm
f_z	posmak po zubu glodala, mm
g	gravitacijsko ubrzanje, m/s^2
h	visina, mm
h_a	udaljenost od srednje kružnice puža do tjemene kružnice, mm
h_m	srednja debljina odrezane čestice, mm
i	prijenosni omjer
i_p	prijenosni omjer puža
$i_{pl,točno}$	točan prijenosni omjer koji bi trebao biti između puža i motora
J	dinamički moment tromosti, kgm^2
K_i	faktor istrošenosti alata
k_{c1}	specifična jedinična sila rezanja, N/mm^2
L_w	računska duljina remena, mm
M_A	moment u točki A, Nmm

M_f	moment savijanja, Nmm
M_{red}	reducirani moment, Nmm
m	modul, mm
m_c	eksponent korekcije debljine odrezane čestice
m_g	masa sklopa glave, kg
m_n	masa sklopa nosača, kg
m_{skl}	masa sklopa bez stražnje ploče, kg
m_{uk}	ukupna masa stroja, kg
n_a	brzina vrtnje alata, s^{-1}
$n_{EM,kor}$	korigirana brzina vrtnje elektromotora, s^{-1}
n_g	brzina vrtnje glave, s^{-1}
n_p	brzina vrtnje puža, s^{-1}
P	snaga, W
P_b	snaga bušenja, W
P_{EM}	snaga elektromotora, W (kW)
P_g	snaga glodanja, W
P_h	uspon kugličnog vretena, mm
P_y	snaga potrebna za gibanje u smjeru osi y, W
P_z	snaga potrebna za gibanje u smjeru osi z, W
P_{zam}	snaga potrebna za zamjenu alata, W
p_{dop}	dopušteni tlak bokova zupčastog remena, N/mm^2
S_{post}	postojeća sigurnost
S_{potr}	potrebna sigurnost
T	okretni moment Nmm
t_f	vrijeme ubrzanja do posmične brzine, s
t_u	vrijeme ubrzanja do brzine izmjene alata, s
v_c	brzina rezanja, m/s
v_f	brzina posmika, m/s
v_{rem}	brzina remena, m/s
W	moment otpora, mm^3
W_t	torzijski moment otpora, mm^3
x^*	faktor tipa bušenja, mm
z	broj zubi
z_F	faktor oblika puža
z_r	broj zubi remena
z_z	broj zubi u zahvatu

Grčka slova

α_0	faktor čvrstoće materijala
β_{kf}	efektivni faktor zareznog djelovanja kod savijanja
β_{kt}	efektivni faktor zareznog djelovanja kod uvijanja
δ_p	dodatak zbog poligonaliteta kod zupčastih remena
ε_r	obuhvatni kut, °
ε_g	kutno ubrzanje glave, s^{-2}
η	korisnost
η_L	korisnost kugličnih ležajeva
κ_r	prisloni kut, °
σ_{dop}	dopušteno naprezanje, N/mm^2

σ_{fDN}	trajna dinamička izdržljivost za naizmjenično naprezanje pri savijanju, N/mm^2
σ_m	vlačna čvrstoća, N/mm^2
σ_{red}	reducirano naprezanje N/mm^2
τ	tangencijalno naprezanje uzrokovano uvijanjem, N/mm^2
τ_{tDI}	trajna dinamička izdržljivost za istosmjerno naprezanje pri uvijanju, N/mm^2
φ	faktor udara
ω_g	kutna brzina vrtnje glave, s^{-1}

Sažetak

U ovome radu ukratko je opisana povijest i razvoj CNC obradnih centara, objašnjeno je numeričko upravljanje te su detaljno opisani načini izmjene alata. Razmotreno je par različitih koncepata te je izabrano optimalno rješenje. Zatim je napravljen proračun radi provjere sigurnosti jer su svi dijelovi namjerno predimenzionirani kako bi se osiguralo upijanje vibracija, a time omogućila visoka preciznost obrade. Prvo je proračunat sklop za glavno gibanje, odnosno pogon alata. Proračunate su sile i snage rezanja, provjerena su vratila na sigurnost te je dimenzioniran zupčasti remen i remenice. Zatim se proračunavao sklop za izmjenu alata. Preko dinamičkih momenata tromosti dobila se potrebna snaga za izmjenu alata, a zatim se dimenzionirao pužni prijenosnik. Nadalje, proračunati su svi nosivi vijčani spojevi te je ukratko objašnjeno rješenje izvedbe pomaka u x,y i z smjeru. Paralelno uz proračun rađen je i model konstrukcije u programskom paketu CATIA. Nakon modeliranja izrađena je i tehnička dokumentacija glavnih sklopova koja je dana u prilogu. Na kraju ovog rada je spomenuto i nekoliko konstrukcijskih rješenja kojima su se riješili problemi pozicioniranja.

Ključne riječi: CNC obradni centar, CNC stroj, automatska izmjena alata, nosač alata, CNC glodalica, CNC

Summary

This thesis briefly describes the history and development of CNC machines, it explains numerical control and gives an in-depth description of tool changers. A couple of concepts are taken into consideration and an optimal version is chosen. Afterwards, a calculation is made in the purpose of verifying the safety factor because all of the machine parts are intentionally over-dimensioned so that they could absorb vibrations and with that, enable high-accuracy machining. First calculations were made on the main motion assembly, which actually drives the tool. The forces and powers of cutting were calculated, shafts were checked for their safety factor and then the toothed belt was dimensioned. After that, the assembly for tool changing was calculated. By determining the dynamic moment of inertia, it was possible to calculate the necessary power for tool changing, and after that a worm gear reducer was dimensioned. Afterwards, all the screw joints that carry loads were calculated and a solution for the motion in x,y and z axes was briefly explained. Simultaneously to the calculation, a model was being designed in the program package CATIA. After designing the model, technical documentation of the main assemblies was made, which is attached to this paper. At the end of this paper a few design solutions, which solved the problem of positioning, were mentioned and explained.

Key words: CNC machining centers, CNC machine, automatic tool changer, tool carrier, CNC mill, CNC

1. Uvodno razmatranje o CNC obradnim centrima

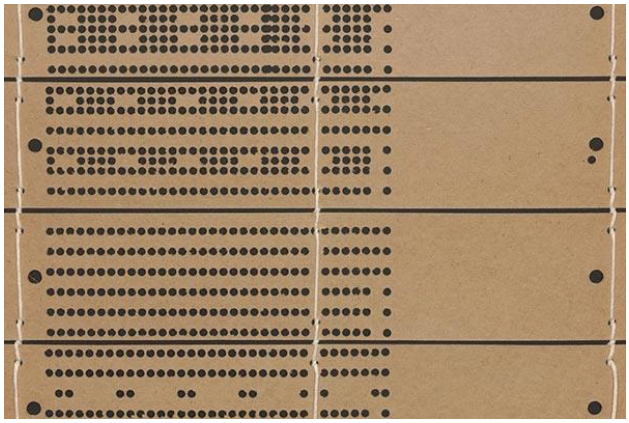
U uvodu ovog završnog rada obradit će se povijest, razvoj te način upravljanja CNC obradnih centara. CNC (Computer Numerical Control) strojevi su računalom podržani numerički upravljani strojevi. Numerički se mogu upravljati alatni strojevi, kao i roboti za rezanje, zavarivanje i bojanje. CNC obradni centri u osnovi su CNC alatni strojevi, ali, uz strojnu obradu, imaju mogućnost automatske izmjene alata, pribora i obradaka. Kod CNC obradnih centara obrada složenih geometrijskih oblika obavlja se u jednom stezanju različitim operacijama: tokarenjem, glodanje, bušenjem, upuštanjem, razvrtavanjem, urezivanjem i narezivanjem navoja kao i brušenjem. CNC strojevi su radi svoje preciznosti i brzine obrade neizbježni u suvremenim automatiziranim, ali i neautomatiziranim proizvodnim pogonima.



Slika 1. Suvremeni CNC obradni centar

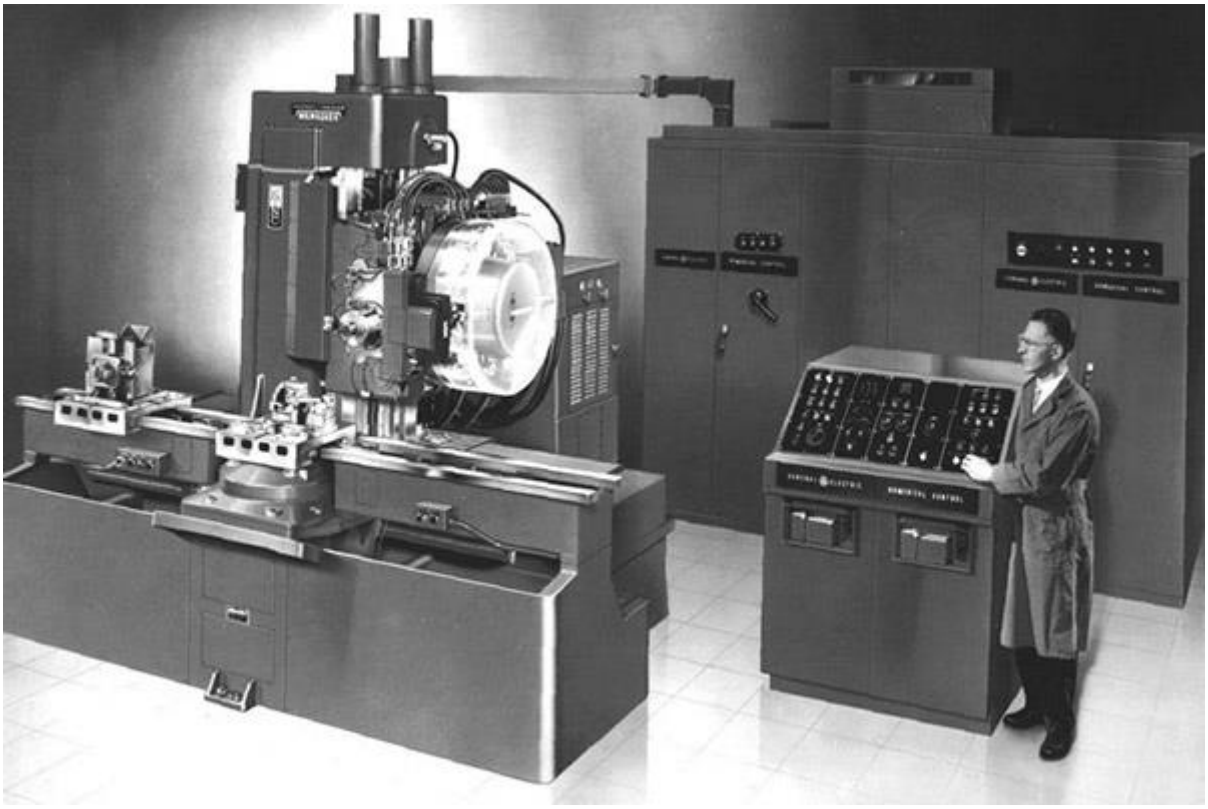
1.1. Kratki pregled povijesti razvoja CNC strojeva

Osnove numeričkog upravljanja kod strojne obrade postavio je 1947. godine John Parsons. Uporabom bušene trake upravljao je pozicijom alata pri izradi helikopterskih elisa.



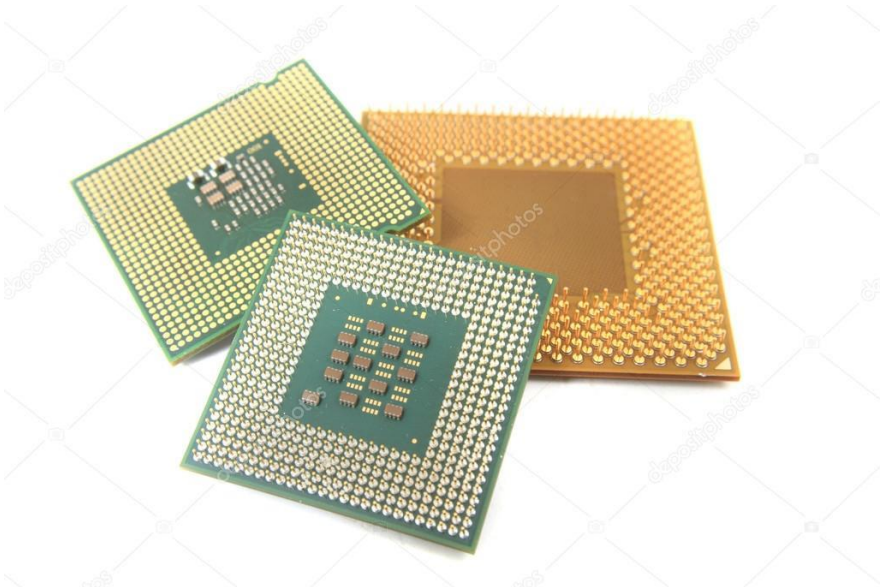
Slika 2. Bušena traka

Američka vojska je 1949. sklopila ugovor sa sveučilištem MIT (Massachusetts Institute of Technology) za razvoj programibilne glodalice. Godine 1952. predstavili su prvu troosnu glodalicu sa numeričkim upravljanjem i elektromehaničkim pogonom.



Slika 3. Prva CNC glodalica

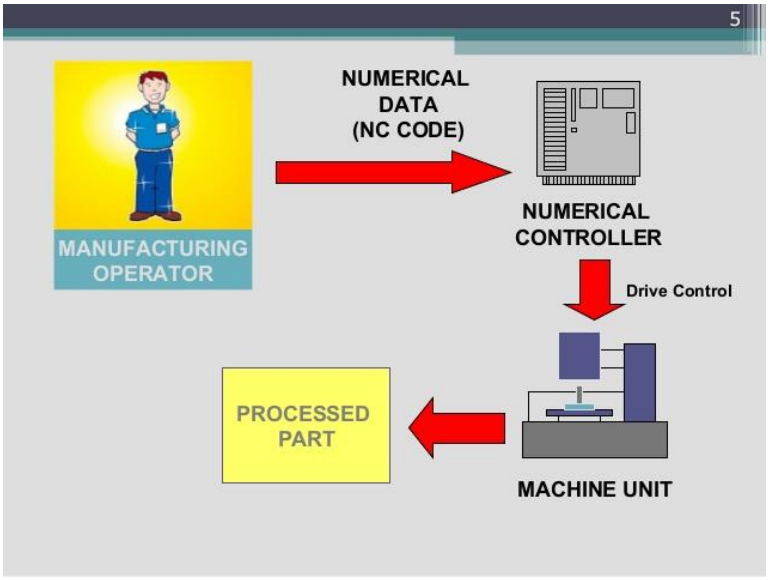
Daljnjim razvojem računalne tehnike, odnosno pojavom i primjenom mikroprocesora, omogućava se numeričko upravljanje strojeva pomoću računala. Mikroprocesor, ugrađen u upravljačku jedinicu, omogućuje veliku preciznost pri strojnoj obradi kompleksnih oblika.



Slika 4. Mikroprocesori

1.2. Numeričko upravljanje

Alatni stroj sa numeričkim upravljanjem koristi numeričke podatke za direktno upravljanje kretanja pojedinih dijelova stroja. Numerički podatci se procesiraju u upravljačkoj jedinici za obradu, (NC upravljačkog sustava), i zatim se prosljeđuju pogonima alatnog stroja za izvršenje programiranog kretanja. Za proizvodnju jednog određenog strojnog dijela potrebno je nekoliko vrsta podataka, kao što su geometrijski, tehnološki, podaci reznog alata, itd. Izvor svih informacija je tehnički crtež, napravljen u konstrukcijskom odjelu. Obrada tih podataka se izvodi ručno za konvencionalne alatne strojeve i automatski za numerički upravljane alatne strojeve.



Slika 5. Proces numeričkog upravljanja

Na slici 6. prikazani su starije i novije upravljačke jedinice CNC strojeva. Iz slike se može zaključiti da se način programiranja CNC strojeva nije puno promijenio, no na novijim strojevima omogućeno je offline programiranje. Offline programiranje je postupak kada se izrada programa za obradu ne odvija na samom stroju nego na nekom drugom mjestu. Time se povećava produktivnost samog stroja jer stroj može izvršavati jedan program, dok se novi piše, što nije moguće kod online programiranja, odnosno programiranja na upravljačkoj jedinici samog stroja.



Slika 6. Stari i novi upravljač CNC stroja

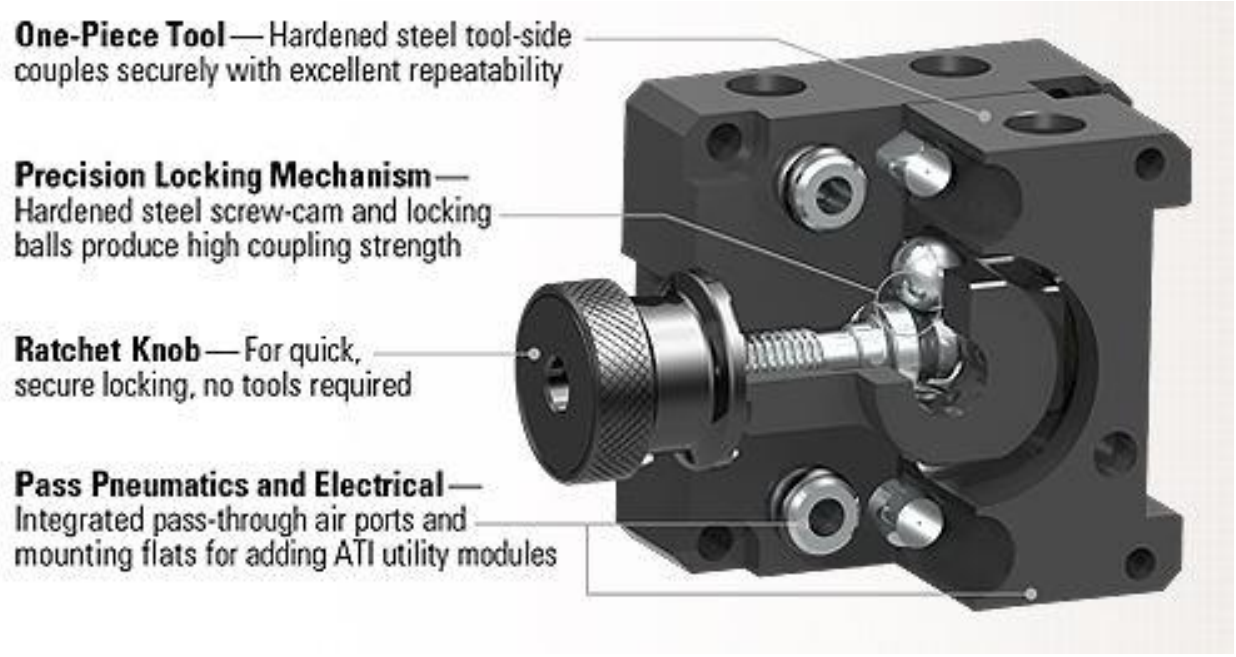
2. Analiza radnih principa postojećih konstrukcijskih rješenja

Tema ovog rada je Nosač alata CNC glodalice. S obzirom na visoki nivo automatizacije u CNC strojevima, potrebno je automatizirati sam nosač alata kako bi se osigurala visoka preciznost i brzina obrade samog obradnog centra.

2.1. Način izmjene alata

Alat se zapravo uvijek izmjenjuje ručno. Svaki stroj ima držače alata koji funkcioniraju na principima osiguranja oblikom i/ili trenjem. No, moguće je na jednom stroju povećati broj držača alata i automatizirati izmjenu po potrebi.

Ako je stroj namijenjen za mali broj obradnih operacija koje se rijetko izmjenjuju, nije potrebna automatska izmjena alata. Također, ako je potrebna jednostavnija izvedba, bolje je izbjeći automatsku izmjenu alata. Ručna izmjena koristi se najviše na strojevima koji su namijenjeni oblikovanju deformiranjem, gdje je jednim alatom moguće postići puno radnih operacija i oblika kao što su npr. savijačice. Također, često se koriste na robotskim rukama radi jednostavnosti i rijetke izmjene radnih operacija. Na slici 7. prikazan je suvremeni držač alata koji se koristi na robotskim rukama.



Slika 7. Suvremeni držač alata za ručnu izmjenu

Radi stalne potrebe za povećanjem produktivnosti, razvijeni su nosači alata sa automatskom izmjenom. Time je omogućeno korištenje više tipova obradnih postupaka i alata pri samo jednom upinjanju, što uvelike povećava brzinu i preciznost obrade, kao i fleksibilnost i primjenjivost samog stroja. Razvojem nosača alata sa automatskom izmjenom, počeli su se proizvoditi strojevi koji imaju jako širok spektar obradnih postupaka. Takvi strojevi nazivaju se CNC obradni centri.



Slika 8. Nosač alata s automatskom izmjenom

2.2. Pogon i prigon

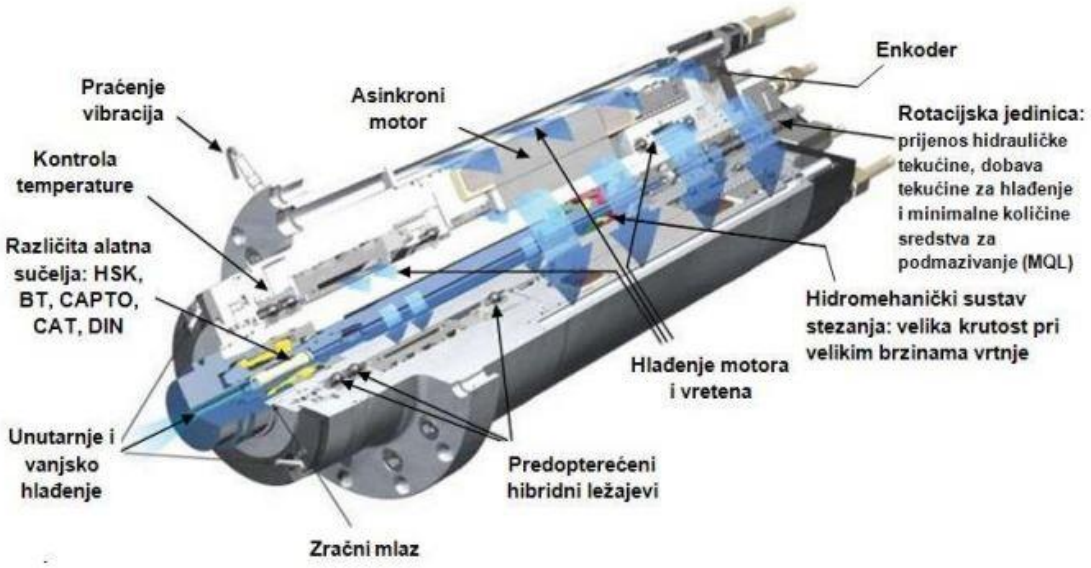
Postoji puno različitih kombinacija pogona i prigona u CNC strojevima. Općenito, pogonski se sustavi u alatnim strojevima dijele na sustave za glavno i pomoćno gibanje, a prema izvedbi mogu biti direktni i indirektni pogoni.

Sustavi za glavno gibanje stroja omogućuju proces obrade odvajanjem čestica. Sustavi za pomoćno gibanje osiguravaju posmak stroja kako bi se omogućila kontinuiranost procesa obrade odvajanjem čestica. Bitno je naglasiti da postoje izvedbe CNC strojeva u kojima nosač alata sudjeluje i u glavnom i pomoćnom gibanju.



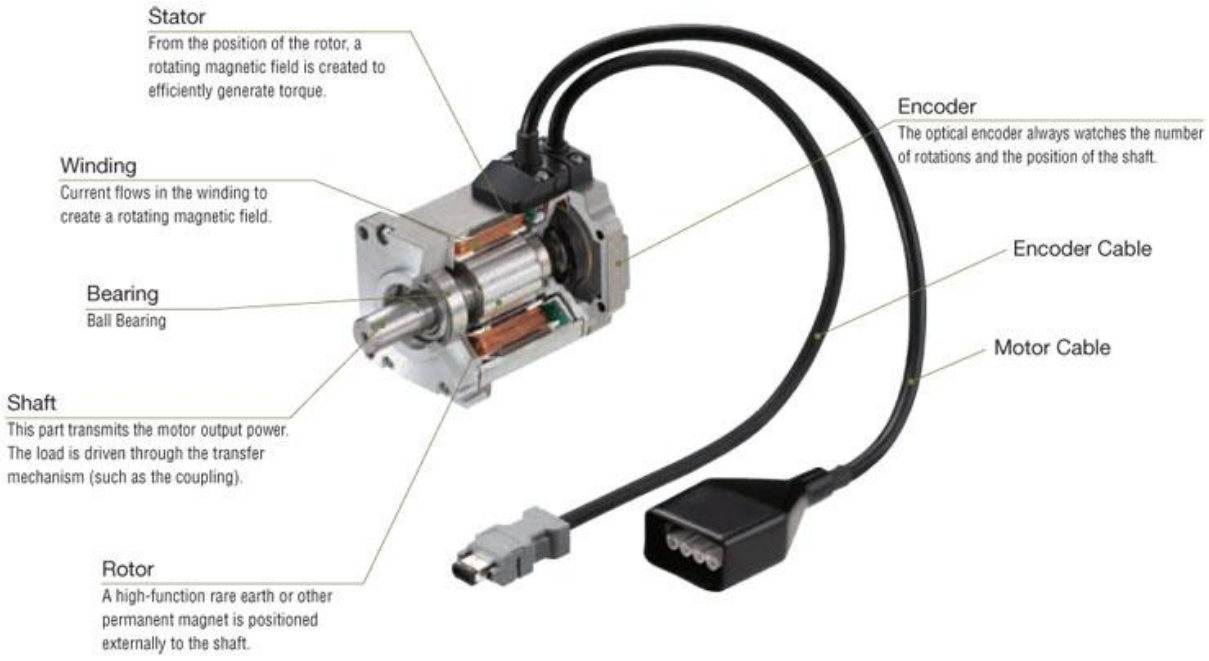
Slika 9. Glavna i pomoćna gibanja određenih procesa

Indirektni pogon sastoji se od motora s kućištem koji je spojen s glavnim vretenom preko jednostupanjkog ili višestupanjskog (zupčanog i/ili remenskog) prijenosnika. Direktni pogon izvodi se uređajem koji se naziva motorvreteno. Motorvreteno je glavno vreteno s integriranim motorom tj. elektromotor čija je osovina glavno vreteno alatnog stroja.



Slika 10. Motorvreteno

Svi CNC strojevi radi visokih zahtjeva za preciznost položaja koriste AC servo motore. AC servo motori pretvaraju roatciju u linearnu udaljenost. Koriste pretvornike pomaka koji šalju električne signale koji pokazuju njihovu točnu rotacijsku poziciju. Kada se AC servo motori upare sa vretenom CNC alatnog stroja, moguće je točno odrediti pomak koji je vreteno izvelo kada se vratilo motora zarotiralo za neki kut. To je vrlo bitan element u pretvorbi digitalne informacije u fizički pomak.



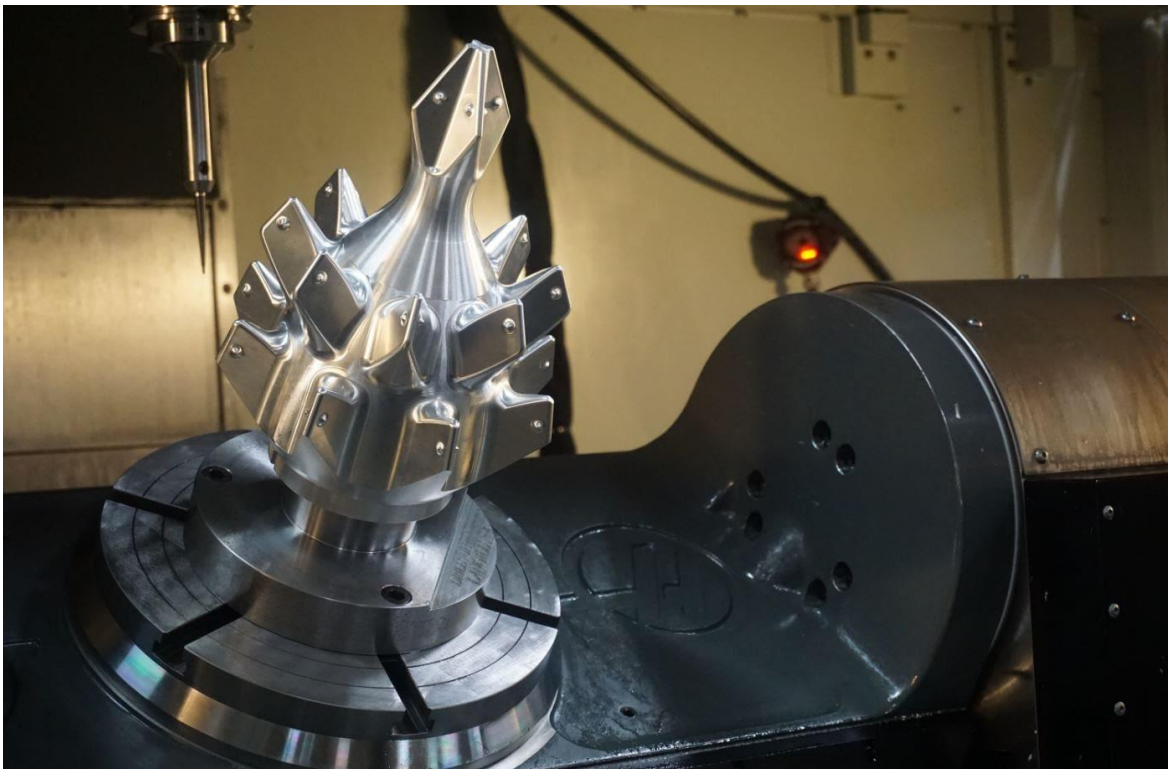
Slika 11. AC servo motor

2.3. Izvršavanje posmaka

Ovisno o dimenzijama, obliku i masi obratka, postoje CNC strojevi kojima posmak izvršava postolje, oni kojima posmak izvršavaju i postolje i nosač alata i oni kojima posmake u svim smjerovima, kao i glavno gibanje, izvršava nosač alata.

Kada samo postolje vrši posmak, izvedba nosača alata veoma je jednostavna jer nosač alata mora vršiti samo glavno gibanje. S druge strane izvedba postolja postaje znatno kompliciranija radi potrebe dodavanja pogona i uređaja za pretvorbu snage. Ova izvedba koristi se za obratke malih dimenzija i masa.

Najčešći način izvedbe izvršavanja posmaka je da i nosač alata i postolje vrše posmak. Ova izvedba koristi se na manjim CNC strojevima koji su namijenjeni za jednostavnije obradne procese i obratke malih dimenzija i masa. No, ova izvedba se također koristi u najsuvremenijim CNC strojevima tzv. petoosnim glodalicama. Petoosne glodalice namijenjene su izvršavanju najkompliciranijih obradnih procesa, izradu obradaka s najzahtjevnijom geometrijom te za obratke za koje se zahtjeva maksimalna geometrijska preciznost. Jedna od prednosti petoosnih glodalica je to što se iz samo jednog upinjanja može izvesti cijeli obradni proces radi velikog raspona mogućnosti tih strojeva.



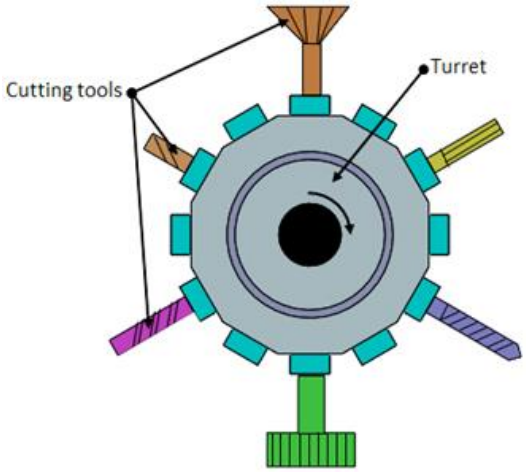
Slika 12. Petoosna glodalica

Posljednja izvedba izvršavanja posmaka je kada samo nosač alata vrši posmak. Ova izvedba primjenjuje se kada su obratci velikih dimenzija i mase te je jednostavnije i isplativije ostaviti postolje fiksnim te u nosač alata ugraditi pogon i mehanizam za izvršavanje posmaka. Ova izvedba nosača alata je daleko najkompliciranija, ali ponekad je neophodna i naijsplativija.

3. Nekoliko koncepcijskih rješenja

Koncepcijska rješenja nosača alata CNC stroja s automatskom izmjenom variraju prema broju alata koji je potreban određenom stroju.

3.1. Revolver



Slika 13. Shema revolverskog nosača alata

Najjednostavnija izvedba nosača alata. U ovoj izvedbi cijeli nosač alata, odnosno revolverska glava, izvršava i glavna i pomoćna gibanja. Ovisno o potrebi, moguće je konstruirati revolversku glavu sa većim brojem pozicija za alate. Princip rada revolverske glave je da putem senzora i servo motora pozicionira alat na nultu poziciju za rad i tako osigura preciznu obradu. Prednost ovog rješenja je to što se alat vrlo lako prepozna te je mala šansa za krivim odabirom alata. Mana je to što se za vrijeme mijenjanja alata ne može izvoditi radna operacija na obratku. Na slici 13. prikazana je shema revolverskog nosača alata s 12 pozicija, a na slici 14. prikazan je jedan suvremeni revolverski nosač alata.



Slika 14. Suvremeni revolverski nosač alata

3.2. Kružni magazin

Ako je potrebno manje od 30 alata, koristi se kružni magazin. U ovom rješenju postoji nosač alata koji izvršava glavno, ali nekad i pomoćno gibanje, ali on je znatno manji od revolverske glave. Svi alati nalaze se u spremniku koji se rotira. Pri zamjeni alata, magazin se pozicionira tako da je alat koji je potreban za daljnju obradu na nultoj poziciji. Zatim se ručica automatskog izmjenjivača alata zarotira za 90 stupnjeva. Kada se ručica nalazi na poziciji za izmjenu alata, ona prihvati potreban alat iz magazina i u isto vrijeme prihvati alat na glavnom vretenu. Nakon toga se zarotira za 180 stupnjeva, ostavi stari alat u magazinu i novi alat pričvrsti u prihvat za glavno vreteno. Na kraju se zarotira za 90 stupnjeva kako bi se mogao nastaviti normalan rad stroja. Na slici 8. prikazan je kružni magazin, a na slici 15. isti taj kružni magazin spojen na CNC stroj.



Slika 15. Kružni magazin i CNC stroj

Na slici 16. prikazana je ručica za izmjenu alata i princip njenog rada.



Slika 16. Ručica za izmjenu alata

3.3. Lančani magazin

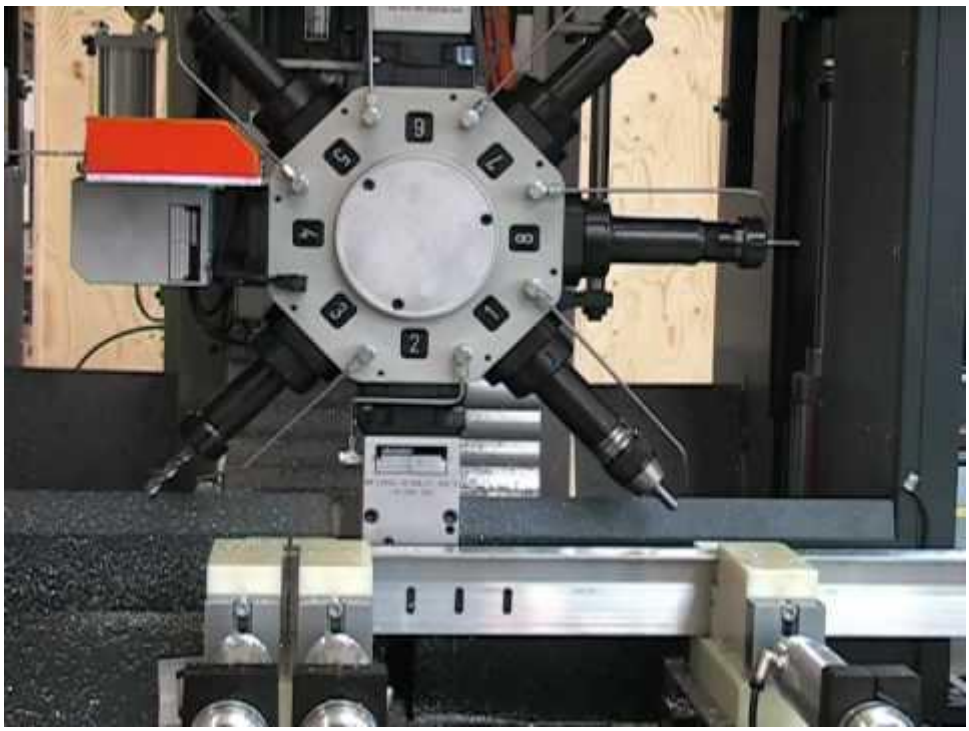
Ovo rješenje koristi se kada je potrebno više od 30 alata na jednom stroju. Izvedbom je vrlo slično kružnom magazinu. Alati se nalaze na konvejeru, a njihova se lokacija kodira. Kada dođe zahtjev za promjenom alata traži se njegova lokacija te se konvejer pomiče dok ne dođe na poziciju za izmjenu alata. Dalje preuzima ručica za izmjenu alata isto kao i kod kružnog magazina. Prednost kružnog magazina kao i lančanog je to što se novi alat može tražiti i dovesti u poziciju za izmjenu alata tijekom rada stroja. Dakle, obrada se treba zaustaviti samo kratko, koliko je potrebno ručici da izmjeni alate. To uvelike povećava brzinu obrade, a time i produktivnost. Kako bi se još više povećala produktivnost, moguće je staviti više istih alata u magazin ili dodati još jedan magazin kako bi se odmah mogli zamijeniti istrošeni alati. Povećanje produktivnosti u tome slučaju posebno dolazi do izražaja kod velikoserijskih proizvodnja.



Slika 17. Lančani magazin

4. Izbor optimalne varijante

Zadatak ovog završnog rada je konstruirati nosač alata CNC glodalice za obradu aluminijskih profila. Aluminijski profili koji će se obrađivati na ovom stroju namijenjeni su uglavnom za industriju stakleno aluminijskih fasada te aluminijskih prozora i vrata. Za obradu aluminijskih profila za stolariju i fasade nije potreban velik broj alata, već se sve potrebne operacije mogu postići sa otprilike 8 alata. Također, uzeta je pretpostavka da se radi o maloserijskoj proizvodnji i pojedinačnoj proizvodnji. Radi jednostavnosti izvedbe, malog broja potrebnih alata te najmanje cijene, odabran je prvi koncept, revolver. Na slici 18. prikazan je revolver postojećeg CNC stroja za obradu aluminijskih profila.



Slika 18. Postojeći revolver

5. Proračun pogona alata

CNC strojevi, kao i svi alatni strojevi imaju visoke zahtjeve na preciznost obrade. Osim uporabom servo motora i kugličnih vretena za pozicioniranje, za visoku preciznost obrade, potrebno je imati jako malo vibracija u sustavu. Upravo iz tog razloga sve su komponente sustava predimenzionirane kako bi se upilo što više vibracija i osigurala preciznost obrade. Također, svi dijelovi sustava su kompliciranih oblika i izvedba te je jedini način za proračun tih dijelova metodom konačnih elemenata. No s obzirom da su svi strojni dijelovi predimenzionirani, nema potrebe za analizom metodom konačnih elemenata.

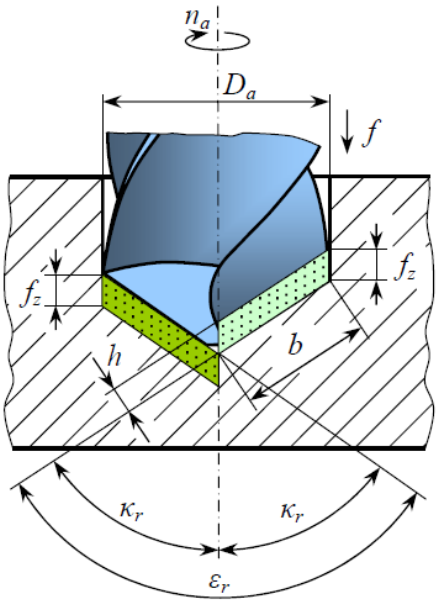
U ovom poglavlju proračunati su dijelovi potrebni za pogon alata, odnosno glavnog gibanja alata. U to spadaju elektromotor za pogon alata, vratilo 1, remenski prijenosi. spindle.

5.1. Obrada odvajanjem čestica

Prvi dio proračuna u ovom radu sastoji se od izračunavanja sila rezanja uzrokovanih obradom odvajanjem čestica te potrebne snage elektromotora za pogon alata. Proračunavat će se rezne sile koje nastaju bušenjem i glodanjem. Proračun se vrši prema [3].

5.1.1. Bušenje

Iako je tema rada Nosač alata CNC glodalice, prvo će se proračunati rezne sile bušenja jer je to jedna od dvije operacije koje CNC glodalica može izvoditi.



Slika 19. Geometrijske oznake pri bušenju

Da bi bilo moguće odrediti rezne sile, bilo je potrebno zadati neke osnovne parametre. Uspoređujući nekoliko strojeva sa sličnom namjenom te traženjem sredine i prosjeka ili najčešće korištenih parametara, došlo se do sljedećih brojki:

n_a = 6000 okr/s - brzina vrtnje svrdla,
D_a = 10 mm - promjer svrdla.

Izraz za reznu silu F_g kod bušenja iznosi:

$$F_b = z \cdot \frac{x^*}{2\sin(\kappa_r)} \cdot \left(\frac{f}{z} \sin \kappa_r \right)^{1-m_c} \cdot k_{c1} \cdot K_i, \tag{5.1}$$

gdje je:

$z = 2$ - broj zuba svrdla,
$x^* = D_a$ - za bušenje u puno [mm],
κ_r - prisloni kut alata [°],
f - dopušteni posmak po okretaju [mm],
m_c - eksponent korekcije debljine odrezane čestice,
k_{c1} - specifična jedinična sila rezanja [N/mm^2],
K_i - faktor istrošenosti alata, za novi alat $K_i = 1$.

Prisloni kut, κ_r dobiva se sljedećim izrazom:

$$\kappa_r = \frac{\varepsilon_r}{2}, \tag{5.2}$$

gdje je:

$\varepsilon_r = 140°$ - vršni kut alata za Al slitine, prema [krautu] str. 846

Dakle prisloni kut alata iznosi:

$$\kappa_r = \frac{\varepsilon_r}{2} = \frac{140^\circ}{2} = 70^\circ. \tag{5.3}$$

Dopušteni posmak po okretaju f dobiva se na sljedeći način:

$$f = 30 \frac{\sqrt{x^*}}{\sigma_m}, \tag{5.4}$$

gdje je:
$\sigma_m = 170$ N/mm^2 - za AlSiMg0,5 prema [stranica sa svojstvima].

Dakle, dopušteni posmak iznosi:

$$f = 30 \frac{\sqrt{10}}{170} = 0,56 \text{ mm}. \tag{5.5}$$

Iz tablice 1. mogu se iščitati vrijednosti za specifičnu jediničnu silu rezanja k_{c1} i eksponent m_c.

MC kod	Grupa materijala		Podgrupa materijala		Proizvodni proces		Toplinska obrada		HB	Jedinična specifična sila rezanja, k_{c1} (N/mm^2)	m_c
N1.1.Z.UT	1	Legure na bazi aluminija	1	Komercijalno čist	Z	kovan/valjan/ hladno vučen	UT	toplinski neobrađen	30 HB	350	0.25
N1.2.Z.UT	1		2	Al-Si legure, Si≤1%	Z		UT		60 HB	400	0.25
N1.2.Z.AG	1		2		Z		AG	Otvrdnut starenjem	100 HB	650	0.25

Tablica 1. Specifične jedinične sile rezanja

Iščitane vrijednosti za Al-leguru AlMgSi0,5 su sljedeće:

k_{c1} = 650 N/mm^2,
m_c = 0,25.

Sada je moguće izračunati silu rezanja bušenja:

$$F_b = 2 \cdot \frac{10}{2\sin(70^\circ)} \cdot \left(\frac{0,56}{2} \sin(70^\circ) \right)^{1-0,25} \cdot 650 \cdot 1$$
$$F_b = 2541,18 \text{ N}. \tag{5.6}$$

Izraz za snagu rezanja glasi:

$$P_b = \frac{F_b \cdot v_c}{z \cdot 60 \cdot 10^3}, \tag{5.7}$$

gdje je v_c brzina rezanja i ona iznosi:

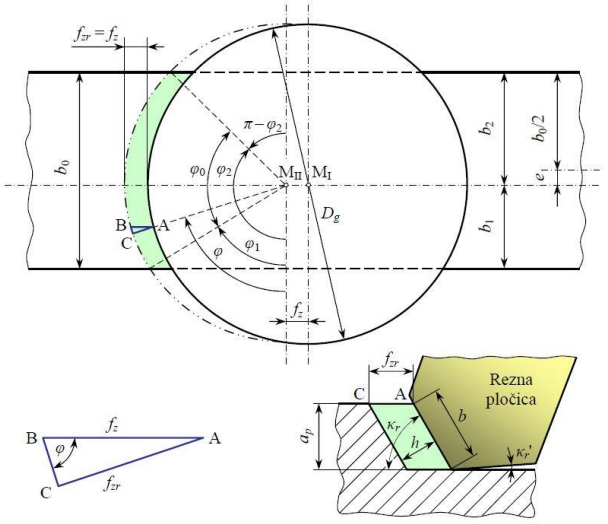
$$v_c = \frac{D_a \cdot \pi \cdot n_a}{1000} = \frac{10 \cdot \pi \cdot 6000}{1000} = 188,5 \text{ mm/min}. \tag{5.8}$$

Uvrštavanjem dobivenih vrijednosti moguće je dobiti iznos snage rezanja:

$$P_b = \frac{2541,18 \cdot 180,5}{2 \cdot 60} = 3822,36 \text{ W} = 3,82 \text{ kW}, \tag{5.9}$$

5.1.2. Glodanje

Glavni i najčešći tip obrade na ovom stroju je glodanje te je potrebno izračunati silu i snagu rezanja koja je potrebna da se odvije proces obrade glodanja. Na slici 20. prikazani su neki geometrijski parametri pri glodanju.



Slika 20. Geometrijski parametri kod glodanja

Kao i kod bušenja, na početku je potrebno odrediti neke ulazne parametre:

a_p = 2 mm - maksimalna dubina rezanja [mm],
z = 3 - broj zuba glodala,
D_g = 10 mm - promjer glodala [mm],
v_f = 18 m/min -maksimalna brzina posmaka [m/min].

Izraz za silu rezanja kod glodanja glasi:

$$F_g = b \cdot h_m^{1-m_c} \cdot k_{c1}, \tag{5.10}$$

gdje su:

b - širina odvojene čestice [mm],
h_m - srednja debljina odvojene čestice [mm].

Izraz za računanje širine odvojene čestice glasi:

$$b = \frac{a_p}{\sin(\kappa_r)}. \tag{5.11}$$

S obzirom da će glodalo cijelim svojim promjerom rezati materijal, kut zahvata glodala iznosi $\varepsilon_r = 180°$. Iz toga slijedi da je kut prednamještanja glavne oštrice:

$$\kappa_r = \frac{\varepsilon_r}{2} = \frac{180^\circ}{2} = 90^\circ. \tag{5.12}$$

Uvrštavanjem u izraz (5.11) dobiva se širina odvojene čestice:

$$b = \frac{2}{\sin(90^\circ)} = 2 \text{ mm}. \tag{5.13}$$

Srednja debljina odvojene čestice h_m izračunava se prema sljedećem izrazu:

$$h_m = \frac{f_z \cdot 2 \cdot b \cdot \sin(\kappa_r) \cdot z_z}{D_c \cdot \varepsilon_r}, \tag{5.14}$$

gdje su:

f_z - posmak po zubu glodala [mm],
z_z - broj zubi u zahvatu.

Posmak po zubu glodala f_z dobiva se:

$$f_z = \frac{f}{z}, \tag{5.15}$$

gdje je *f* posmak, a računa se:

$$f = \frac{v_f}{n_a} \cdot 1000 = \frac{18}{6000} \cdot 1000$$
$$f = 3 \text{ mm}, \tag{5.16}$$

pa tako f_z iznosi:

$$f_z = \frac{3}{3} = 1 \text{ mm}. \tag{5.17}$$

Broj zubi u zahvatu računa se:

$$z_z = \frac{\varepsilon_r \cdot z}{2\pi} = \frac{\pi \cdot 3}{2\pi}$$
$$= 1,5. \tag{5.18}$$

Uvrštavanjem dobivenih rezultata u izraz (5.14) dobiva se:

$$h_m = \frac{1 \cdot 2 \cdot 10 \cdot \sin(90) \cdot 1,5}{10 \cdot \pi}$$
$$h_m = 0,955 \text{ mm}. \tag{5.19}$$

Konačno, može se dobiti sila rezanja:

$$F_g = 2 \cdot 0,955^{1-0,25} \cdot 625$$
$$F_g = 1207,57 \text{ N}. \tag{5.20}$$

Izraz za snagu rezanja glasi:

$$P_g = F_g \cdot v_{c,} \tag{5.21}$$

gdje je v_c brzina rezanja kod glodanja, a iznosi:

$$v_c = \frac{D_g \cdot \pi \cdot n_a}{60}$$
$$v_c = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 6000}{60} \tag{5.22}$$
$$v_c = \pi \text{ m/s}.$$

Na kraju, uvrštavanjem dobivenih vrijednosti u izraz (5.21) dobiva se:

$$P_g = 1207,57 \cdot \pi$$
$$P_g = 3793,69 \text{ W} = 3,79 \text{ kW}. \tag{5.23}$$

5.1.3. Odabir EM-a za pogon alata

S obzirom da su snage rezanja veoma slične, uzima se jedna zajednička u iznosu veće dobivene snage. U ovom slučaju, to je snaga bušenja koja iznosi P_b =3,82 kW. Potrebna snaga elektromotora za pogon alata dobiva se prema sljedećem izrazu:

$$P_{EM} = \frac{P_b}{\eta}. \tag{5.24}$$

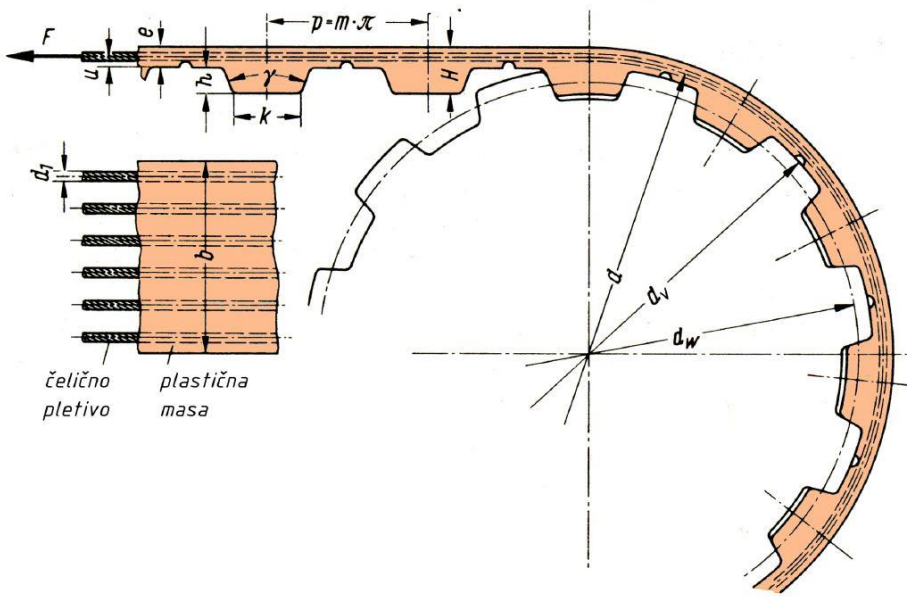
Prijenos snage od motora do alata ide putem servo spojke, zupčastog remena te vratila i spindlea koji snagu prenose oblikom. Korisnosti ovih dijelova su otprilike jednake 1. Jedina mjesta gdje se gubi snaga su ležajevi. U sustavu postoje dva seta po dva kuglična ležaja. Korisnost jednog seta kugličnih ležajeva iznosi η_L = 0,98. Dakle konačno potrebna snaga elektromotora za pogon alata iznosi:

$$\begin{aligned} P_{EM} &= \frac{P_b}{\eta_L^2} = \frac{3,82}{0,98^2} \\ P_{EM} &= 3,98 \text{ kW}. \end{aligned} \tag{5.25}$$

Odabran je sinkroni servo motor **Ferrocontrol E°SL-071-12-60**. Specifikacija i crtež elektromotora dani su u prilogu.

5.2. Proračun zupčastog remena

Za prijenos snage od elektromotora do alata koristi se zupčasti remen radi preciznosti prijenosa, male mase i sposobnosti upijanja vibracija. S obzirom da je ista brzina vrtnje alata i elektromotora, odnosno prijenosni omjer je *i* = 1, remenice će biti istog promjera. Profil i geometrija zupčastog remena prikazani su na slici 21., a u tablici 2. prikazane su njegove dimenzije. Proračun je vršen prema [4].



Slika 21. Profil zupčastog remena

p	m	k	H	h	e	u	d_1	γ
5	1,592	1,8	2,2	1,2	1	0,5	0,3	40
10	3,183	3,5	4,1	2,5	1,6	1	0,6	40
4,712	1,5	1,83	1,31	0,76	0,55	0,275	0,15	42
6,283	2	2,44	1,82	0,92	0,9	0,45	0,3	42
7,854	2,5	3,05	2,17	1,27	0,9	0,45	0,3	42
12,566	4	4,88	3,45	2,05	1,4	0,7	0,6	42
b	4	6	10	16	25	40	60	100
B	9	11	15	21	30	46	66	106

Tablica 2. Dimenzije profila zupčastog remena

Parametri koji su se proizvoljno izabrali kako bi se mogao vršiti proračun remena su sljedeći:

z = 32 - broj zubi remenica,
m = 1,5 mm - modul remena.

Iz odabranih parametara može se izračunati promjer diobene kružnice:

$$d = m \cdot z = 1,5 \cdot 32$$
$$d = 48 \text{ mm}. \tag{5.26}$$

Vanjski promjer remenice dobiva se sljedećim izrazom:

$$d_v = d - 2 \cdot u + \delta_p, \tag{5.27}$$

gdje je

u = 0,275 mm – iz tablice 2. za m = 1,5 mm,
δ_p = 0,55 mm – dodatak zbog poligonaliteta.

Dakle, vanjski promjer remenica iznosi:

$$d_v = 48 - 2 \cdot 0,275 + 0,55$$
$$d_v = 50 \text{ mm}. \tag{5.28}$$

Izraz za računsku duljinu remena glasi:

$$L_w = 2 \cdot (a + 0,05 \text{ mm}) \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) + \frac{d_m}{2} \cdot \beta + \frac{d_v}{2} \cdot \left(2\pi - \beta\right). \tag{5.29}$$

Osni razmak između osi motora i vratila alata iznosi a = 278 mm, a s obzirom da su promjeri remenica isti, obuhvatni kut iznosi β = 180°. Dakle, računska duljina remena iznosi:

$$L_w = 2 \cdot (278 + 0,05 \text{ mm}) \cdot \sin\left(\frac{180}{2}\right) + \frac{48}{2} \cdot \pi + \frac{48}{2} \cdot \left(2\pi - \pi\right)$$
$$L_w = 706,8964 \text{ mm}. \tag{5.30}$$

Broj zubi remena z_r mora biti djeljiv sa korakom remena koji za modul m = 1,5 mm iznosi p = 4,712 mm (iščitano iz tablice 2.). Dakle broj zubi remena je:

$$z_r = \frac{L_w}{p} = \frac{706,8964}{4,712} = 150. \tag{5.31}$$

Dakle, potreban je remen modula m = 1,5 mm, širine b = 30 mm, duljine L_w = 706,8964 mm i broja zubi z_r = 150.

Izraz za brzinu remena glasi:

$$v_{rem} = \frac{d \cdot \pi \cdot n_a}{1000 \cdot 60} = \frac{48 \cdot \pi \cdot 6000}{1000 \cdot 60} = 15 \text{ m/s}. \tag{5.32}$$

Izraz za vučnu silu u remenu glasi:

$$F = b \cdot h \cdot z_z \cdot p_{dop} \cdot \frac{1}{c}, \tag{5.33}$$

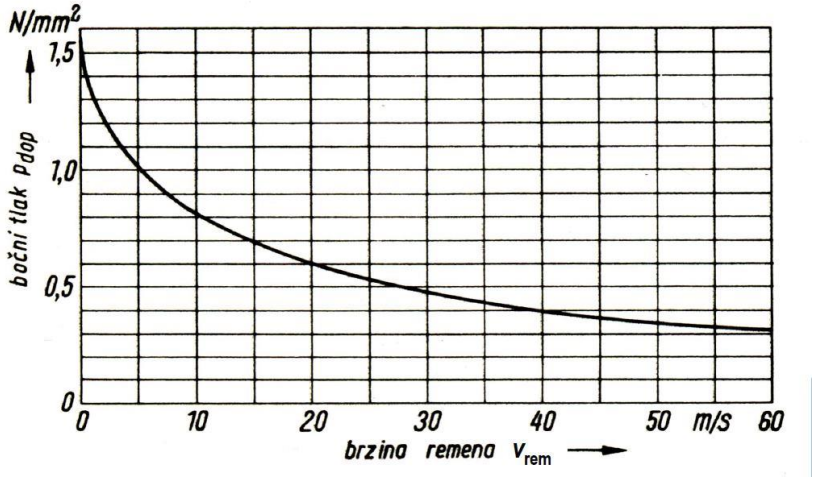
gdje su:

b – širina remena [mm],
h = 0,76 mm – visina zuba u remenu (iščitano iz tablice 2.),
z_z – broj zubi u zahvatu
p_{dop} – dopušteni tlak bokova [N/mm^2] (iščitava se iz slike 22.),
c – faktor opterećenja (iščitava se iz tablice 3.).

Broj zubi u zahvatu dobiva se:

$$z_z = z \cdot \frac{\beta}{360} = 32 \cdot \frac{180}{360} = 16. \tag{5.34}$$

Na slici 22. prikazana je ovisnost dopuštenog bočnog tlaka remena p_{dop} u ovisnosti o brzini remena v_{rem}.



Slika 22. Dopušteni tlak bokova za zupčasto remenje [EK2]

Iz slike 22. vidljivo je da za v_{rem} = 15 m/s, dopušteni tlak bokova iznosi p_{dop} = 0,7 N/mm^2. U tablici 3. prikazani su faktori opterećenja zupčastog remenja ovisno o primjeni.

Tablica 3. Faktor opterećenja *c* za zupčasto remenje

$c_1 = 1$ do 8 h dnevnog pogona $c_1 = 1{,}1$ do 20 h dnevnog pogona		Radni strojevi	c_3
Pogonski strojevi	c_2	laki pogoni, općenito	1,0
elektromotori	0,25	brojila i tahometri	1,0
		kućanski strojevi i naprave	1,1
		šivaći strojevi i uredski strojevi	1,1
parne turbine	0,25	ventilatori, generatori za rasvjetu, centrifugalne sisaljke	1,2
jednocilindrični motori s unutarnjim izgaranjem	0,6	transportne trake i elevatori	1,3
		laki strojevi za obradu drveta	1,3
dvo- i tro-cilindrični motori s unutarnjim izgaranjem	0,5	tekstilni strojevi	1,4
		laki alatni strojevi	1,4
		teški strojevi za obradu drva	1,4
4- i 5-cilindrični motori s unutarnjim izgaranjem	0,4	gnječilice	1,4
		miješalice, strojevi za pranje	1,5
6- i više-cilindrični motori s unutarnjim izgaranjem	0,3	brusilice	1,5
		tkalački stanovi, generatori za zavarivanje	1,6
hidraulički motori	0,4	teški alatni strojevi	1,6
		teški ventilatori i puhala	1,6

S obzirom da se ovaj zupčasti remen koristi u lakom alatnom stroju, faktor opterećenja iznosi c = 1,4.

Potreban moment T koji remenice moraju prenijeti izračunava se iz snage rezanja:

$$T = \frac{P_{EM}}{\omega_a} = \frac{P_{EM}}{\frac{n_a \cdot \pi}{30}} = \frac{3980}{\frac{6000 \cdot \pi}{30}}$$
$$T = 6{,}33 \text{ Nm}. \tag{5.35}$$

Iz toga moguće je izračunati obodnu silu na remenici:

$$F_o = \frac{2T}{d} = \frac{2 \cdot 6330}{48}$$
$$F_o = 263{,}93 \text{ N}. \tag{5.36}$$

Na kraju, iz svih dobivenih vrijednosti moguće je izračunati potrebnu širinu remena:

$$b = \frac{F_o}{2 \cdot h \cdot z_z \cdot p_{dop} \cdot \frac{1}{c}} = \frac{263{,}93}{2 \cdot 0{,}55 \cdot 16 \cdot 0{,}7 \cdot \frac{1}{1{,}4}} = 30 \text{ mm}. \tag{5.37}$$

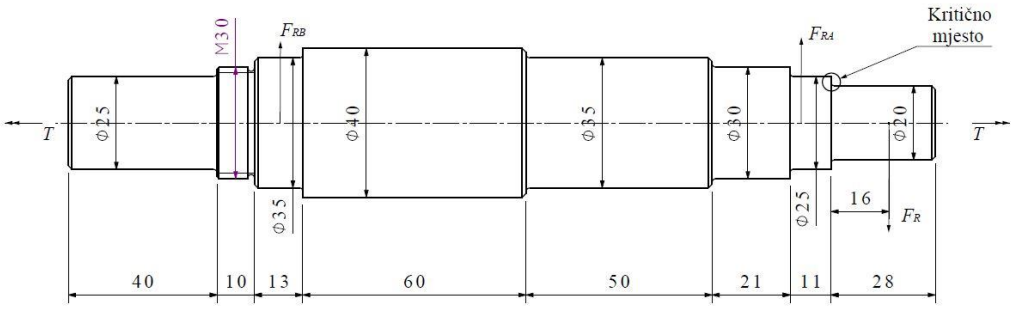
Rezultantna sila koja opterećuje vratilo iznosi:

$$F_R = 1{,}5 \cdot F_o = 1{,}5 \cdot 263{,}93 = 395{,}9 \text{ N}. \tag{5.38}$$

5.3. Proračun vratila

U stroju postoje dva vratila. Jedno spaja servo motor preko spojke s remenicom, a drugo spaja remenicu i „spindle“ alata. S obzirom da su oba vratila namjerno predimenzionirana te imaju zapravo jako mala opterećenja, ovaj proračun će se svesti samo na provjeravanje sigurnosti kritičnih mjesta. Također, radi izrazito malih razlika u vrijednostima, ignorirat će se faktori korisnosti ležajeva. Proračun je vršen prema [5].

5.3.1. Vratilo 1



Slika 23. Vratilo 1

Na slici 23 prikazano je vratilo 1. Potrebno je izračunati reakcije u ležajnim mjestima. Iz sume sila u horizontalnom smjeru dobiva se:

$$\begin{aligned} &\sum F_H = 0; \\ &F_R = F_{RA} + F_{RB} \rightarrow F_{RA} = F_R - F_{RB}. \end{aligned} \tag{5.39}$$

A iz sume momenata oko ležajnog mjesta A dobiva se reakcijska sila u ležajnom mjestu B, F_{RB}:

$$\begin{aligned} &\sum M_A = 0 \\ &F_R \cdot (16+5,5) + F_{RB} \cdot (6,5+60+50+21+5,5) = 0 \\ &F_{RB} = \frac{-F_R \cdot (16+5,5)}{(6,5+60+50+21+5,5)} = \frac{-395,9 \cdot 21,5}{143} \\ &F_{RB} = -59,52 \text{ N}. \end{aligned} \tag{5.40}$$

Na kraju može se dobiti reakcijska sila u osloncu A:

$$\begin{aligned} &F_{RA} = F_R - F_{RB} = 395,9 + 59,52 \\ &F_{RA} = 455,52 \text{ N}. \end{aligned} \tag{5.41}$$

Moment savijanja u kritičnom mjestu iznosi:

$$\begin{aligned} &M_f = F_R \cdot 16 = 395,9 \cdot 16 \\ &M_f = 6334,4 \text{ Nmm}. \end{aligned} \tag{5.42}$$

Dakle, na vratilo u kritičnom presjeku djeluju moment savijanja M_f = 6334,4 Nmm i moment uvijanja T = 6330 Nmm.
Potrebno je provjeriti sigurnost presjeka. Izraz za postojeću sigurnost presjeka vratila opterećenog na savijanje i uvijanje glasi:

$$S_{post} = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot \sigma_{fDN}}{\varphi \cdot \sigma_{red}}, \tag{5.43}$$

gdje su:

b_1 = 0,95 – za d = 20 mm, faktor veličine strojnog dijela, prema [5] str. 35,
b_2 = 0,98 – za R_m = 370 N/mm^2 i R_a = 0,4 μm, faktor kvalitete obrade površine, prema [5], str. 35.,
σ_{fDN} = 190 N/mm^2 – za S235JR, trajna dinamička čvrstoća za naizmjenično naprezanje pri savijanju [N/mm^2], prema [5], str. 34.,
φ = 1,4 – za alatne strojeve, faktor udara,
σ_{red} – reducirano naprezanje [N/mm^2].

Izraz za reducirano naprezanje glasi:

$$\sigma_{red} = \frac{M_{red}}{W}, \tag{5.44}$$

gdje su:

M_{red} – reducirani moment [Nmm],
W – moment tromosti [mm^3].

Reducirani moment računa se u slučaju kad je vratilo opterećeno i na savijanje i na uvijanje. Formula za njegov izračun glasi:

$$M_{red} = \sqrt{(M_f \cdot \beta_{k_f})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{k_t})^2}, \tag{5.45}$$

gdje su:

β_{kf} - efektivni faktor zareznog djelovanja kod savijanja,
α_0 – faktor čvrstoće materijala,
β_{kt} - efektivni faktor zareznog djelovanja kod uvijanja.

Efektivni faktor zareznog djelovanja kod savijanja β_{kf} dobiva se:

$$\beta_{kf} = 1 + c_1 \cdot (\beta_{kf\,2} - 1), \tag{5.46}$$

gdje su:

c_1 = 0,6 za D/d = 25/20 = 1,25, [5], str. 36.,
β_{kf2} = 1,8 za ρ/d = 0,8/20 = 0,04 i R_m = 370 N/mm^2, [5], str. 36.

Iz iščitanih vrijednosti dobiva se:

$$\begin{aligned}\beta_{kf} &= 1+0,6\cdot(1,8-1)\\ \beta_{kf} &= 1,48.\end{aligned} \tag{5.47}$$

Faktor čvrstoće materijala dobiva se iz sljedećeg izraza:

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{fDN}}{1,73\cdot\tau_{tDI}}, \tag{5.48}$$

gdje je:

τ_{tDI} = 140 N/mm^2 – za S235JR, trajna dinamička čvrstoća za istosmjerno naprezanje pri uvijanju [5], str 34.

Dakle, faktor čvrstoće materijala iznosi:

$$\alpha_0 = \frac{190}{1,73\cdot 140} = 0,78. \tag{5.49}$$

Efektivni faktor zareznog djelovanja kod uvijanja β_{kt} dobiva se:

$$\beta_{kt} = 1+c_2\cdot(\beta_{kt1,4}-1), \tag{5.50}$$

gdje su:

c_2 = 0,9 za D/d = 25/20 = 1,25, [5], str 36.,
$\beta_{kt1,4}$ = 1,4 za ρ/d = 0,8/20 = 0,04 i R_m = 370 N/mm^2, [5], str. 36.

Iz iščitanih vrijednosti dobiva se:

$$\begin{aligned}\beta_{kt} &= 1+0,9\cdot(1,4-1)\\ \beta_{kt} &= 1,36.\end{aligned} \tag{5.51}$$

Iz izračunatih vrijednosti slijedi iznos reduciranog momenta M_{red}:

$$\begin{aligned}M_{red} &= \sqrt{(6334,4\cdot 1,48)^2+0,75\cdot(0,78\cdot 6330\cdot 1,36)^2}\\ M_{red} &= 11032,05 \text{ Nmm}.\end{aligned} \tag{5.52}$$

Zatim je potrebno izračunati iznos momenta tromosti:

$$\begin{aligned}W &= \frac{d^3\cdot\pi}{32} = \frac{20^3\cdot\pi}{32}\\ W &= 785,4 \text{ mm}^3.\end{aligned} \tag{5.53}$$

Uvrštavanjem dobivenih vrijednosti u izraz (5.44) dobiva se reducirano naprezanje u kritičnom mjestu:

$$\sigma_{red} = \frac{11032,05}{785,4}$$
$$\sigma_{red} = 14,05 \text{ N/mm}^2. \tag{5.54}$$

Konačno može se dobiti iznos postojeće sigurnosti uvrštavanjem u izraz (5.43):

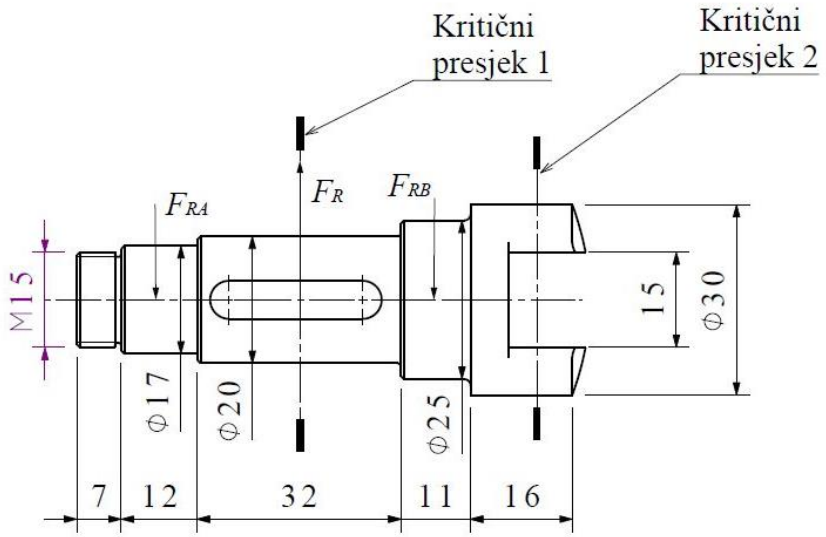
$$S_{post} = \frac{0,95 \cdot 0,98 \cdot 190}{1,4 \cdot 14,05}$$
$$S_{post} = 9. \tag{5.55}$$

Prema [vratilo] potrebna sigurnost za naizmjenično opterećenje i učestalosti maksimalnog opterećenja od 50% iznosi S_{potr} = 2,0. Kao što je vidljivo iz proračuna, vratilo je na najkritičnijem mjestu 4,5 puta predimenzionirano, tako da nema potrebe provoditi daljnji proračun.

5.3.2. Odabir servo spojke

Između servo motora za pogon alata i vratila 1 nalazi se spojka. U sustavu koji zahtjeva veliku preciznost pozicioniranja, moraju se koristiti spojke sa velikom torzijskom krutosti kako bi se osiguralo što manje odstupanje u određivanju pozicije. S obzirom da je sustav predimenzioniran, kriterij odabira spojke neće biti okretni moment koji može prenijeti, već dimenzije vratila koje može prihvatiti. Promjer vratila motora iznosi d_1 = 24 mm, a promjer stupnja na vratilu 1 na kojeg se spaja spojka iznosi d_2 = 25 mm. Tako je izabrana spojka **ServoClass Double Flex SC050R**. Dokumentacija o spojki dana je u prilogu.

5.3.3. Vratilo 2



Slika 24. Vratilo 2

Kritični presjek 1:

Na slici 24. pokazano je vratilo 2. Potrebno je izračunati reakcije u ležajnim mjestima. Iz sume sila u horizontalnom smjeru dobiva se:

$$\sum F_H = 0;$$
$$F_R = F_{RA} + F_{RB} \rightarrow F_{RA} = F_R - F_{RB}.$$

A iz sume momenata oko ležajnog mjesta A dobiva se reakcijska sila u ležajnom mjestu B, F_{RB}:

$$\sum M_A = 0$$
$$F_R \cdot (16+6) - F_{RB} \cdot (5,5+32+6) = 0$$
$$F_{RB} = \frac{F_R \cdot (16+6)}{(5,5+32+6)} = \frac{395,9 \cdot 22}{43,5} \tag{5.56}$$
$$F_{RB} = 200,23 \text{ N}.$$

Na kraju može se dobiti reakcijska sila u osloncu A:

$$F_{RA} = F_R - F_{RB} = 395,9 - 200,23$$
$$F_{RA} = 195,67 \text{ N}. \tag{5.57}$$

Moment savijanja u kritičnom mjestu iznosi:

$$M_f = F_{RA} \cdot 22 = 195,67 \cdot 22$$
$$M_f = 4304,73 \text{ Nmm}. \tag{5.58}$$

Dakle, na vratilo u kritičnom presjeku djeluju moment savijanja M_f = 4304,73 Nmm i moment uvijanja T = 6330 Nmm. Potrebno je provjeriti sigurnost presjeka. Izraz za postojeću sigurnost presjeka vratila opterećenog na savijanje i uvijanje glasi:

$$S_{post} = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot \sigma_{fDN}}{\varphi \cdot \sigma_{red}}, \tag{5.43}$$

gdje su:

b_1 = 0,95 – za d = 20 mm, faktor veličine strojnog dijela, [5] str. 35.,

b_2 = 0,98 – za R_m = 370 N/mm^2 i R_a = 0,4 μm, faktor kvalitete obrade površine [5] str. 35.,

σ_{fDN} = 190 N/mm^2 – za S235JR, trajna dinamička čvrstoća za naizmjenično naprezanje pri savijanju [N/mm^2], [5], str. 34.,

φ = 1,4 – za alatne strojeve, faktor udara [5] str. 34. Tablica 1.,

σ_{red} – reducirano naprezanje [N/mm^2].

Efektivni faktor zareznog djelovanja kod savijanja β_{kf} iznosi 1,7 za oblik pera B i R_m = 370 N/mm^2 prema [5], str. 38.

Efektivni faktor zareznog djelovanja kod uvijanja β_{kt} iznosi 2,0 prema [vratilo] str. 38.

Uvrštavanjem iščitanih vrijednosti u izraz (5.45) slijedi iznos reduciranog momenta M_{red}:

$$M_{red} = \sqrt{(4304,73 \cdot 1,7)^2 + 0,75 \cdot (0,78 \cdot 6330 \cdot 2)^2}$$
$$M_{red} = 11255,55 \text{ Nmm.} \tag{5.59}$$

Zatim je potrebno izračunati iznos momenta tromosti:

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 20^3$$
$$W = 800 \text{ mm}^3. \tag{5.60}$$

Uvrštavanjem dobivenih vrijednosti u izraz (5.44) dobiva se reducirano naprezanje u kritičnom mjestu:

$$\sigma_{red} = \frac{11255,55}{800}$$
$$\sigma_{red} = 14,07 \text{ N/mm}^2. \tag{5.61}$$

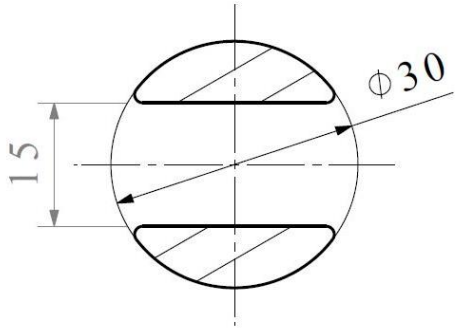
Konačno može se dobiti iznos postojeće sigurnosti uvrštavanjem u izraz (5.43):

$$S_{post} = \frac{0,95 \cdot 0,98 \cdot 190}{1,4 \cdot 14,07}$$
$$S_{post} = 9. \tag{5.62}$$

Prema [vratilo] potrebna sigurnost za naizmjenično opterećenje i učestalosti maksimalnog opterećenja od 50% iznosi S_{potr} = 2,0. Kao što je vidljivo iz proračuna, vratilo je na ovom kritičnom mjestu 4,5 puta predimenzionirano.

Kritično mjesto 2:

Kritični presjek 2 je mjesto na kojem se oblikom prenosi snaga između vratila 2 i spindlea alata. Vratilo je zarezano na sredini da u njega može ući izdanak spindlea i time prenositi okretni moment. Na slici 25. vidi se oblik tog presjeka.



Slika 25. Kritični presjek 2 vratila 2

Kako se na tom presjeku prenosi samo okretni moment u iznosu od T = 6330 Nmm, potrebno je proračunati presjek samo na naprezanje uzrokovano uvijanjem.

$$\tau = \frac{T}{W_t}, \tag{5.63}$$

gdje je W_t torzijski moment tromosti i prema [6] on približno iznosi:

$$W_t = 2 \cdot \left(\frac{D^3}{10} - \frac{d \cdot D^2}{6} \right) = 2 \cdot \left(\frac{30^3}{10} - \frac{15 \cdot 30^2}{6} \right) = 900 \text{ mm}^3. \tag{5.64}$$

Na kraju dobivamo iznos naprezanja uzrokovanog uvijanjem u kritičnom presjeku 2:

$$\tau = \frac{6330}{900} = 7,03 \text{ N/mm}^2. \tag{5.65}$$

Postojeća sigurnost iznosi:

$$S_{post} = \frac{\tau_{tDI}}{\tau} = \frac{110}{7,03} = 15,65. \tag{5.66}$$

6. Proračun pogona zamjene alata

U dosadašnjem proračunu razmatrali su se dijelovi sustava koji su vezani uz pogon alata. U ovom poglavlju ovog rada proračunati će se i dimenzionirati dijelovi koji su vezani uz pogon zamjene alata. Sustav zamjene alata sastoji se od servo motora za pogon, planetarnog reduktora, puža i pužnog kola te cijele konstrukcije glave na kojoj se nalaze svi alati.

6.1. Odabir motora za pogon zamjene alata

Kako bi se moglo proračunati potrebna snaga i okretni moment, potrebno je odrediti kutnu brzinu i kutno ubrzanje sklopa glave. Kako bi se dovoljno brzo zamijenio alat i nastavila obrada na stroju, vrijeme okreta glave mora biti vrlo kratko. Iz usporedbe s drugim strojevima slične namjene može se pretpostaviti da je vrijeme potrebno za zamjenu alata t_z = 1,25 s. Dakle, u slučaju ovog stroja, koji ima glavu s 8 alata, 1/8 okretaja je potrebno izvesti u 1,25 s, što nam daje iznos brzine okretaja glave:

$$n_g = \frac{1/8}{1,25} = 0,1 \text{ okr/s}. \tag{6.1}$$

Iz brzine okretaja moguće je dobiti kutnu brzinu glave:

$$\begin{aligned} \omega_g &= 2 \cdot \pi \cdot n_g = 2 \cdot \pi \cdot 0,1 \\ \omega_g &= 0,6283 \text{ rad/s}. \end{aligned} \tag{6.2}$$

Za potrebno vrijeme ubrzanja do kutne brzine glave uzima se polovica vremena potrebnog za promjenu alata:

$$t_u = \frac{t_g}{2} = \frac{1,25}{2}$$
$$t_u = 0,625 \text{ s}. \tag{6.3}$$

Iz izračunatih podataka moguće je sada dobiti kutno ubrzanje glave:

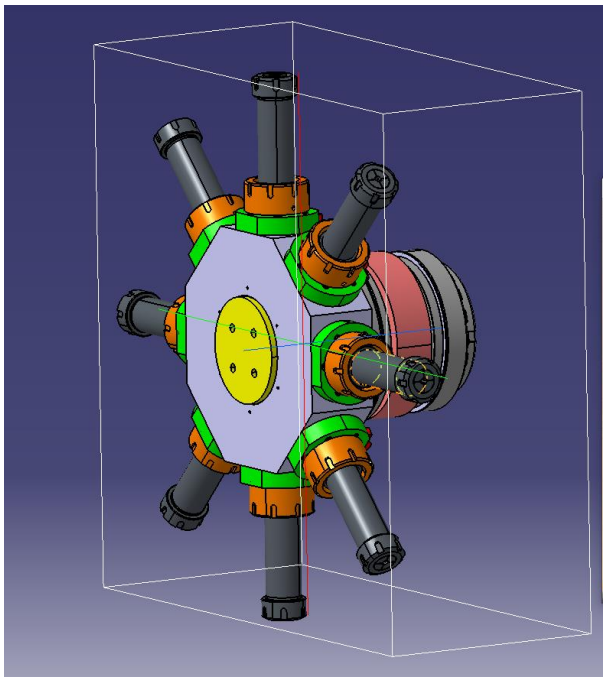
$$\varepsilon_g = \frac{\omega_g}{t_u} = \frac{0,6283}{0,625}$$
$$\varepsilon_g = 1 \text{ rad/s}^2. \tag{6.4}$$

Izraz za izračunavanje momenta torzije putem d'Alambertovog zakona glasi:

$$T = J \cdot \varepsilon_g, \tag{6.5}$$

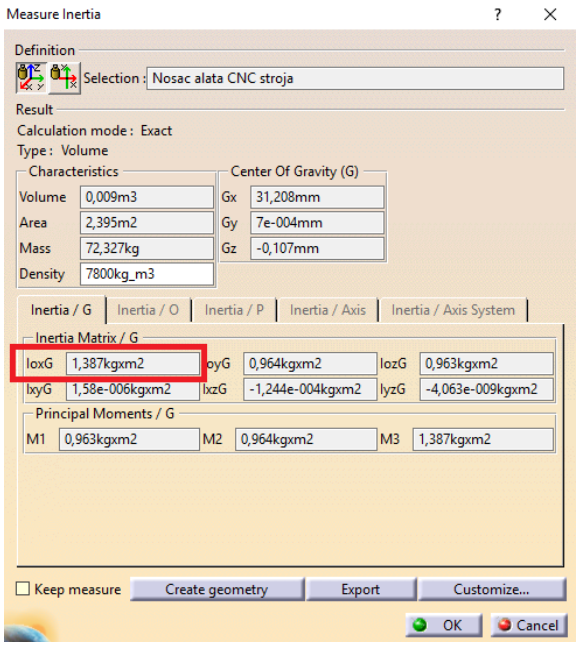
gdje je J – dinamički moment tromosti [kgm^2].

Na slici 27. prikazani su dijelovi sklopa pogona alata koje pokreće motor za promjenu alata, odnosno dijelovi koji stvaraju dinamički moment tromosti.



Slika 26. Sklop koji stvara tromost

S obzirom da je sklop kompleksan, dinamički momenti tromosti se određuju iz programa Catia. Na slici 28. prikazan je izračun pomoću funkcije Measure inertia.



Slika 27. Funkcija Measure inertia

Dakle, iz funkcije Measure inertia dobije se da dinamički moment tromosti kojeg stvaraju dijelovi vezani za glavu iznosi $J = 1{,}387$ kgm^2.

Sada se, uvrštavanjem dobivenih vrijednosti u izraz (5.71), može izračunati moment koji je potreban da se okrene glava, odnosno zamijeni alat:

$$\begin{aligned} T &= 1{,}387 \cdot 1 \\ T &= 1{,}387 \text{ Nm}. \end{aligned} \tag{6.6}$$

Konačno, može se dobiti snaga potrebna za rotaciju glave i izmjenu alata:

$$\begin{aligned} P_{zam} &= T \cdot \omega_g = 1{,}387 \cdot 0{,}6283 \\ P_{zam} &= 0{,}871 \text{ W}. \end{aligned} \tag{6.7}$$

Iz dobivenih podataka odabran je servomotor **Ferrocontrol E°SC3-030-D7-30**. Specifikacija i crteži se nalaze u prilogu.

6.2. Određivanje dimenzija pužnog prijenosa

U ovom radu korišten je pužni prijenos radi svoje preciznosti, kompaktnosti i mogućnosti prijenosa s mimosmjernim osima. Proračunat će se samo dimenzije kako bi se mogli izraditi modeli i crteži pužnog vijka i kola. Dimenzioniranje je vršeno prema [7]. Koriste se tri ulazna parametra:

$z_1 = 1$ – broj zubi pužnog vijka,
$d_2 = 180$ mm – promjer pužnog kola,
$z_2 = 72$ mm – broj uzubina pužnog kola.

Promjer pužnog kola je određen dimenzijama okolnih strojnih dijelova, a broj uzubina je određen da se dobije standardni modul koji će nam omogućiti najprecizniji mogući prijenos.

Tako modul iznosi:

$$m = \frac{d_2}{z_2} = \frac{180}{72}$$
$$m = 2,5 \text{ mm}. \tag{6.8}$$

Prijenosni omjer u ovom prijenosu iznosi:

$$i_p = \frac{z_2}{z_1} = \frac{72}{1} = 72. \tag{6.9}$$

Izraz za srednji promjer puža glasi:

$$d_{m1} = z_F \cdot m, \tag{6.10}$$

gdje je z_F = 17 – za z_1 = 1, faktor oblika puža, prema [oberšmit] str. 391.

Dakle prema tome srednji promjer puža iznosi:

$$d_{m1} = 17 \cdot 2,5$$
$$d_{m1} = 42,5 \text{ mm}. \tag{6.11}$$

Izraz za promjer tjemene kružnice puža glasi:

$$d_{a1} = d_{m1} + 2h_{a,} \tag{6.12}$$

gdje je $h_a = m$ = 2,5 mm – prema [ober] str. 392.

Iz toga slijedi da je iznos promjera tjemene kružnice:

$$d_{a1} = 42,5 + 2 \cdot 2,5$$
$$d_{a1} = 47,5 \text{ mm}. \tag{6.13}$$

Izraz za promjer podnožne kružnice puža glasi:

$$d_{f1} = d_{m1} - (2m + 2c_1), \tag{6.14}$$

gdje je $c_1 = 0,2m$ = 0,5 mm – tjemena zračnost, prema [ober] str. 393.

Iz toga slijedi da je iznos promjera tjemene kružnice:

$$d_{f1} = 42,5 - (2 \cdot 2,5 + 2 \cdot 0,5)$$
$$d_{f1} = 36,5 \text{ mm}. \tag{6.15}$$

Promjer tjemene kružnice kola iznosi:

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 180 + 2 \cdot 2,5$$
$$d_{a2} = 185 \text{ mm}. \tag{6.16}$$

Izraz za promjer podnožne kružnice kola glasi:

$$d_{f2} = d_{m2} - (2m + 2c_2), \tag{6.17}$$

gdje je $c_2 = 0,2m = 0,5$ mm – prema [ober] str. 393.

Iz toga slijedi da je iznos promjera tjemene kružnice:

$$d_{f2} = 180 - (2 \cdot 2,5 + 2 \cdot 0,5)$$
$$d_{f2} = 174 \text{ mm}. \tag{6.18}$$

Duljina puža iznosi:

$$b_1 = 2 \cdot m \cdot \sqrt{z_2 + 1} = 2 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{72 + 1} =$$
$$b_1 = 42,75 \text{ mm}. \tag{6.19}$$

Širina pužnog kola iznosi:

$$b_2 = b_1 + m = 42,75 + 2,5 =$$
$$b_2 = 45,25 \text{ mm}. \tag{6.20}$$

I za kraj potrebno je izračunati osni razmak između pužnog vijka i pužnog kola:

$$a = \frac{m}{2}\left(z_f + z_2\right) = \frac{2,5}{2}\left(17 + 72\right)$$
$$a = 111,25 \text{ mm}. \tag{6.21}$$

Prema izračunatim vrijednostima izrađeni su modeli pužnog vijka i pužnog kola.

6.3. Odabir planetarnog prijenosnika i servo spojke

Između puža i servo motora za promjenu alata, nalaze se planetarni prijenosnik i servo spojka. Cilj planetarnog prijenosnika je postizanje brzine vrtnje koja će biti što bliže nazivnoj brzini servomotora tako da se pretvaračima frekvencije može lagano postići željena brzina i zadržati visoke iznose momenata koje daje servo motor.

Brzina vrtnje na pužu iznosi:

$$n_p = n_g \cdot i_p = 0,1 \cdot 72$$
$$n_p = 7,2 \text{ okr/s} \tag{6.22}$$

Nazivna brzina vrtnje motora za pogon izmjene alata iznosi n_{EM} = 3000 min^{-1} = 50 s^{-1}. Potreban prijenosni omjer za točan prijenos iznosi

$$i_{pl,točno} = \frac{n_{EM}}{n_p} = \frac{50}{7,2}$$
$$i_{pl,točno} = 6,94. \tag{6.23}$$

Iz ovih podataka odabire se planetarni prijenosnik **Variton DA060** sa jednostupanjskim prijenosom te prijenosnim omjerom i_{pl} = 7. Dokumentacija o prijenosniku dana je u prilogu. Kao posljedica razlike u prijenosnim omjerima, brzina vrtnje motora će se morati podesiti na:

$$n_{EM,kor} = n_p \cdot i_{pl} = 7,2 \cdot 7$$
$$n_{EM,kor} = 50,4 \text{ okr/s} = 3024 \text{ okr/min}. \tag{6.24}$$

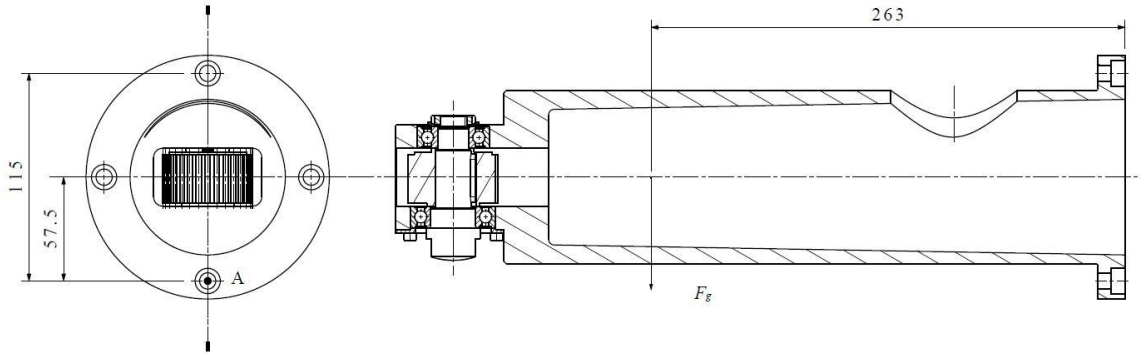
Za spojku između puža i planetarnog reduktora, izabrana je spojka **ServoClass DoubleFlex SC-040-R**. Spojka je ponovno odabrana ne na temelju minimalnog potrebnog okretnog momenta koji može prenijeti, već radi dimenzija vratila. Promjer izlaznog vratila planetarnog prijenosnika je d_{EM2} = 14 mm, a stupnja na vratilu puža na koji dolazi spojka iznosi d_p = 20 mm. Dokumentacija spojke dana je u prilogu.

7. Proračun vijaka

Proračun vijaka vršit će se na svim mjestima gdje vijci prenose silu sa jednog strojnog dijela na drugi. Neće se proračunavati svi vijci, već samo oni koji vidljivo nose veću težinu.

7.1. Vijci na spoju sklopa nosača i sklopa glave

Proračun polja vijaka vrši se preko sume momenata oko vijaka u donjoj zoni. Na slici 28. prikazane su dimenzije sklopa nosača i opterećenje na vijke.



Slika 28. Opterećenje nosača

Treba izračunati potrebnu površinu jezgre vijka:

$$A_{\min} = \frac{F_v}{\sigma_{dop}}, \tag{7.1}$$

gdje je $\sigma_{dop} = 640 \text{ N/mm}^2 \rightarrow$ Za materijal 8.8

Sila u vijku F_v računa se:

$$F_v = \frac{M_{red}}{\sum_{i=1}^{2} n_i \cdot l_i} \tag{7.2}$$

gdje je:

$$\begin{aligned} M_{red} &= m_n \cdot 263 \cdot g \\ &= 8,363 \cdot 263 \cdot 9,81 \\ &= 19361,68 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Moment reduciran na vijak s donje strane.} \end{aligned} \tag{7.3}$$

Slijedi sila u vijku:

$$F_v = \frac{19361,68}{115 + 2 \cdot 57,5} = 84,18 \text{ N}, \tag{7.4}$$

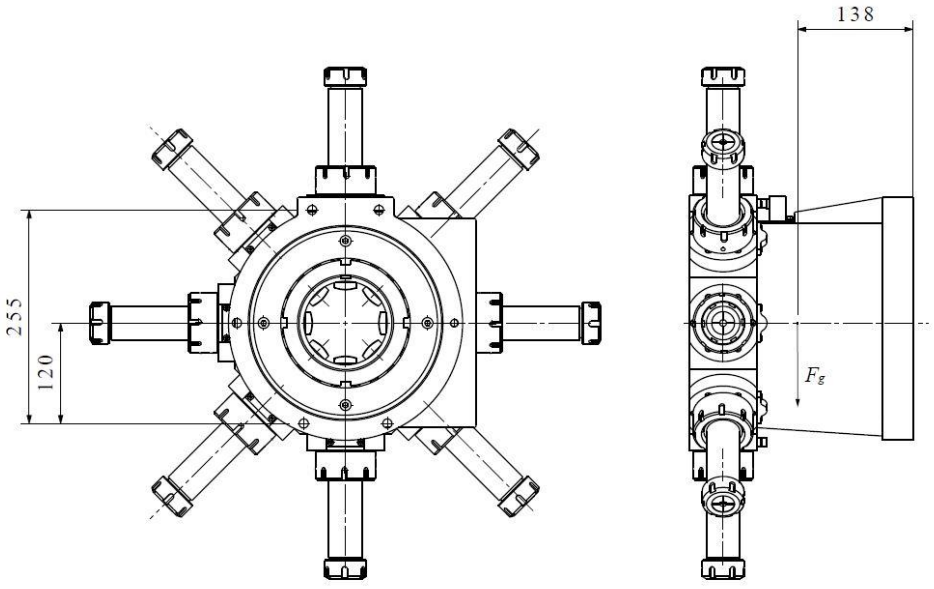
iz čega se dobije potrebna površina jezgre vijka:

$$A_{\min} = \frac{84,18}{640} = 0,13 \text{ mm}^2. \tag{7.5}$$

Odabran je vijak M8:

$$A_j(\text{M8}) = 32,8 \text{ mm}^2 > A_{\min} = 0,13 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Zadovoljava, prema } [8], \text{ str. 671.} \tag{7.6}$$

7.2. Vijci na spoju sklopa glave i vanjskog nosača



Slika 29. Opterećenje nosača

Sila u vijku F_v računa se:

$$F_v = \frac{M_{red}}{\sum_{i=1}^{2} n_i \cdot l_i} \tag{7.7}$$

gdje je:

$$\begin{aligned} M_{red} &= m_g \cdot 138 \cdot g \\ &= 105 \cdot 138 \cdot 9,81 \\ &= 142146,9 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Moment reduciran na vijke u donjoj zoni.} \end{aligned} \tag{7.8}$$

Slijedi sila u vijku:

$$F_v = \frac{142146,9}{2 \cdot 255 + 2 \cdot 120} = 189,53 \text{ N}, \tag{7.9}$$

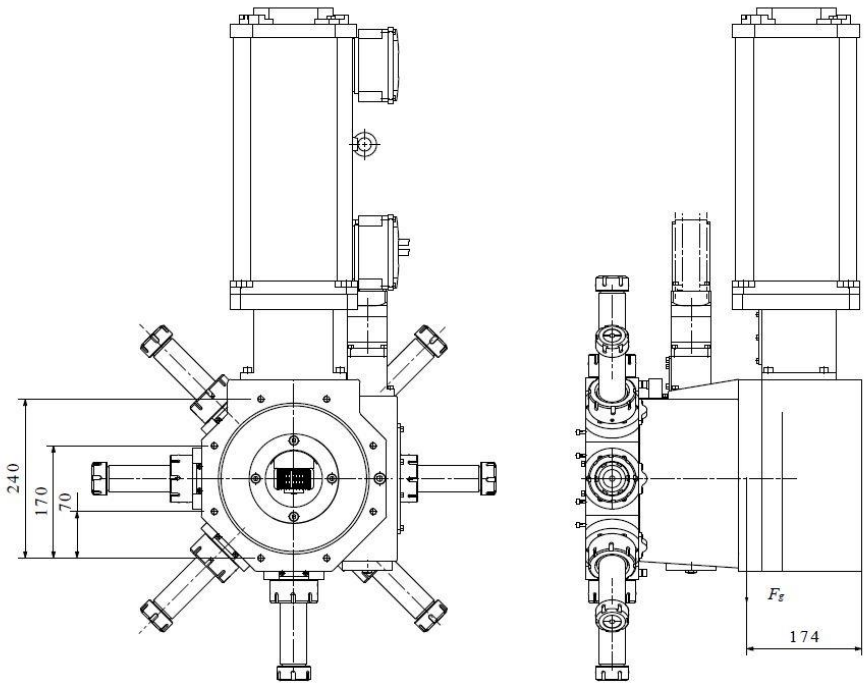
iz čega se dobije potrebna površina jezgre vijka:

$$A_{\min} = \frac{189,53}{640} = 0,3 \text{ mm}^2. \tag{7.10}$$

Odabran je vijak M10:

$$A_j(\text{M10}) = 52,3 \text{ mm}^2 > A_{\min} = 0,3 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Zadovoljava prema } [8], \text{ str. 671.} \tag{7.11}$$

7.3. Vijci na spoju zadnje ploče i vanjskog nosača



Slika 30. Opterećenje vanjskog nosača

Sila u vijku F_v računa se:

$$F_v = \frac{M_{red}}{\sum_{i=1}^{3} n_i \cdot l_i} \tag{7.12}$$

gdje je:

$$\begin{aligned} M_{red} &= m_{skl} \cdot 174 \cdot g \\ &= 290 \cdot 174 \cdot 9,81 \\ &= 495012,6 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Moment reduciran na vijke u donjoj zoni.} \end{aligned} \tag{7.13}$$

Slijedi sila u vijku:

$$F_v = \frac{495012,6}{2 \cdot 240 + 2 \cdot 170 + 2 \cdot 70} = 515,64 \text{ N}, \tag{7.14}$$

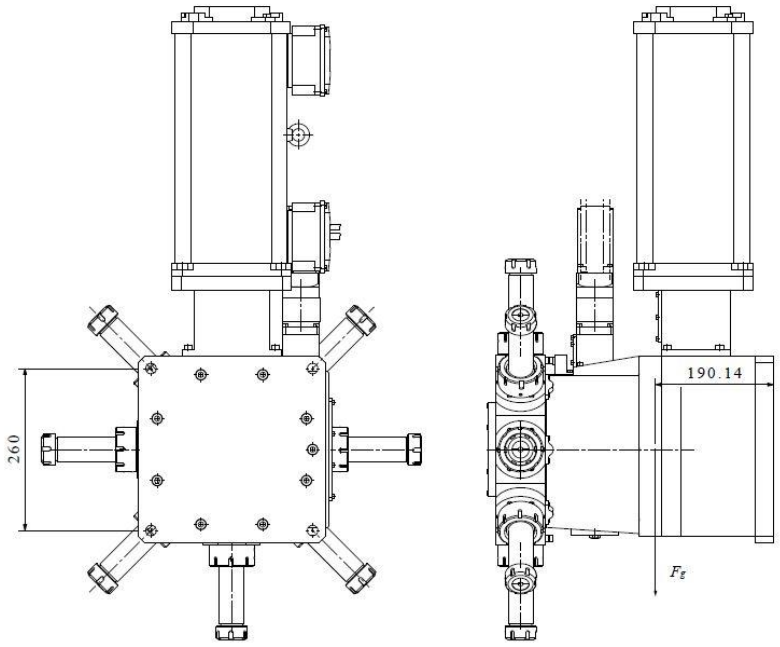
iz čega se dobije potrebna površina jezgre vijka:

$$A_{\min} = \frac{515,64}{640} = 0,8 \text{ mm}^2. \tag{7.15}$$

Odabran je vijak M10:

$$A_j(\text{M10})=52,3 \text{ mm}^2 > A_{\min} = 0,8 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Zadovoljava prema } [8], \text{str. 671.} \tag{7.16}$$

7.4. Proračun vijaka na stražnjoj ploči



Slika 31. Opterećenje vanjskog nosača

Sila u vijku F_v računa se:

$$F_v = \frac{M_{red}}{\sum_{i=1}^{3} n_i \cdot l_i} \tag{7.17}$$

gdje je:

$$\begin{aligned} M_{red} &= m_{uk} \cdot 190,14 \cdot g \\ &= 315 \cdot 190,14 \cdot 9,81 \\ &= 588660,63 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Moment reduciran na vijke u donjoj zoni.} \end{aligned} \tag{7.18}$$

Slijedi sila u vijku:

$$F_v = \frac{588660,63}{2 \cdot 260} = 1132,04 \text{ N}, \tag{7.19}$$

iz čega se dobije potrebna površina jezgre vijka:

$$A_{\min} = \frac{1132,04}{640} = 1,8 \text{ mm}^2. \tag{7.20}$$

Odabran je vijak M10:

$$A_j(\text{M16}) = 144 \text{ mm}^2 > A_{\min} = 1,8 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Zadovoljava, } [8], \text{ str. 671.} \tag{7.21}$$

8. Odabir pogona za pomak po y i z osi

U sklopu ovog završnog rada nije konstruiran niti detaljno proračunat sustav za pomak po y i z osi. U ovom dijelu proračuna ukratko su okvirno proračunate vrijednosti koje utječu na pogon sustava za posmik te je dan način izvedbe pomaka. Pomaci po y i z osi izvode se kugličnim vretenima i servo motorima. Kako bi se mogla proračunati potrebna snaga i okretni moment za izbor motora uzet će se sljedeće pretpostavke:

v_f = 18 m/min = 0,3 m/s – maksimalna posmična brzina
t_f = 1 s – vrijeme potrebno da se postigne maksimalna posmična brzina.

Iz ovih pretpostavki dobiva se ubrzanje masa nosača alata:

$$a_f = \frac{v_f}{t_f} = \frac{0,3}{1} = 0,3 \text{ m/s}^2. \tag{8.1}$$

Dobivenom akceleracijom može se izračunati preko d'Alambertovog zakona potrebna sila za vršenje posmaka u smjeru y-osi:

$$F_y = m_{uk} \cdot a_f = 315 \cdot 1 = 315 \text{ N}. \tag{8.2}$$

Potrebna snaga za pokretanje sklopa u smjeru y-osi iznosi:

$$P_y = F_y \cdot v_f = 315 \cdot 0,3 = 94,5 \text{ W}. \tag{8.3}$$

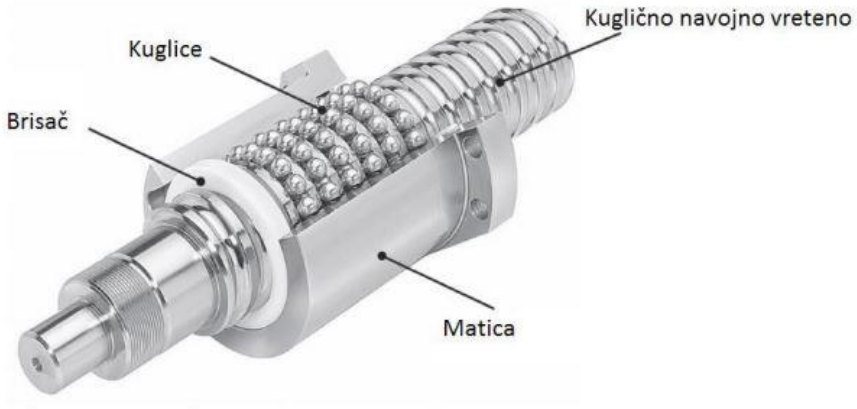
Sila potrebna za vršenje pomaka u smjeru osi z iznosi:

$$F_z = m_{uk} \cdot g = 315 \cdot 9,81 = 3090,15 \text{ N}. \tag{8.4}$$

Analogno, snaga potrebna za pomak u smjeru osi z iznosi:

$$P_z = F_z \cdot v_f = 3090,15 \cdot 0,3 = 927,05 \text{ W}. \tag{8.5}$$

Za obje osi odabrano je kuglično vreteno **Thomson KGF-D-FK-25** promjera d_{vr} = 25 mm i uspona P_h = 5 mm. Ostale dimenzije dane su u prilogu. Na slici 32. prikazan je presjek kugličnog vretena.



Slika 32. Kuglično vreteno

Za elektromotore isto u oba smjera odabran je **FerroControl E°SL-063-04-45** nominalne snage P_{EM} = 1,5 kW i brzine vrtnje n_{EM} = 4500 min^{-1}.

S obzirom da je potrebna maksimalna brzina posmaka v_f = 0,3 m/s, a uspon je P_h = 5 mm = 0,005 m, treba izračunati potrebnu brzinu vrtnje motora kako bi se osigurala preciznost:

$$n_{potr} = \frac{v_f}{P_h} = \frac{0,3}{0,005} = 60 \text{ s}^{-1} = 3600 \text{ min}^{-1}. \tag{8.6}$$

Dakle, bit će potrebno spustiti brzinu vrtnje servo motora sa n_{EM} = 4500 s^{-1} na n_{potr} = 3600 min^{-1}, što će se izvesti frekvencijskim pretvaračima u kontrolnim sustavima servo motora.

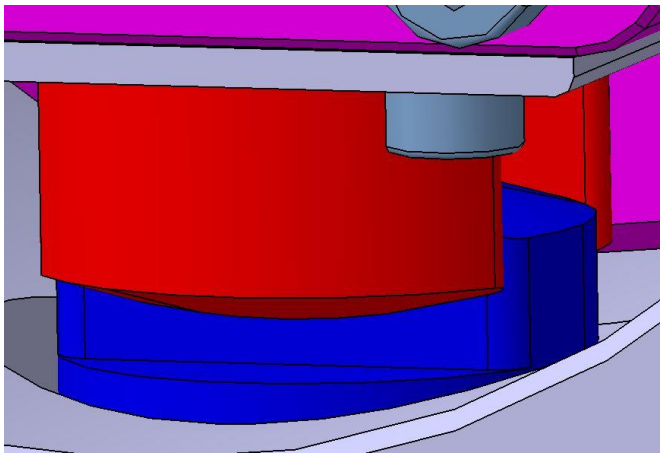
Također je bitno naglasiti da u sklopu ovog završnog rada nije konstruirana nosiva konstrukcija i vozni put u smjeru osi x po kojoj se giba nosač alata i ostali dijelovi koji također nisu dio ovog završnog rada, ali pomak bi se izvodio servo motorom, a prijenos bi se izveo zupčanikom i zupčanom letvom.

9. Kratki opis nekih konstrukcijskih rješenja

U ovom poglavlju ukratko će se prikazati i objasniti neka konstrukcijska rješenja koja su specifična za ovaj stroj.

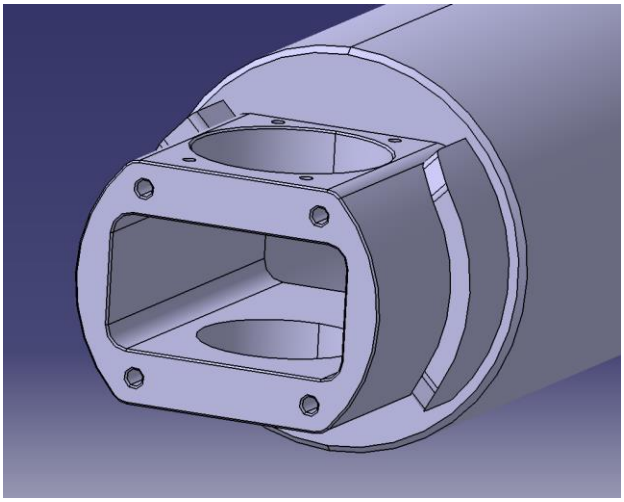
9.1. Pozicioniranje vratila 2 i spindlea

Kao što je već spomenuto, prijenos snage i gibanja se sa vratila 2 na spindle prenosi oblikom. Vratilo 2 ima izrezanu udubinu, a spindle izdanak koji rotacijom glave ukliže u udubinu vratila 2 i tako oblikom vrši prijenos snage i gibanja. Na slici 33., kao i u priloženoj dokumentaciji, moguće je vidjeti taj spoj.



Slika 33. Spoj vratila 2 i spindlea

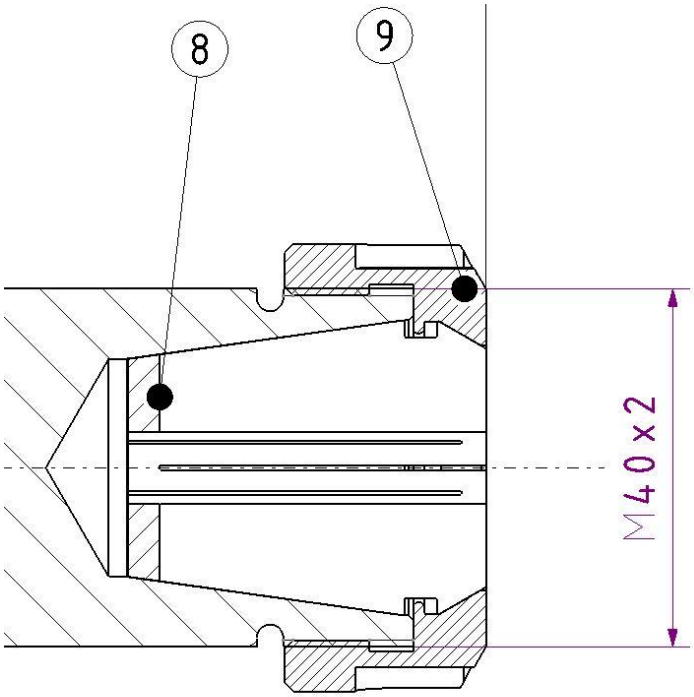
Problem koji nastaje ovakvim načinom prenošenja snage je obavezno točno i precizno pozicioniranje kako bi spindle uvijek mogao uklizati u vratilo. Za to je potrebno da i vratilo i spindle budu točno pozicionirani prilikom zamjene alata. Za vratilo je to riješeno pomoću upravljanja servomotora i prijenosa zupčastim remenom. Za spindle je pozicioniranje riješeno pomoću izdanaka na nosaču po kojima izdanak spindlea klizi i izravna se tako da su mu bočne stranice paralelne sa bočnim stranicama izrezane udubine u vratilu i da time može uklizati u vratilo. Na slici 34. mogu se vidjeti izdanci na bočnim stranicama nosača koji služe za pozicioniranje spindlea.



Slika 34. Izdanci na stranama nosača

9.2. Stezanje alata

Ovaj nosač alata ima 8 strana i time može prihvatiti 8 alata odjednom te ih izmjenjivati. Svaki alat ima svoj prihvat, a prihvat je izveden na sljedeći način. Na slici 35. prikazan je presjek prihvata alata. Prihvat se sastoji od punog čeličnog štapa koji na kraju ima konusno obrađen utor u kojem se nalazi stezna ljuska alata (8). Stezna ljuska se prethodno natakne na fino obrađenu maticu (9) koja navrtanjem na navoj čeličnog štapa gura steznu ljusku u konusni utor tjerajući je tako da se deformira. Stezna ljuska izrađena je od opružnog čelika te ona deformacijom steže alat u svojoj sredini time osiguravajući alat od ispadanja ili rotacije.



Slika 35. Prihvat alata

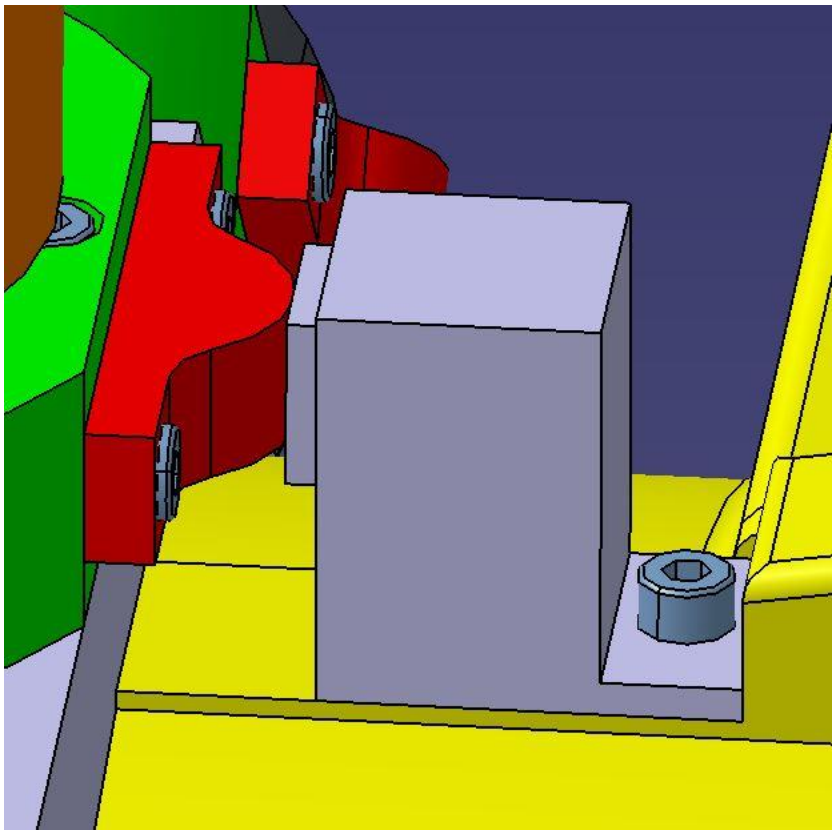
Na slici 36. prikazana je stezna ljuska tipa ER 32.



Slika 36. Collet ER 32

9.3. Prekidač

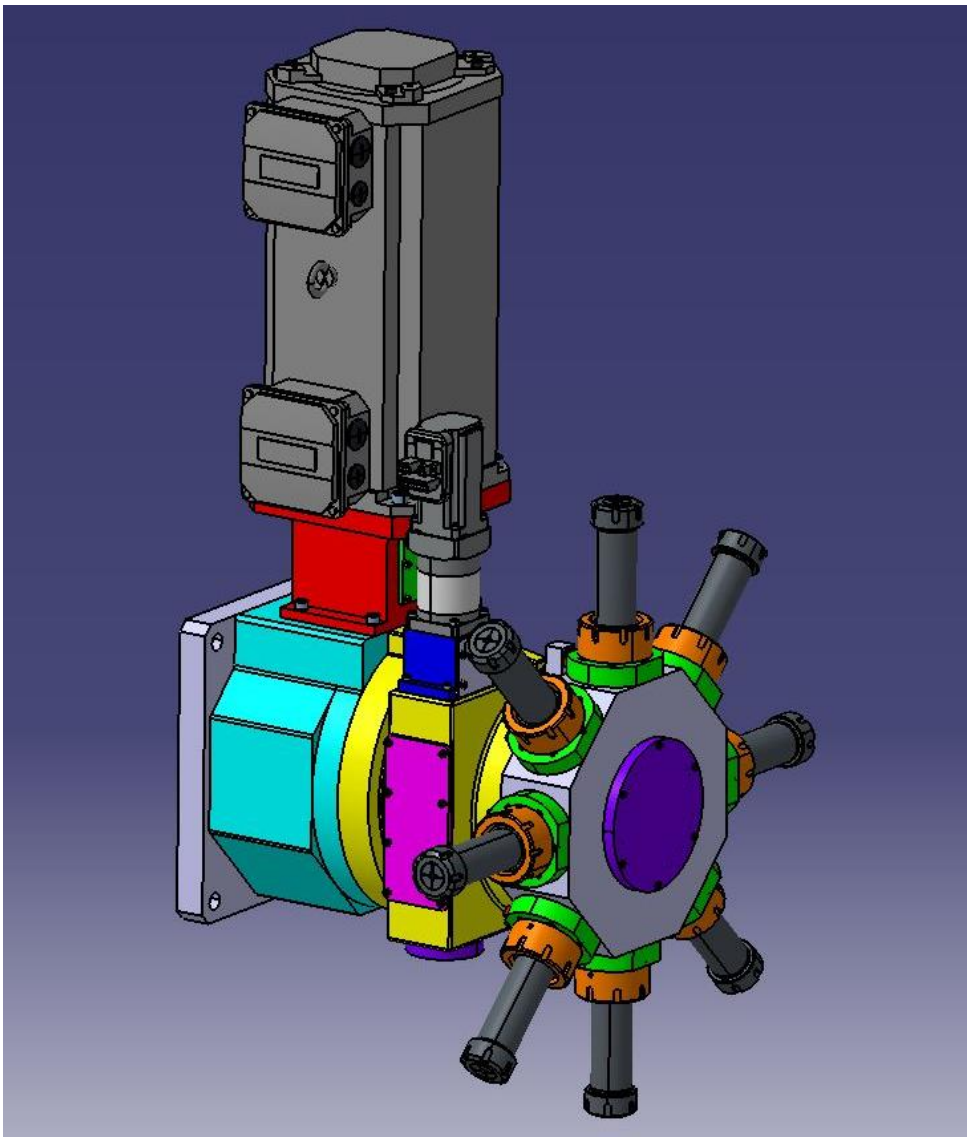
Kako bi se osigurala precizna obrada, potrebno je pozicionirati alat na kut od 90° u odnosu na obradak. Točno kutno pozicioniranje glave izvodi se djelomično pomoću servomotora za izmjenu alata i preciznog prijenosnog omjera koji je ostvaren planetarnim i pužnim prijenosnicima. No, radi sigurnosti, na stražnju stranu alata ugrađuje se jedan mali izdanak, a na nosač iza glave jedan prekidač. Kada je alat na pravoj poziciji, izdanak stisne prekidač te prekidač šalje signal upravljačkoj jedinici da se provjeri pozicija glave i uključi kočnica te se zaustavi gibanje na točnoj poziciji koju zahtjeva alat. Time se i mehanički osigurava preciznost pozicioniranja Na slici 37. prikazani su1 izdanak i prekidač .



Slika 37. Prekidač i izdanak

10. Zaključak

U ovome radu konstruiran je i proračunat nosač alata CNC glodalice. Nosač ima 8 pozicija za alate, alati su pričvršćeni pomoću stezne ljuske ER 32. Sklop prihvata alata učvršćen je i osiguran za glavu pomoću poklopaca sa izdancima koji se ukljinjuju u utore na prihvatu alata. Za ležištenje alata koristili su se FAG-ovi spindle ležajevi. Cijela glava je uležištena pomoću dva velika kuglična ležaja na nosač koji je vijcima pričvršćen na drugi nosač koji je konačno učvršćen za stražnju ploču koja se vijcima veže na nosivu konstrukciju stroja. Prijenos snage i gibanja s motora za pogon alata izvodi se zupčastim remenom, a sa drugog vratila na spindle se izvodi utorom i izdankom koji prenose oblikom. Prijenos snage i gibanja sa motora za pogon izmjene alata na glavu izveo se pužnim prijenosnikom. Za sve pogone korišteni su servo motori marke FerroControl, za servo spojke koristile su se ServoClass DoubleFlex spojke. Kako bi se osiguralo pozicioniranje glave nakon rotacije alata, izveo se izdanak je na stražnjoj strani glave te kada dolazi na mjesto, pritisne prekidač koji šalje signal i pali kočnicu motora. Uređaj je brtvljen na više mjesta kako nebi došlo do onečišćenja ili curenja maziva pomoću SKF-ovih brtvi. Na slici 38. prikazan je konačan model Nosača alata CNC glodalice.



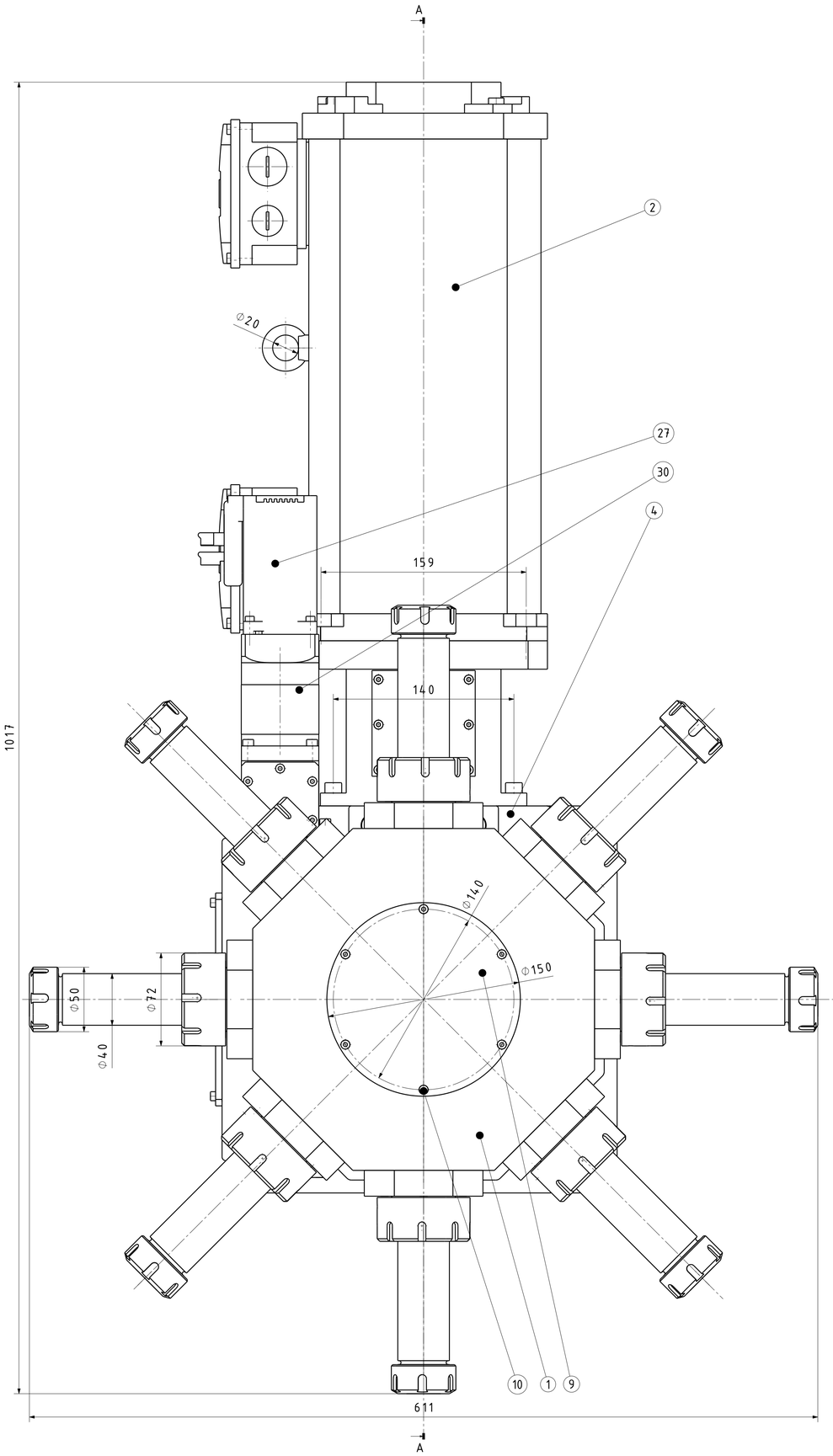
Slika 38. Nosač alata CNC glodalice

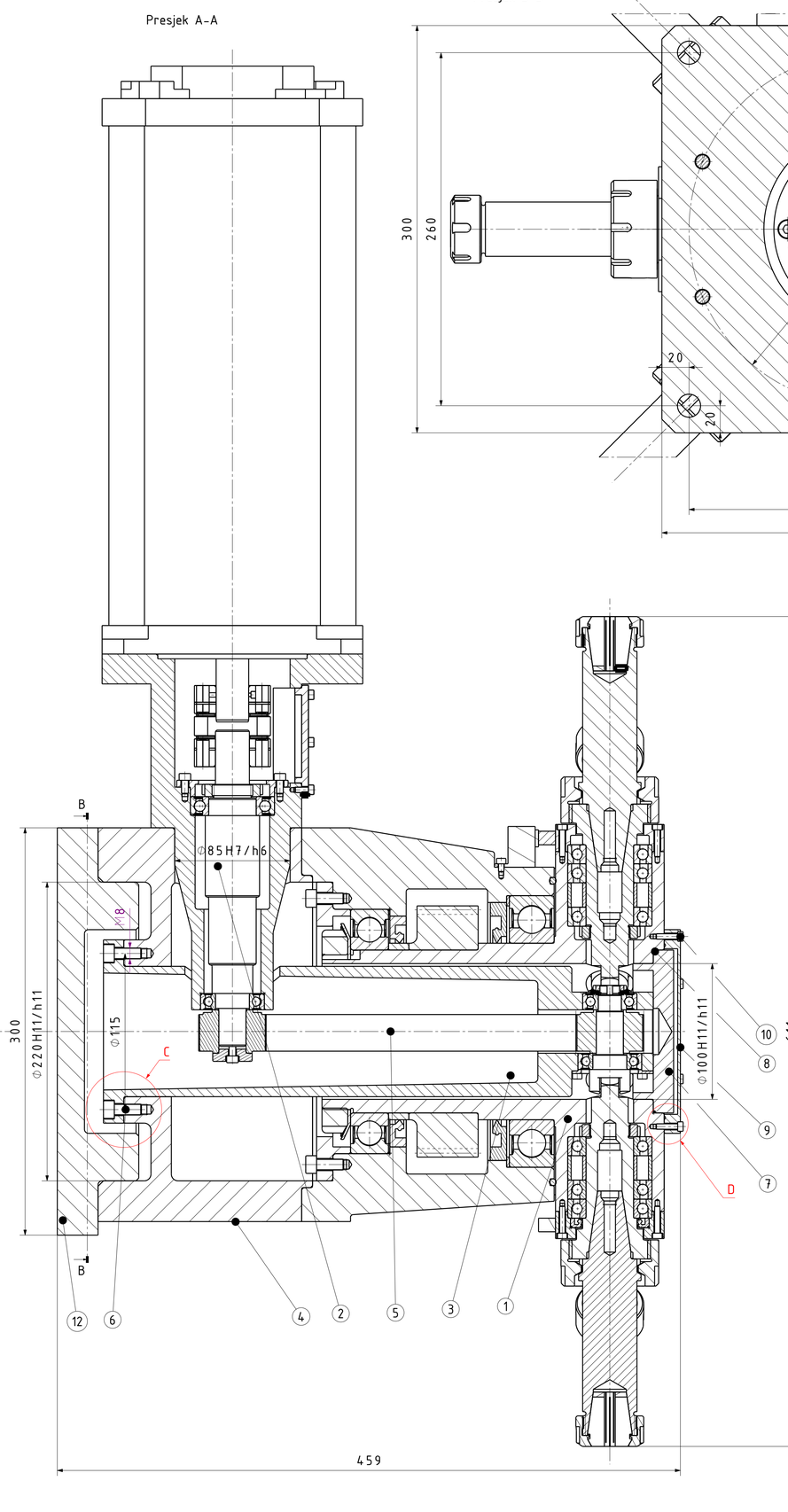
LITERATURA

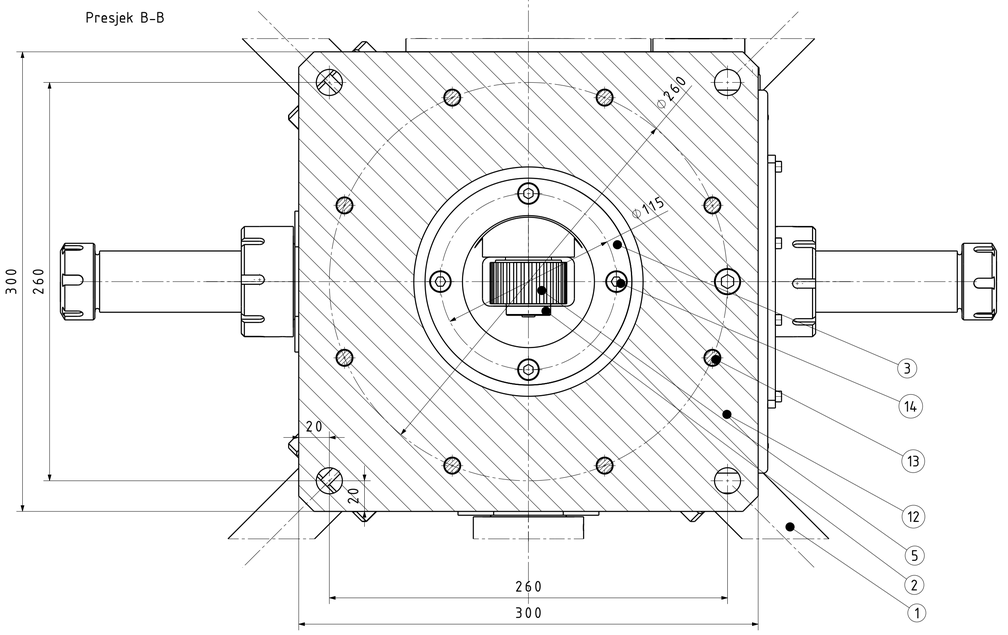
[1] Bošnjaković, Mladen: Numerički upravljani alatni strojevi, Školska knjiga, 2018.
[2] https://www.mmsonline.com/articles/key-cnc-concept-1the-fundamentals-of-cnc
[3] Cukor, Goran: Proračun u obradi skidanjem strugotine, Tehnički fakultet sveučilišta u Rijeci, 2006.
[4] Vučković Krešimir, Remenski prijenosi, skripta EK2, FSB Zagreb, 2017.
[5] Horvat Zvonimir, Vratilo, FSB Zagreb
[6] Vučković Krešimir, Vratila, skripta EK2, FSB Zagreb, 2017.
[7] Oberšmit, Eugen, Ozubljenja i zupčanici, SNL Zagreb, 1982.
[8] Kraut Bojan, Strojarski priručnik, Sajema Zagreb, 2009.

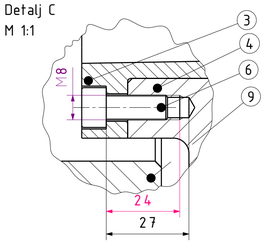
PRILOZI

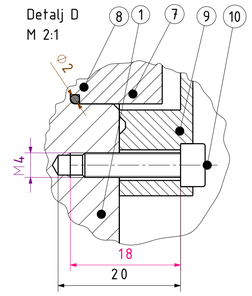
- Tehnička dokumentacija Nosač alata CNC glodalice
- Svojstva aluminijske legure AlMgSi0,5
- Tehnička dokumentacija servomotora za pogon alata: E°SL-071-12-60-37-BN31
- Tehnička dokumentacija servomotora za pogon promjene alata: E°SC3-030-D7-30
- Tehnička dokumentacija servomotora za pogon posmičnog gibanja: E°SL-063-04-30
- Tehnička dokumentacija planetarnog prijenosnika Varitron DA 060
- Tehnička dokumentacija servo spojki ServoClass DoubleFlex SC040R i SC050R
- Tehnička dokumentacija kugličnih vretena Thomson KGF-D (FK)











Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Dimenzije	Masa
30	Planetarni prijenosnik	1	Varitron DA060	–	60x150	1,3 kg
29	Vijak M4x6	5	DIN 912	8.8	Ø6x10	0,001kg
28	Poklopac spojke	1	–	ČL.4732	60x60x7	0,11kg
27	Servo motor	1	E°SC3-030-D7-30	–	250x80	1,8 kg
26	Servo spojka	1	SFC-040D	–	Ø44x48	0,25kg
25	Prirubnica puža	1	–	ČL.4732	80x70x60	0,78kg
24	Poklopac puža	1	–	S235JR	165x75x7,5	0,5kg
23	Vijak M4x10	8	DIN 912	8.8	Ø6x15	0,001kg
22	O-ring kod puža	1	–	Silikon	160x70xØ3	–
21	Vijak M5x16	4	DIN 912	8.8	Ø8x22	0,001kg
20	Poklopac ispod puža	1	–	S235JR	Ø75x25	0,36kg
19	SKF matica	1	SKF KMK 5	–	Ø38x9	0,03kg
18	SKF matica	1	SKF KM5	–	Ø38x7	0,028kg
17	Zvijezdasta pločica	1	SKF MB5	–	Ø42x1,25	0,006kg
16	Ležaj 6006	1	SKF 6006	–	Ø55x13	0,12kg
15	Puž	1	–	C45E	Ø50x300	2,2kg
14	Vijak M8x25	4	DIN 912	8.8	Ø12x35	0,002kg
13	Vijak M10x45	6	DIN 912	8.8	Ø16x55	0,003kg
12	Stražnja ploča	1	–	S235JR	300x300x60	24kg
11	Vijak M5x20	8	DIN 912	8.8	Ø8x25	0,001kg
10	Vijak M4x16	6	DIN 912	8.8	Ø6x20	0,001kg
9	Maskirni poklopac	1	–	S235JR	Ø150x12	0,75kg
8	O-ring	1	–	Silikon	Ø2xØ120	–
7	Prednji poklopac	1	–	S235JR	Ø120x30	1,5kg
6	Vijak M8x20	8	DIN 912	8.8	Ø13x30	0,002kg
5	Zupčasti remen	1	–	–	700x30	–
4	Vanjski nosač	1	–	ČL.4732	310x280x170	51kg
3	Sklop nosača	1	100-100-3	–	Ø135x405	8,1kg
2	Sklop alatnog motora	1	100-100-2	–	733x255x192	90kg
1	Sklop glave	1	100-100-1	–	611x611x267	103kg

Broj naziva - code

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	09.2019.	Ivan Špoljarec	
Razradio	09.2019.	Ivan Špoljarec	
Crtao	13.09.2019	Ivan Špoljarec	
Pregledao	20.9.2019.	Matija Hoić	

FSB Zagreb

ISO - tolerancije

Ø55H7/h6	+0,060	0,000
Ø85H7/h6	+0,070	0,000
Ø100H11/h11	+0,440	0,000
Ø220H11/h11	+0,580	0,000

Objekt: | Objekt broj: | R. N. broj:

Napomena: | Kopija

Materijal: | Masa: 300 kg

Mjerilo originala 1 : 2

Naziv: Nosač alata CNC glodalice

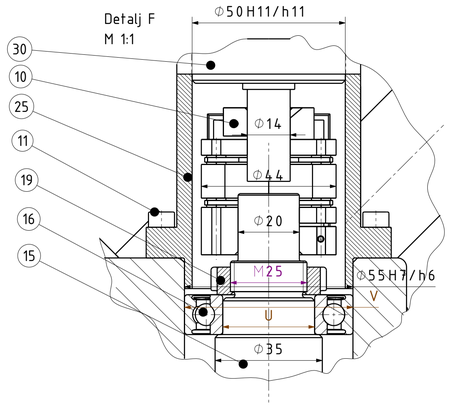
Pozicija:

Format: A1 | Listova: 3 | List: 1

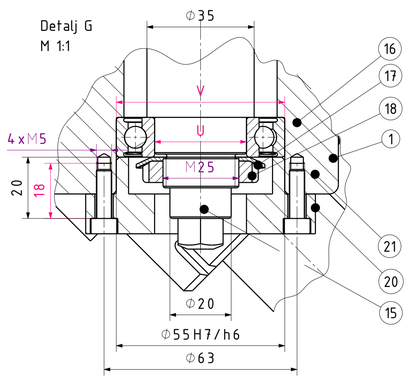
Crtež broj: 100-100-0

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

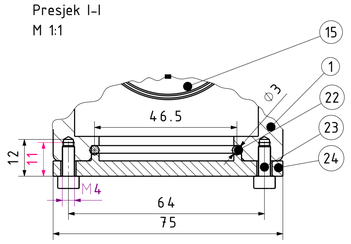
Detalj F
M 1:1



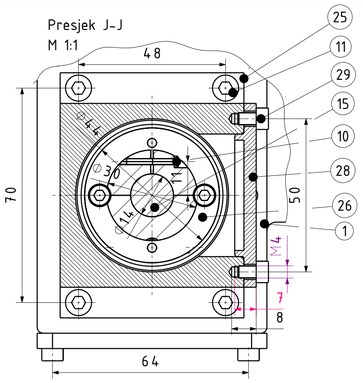
Detalj G
M 1:1



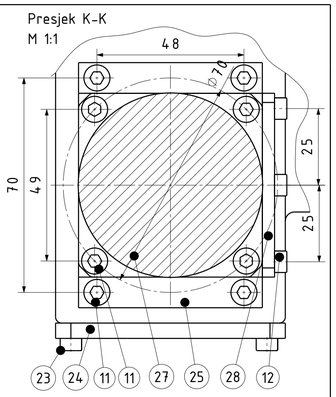
Presjek I-I
M 1:1



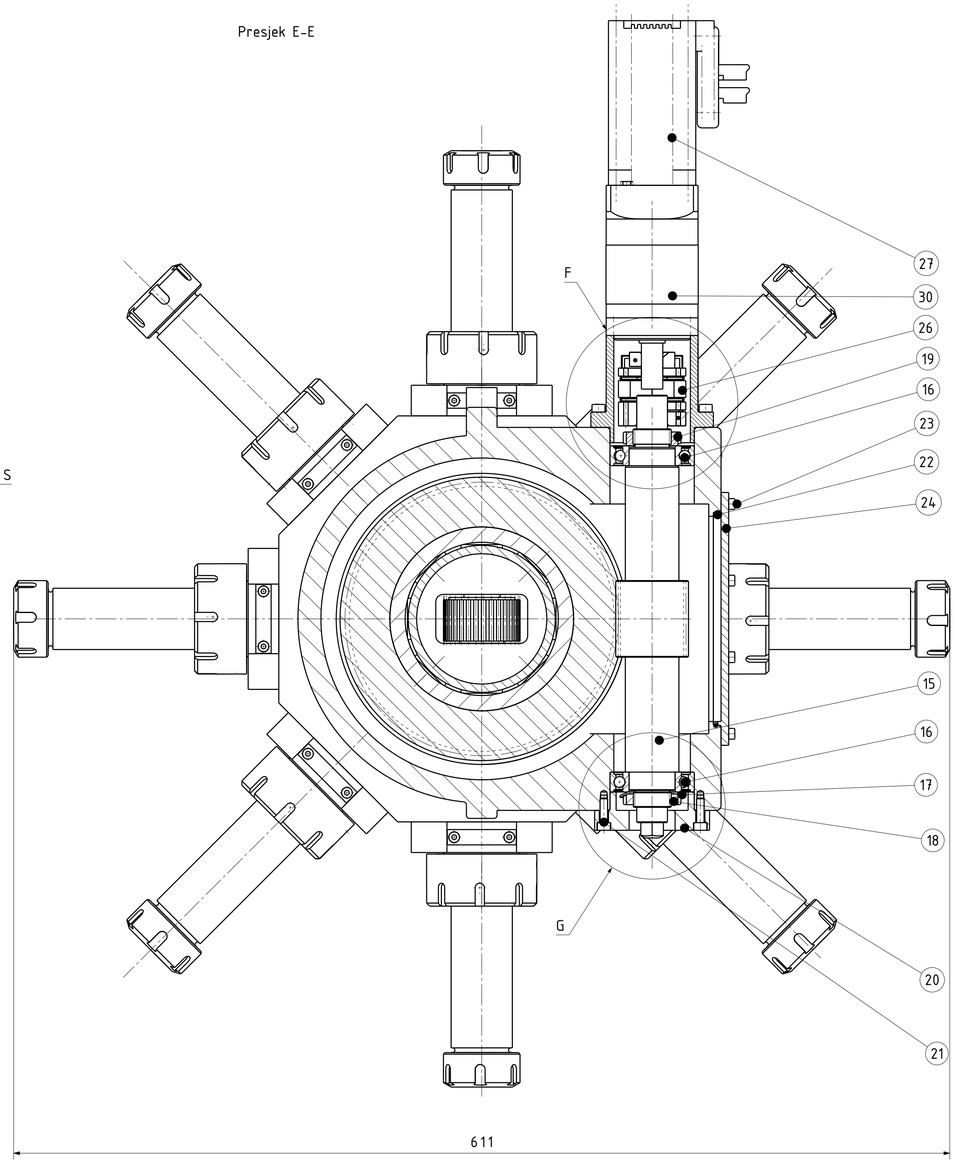
Presjek J-J
M 1:1



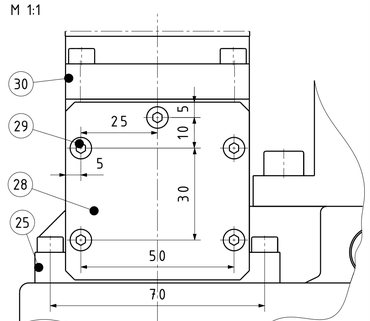
Presjek K-K
M 1:1



Presjek E-E



Presjek L-L
M 1:1



Napomena:
- Kota U je spoj unutarnjeg prstena ležaja 6006 i Φ30r6
- Kota E je spoj vanjskog prstena ležaja 6006 i Φ55H7

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Dimenzije	Masa
30	Planetarni prijenosnik	1	Varitron DA060	-	60x150	1,3 kg
29	Vijak M4x6	5	DIN 912	8.8	Φ6x10	0,001kg
28	Poklopac spojke	1	-	ČL.4732	60x60x7	0,11kg
27	Servo motor	1	E*SC3-030-D7-30	-	250x80	1,8 kg
26	Servo spojka	1	SFC-040D	-	Φ44x48	0,25kg
25	Prirubnica puža	1	-	ČL.4732	80x70x60	0,78kg
24	Poklopac puža	1	-	S235JR	165x75x7,5	0,5kg
23	Vijak M4x10	8	DIN 912	8.8	Φ6x15	0,001kg
22	O-ring kod puža	1	-	Silikon	160x70xΦ3	-
21	Vijak M5x16	4	DIN 912	8.8	Φ8x22	0,001kg
20	Poklopac ispod puža	1	-	S235JR	Φ75x25	0,36kg
19	SKF matica	1	SKF KMK 5	-	Φ38x9	0,03kg
18	SKF matica	1	SKF KM5	-	Φ38x7	0,028kg
17	Zvijezdasta pločica	1	SKF MB5	-	Φ42x1,25	0,006kg
16	Ležaj 6006	1	SKF 6006	-	Φ55x13	0,12kg
15	Puž	1	-	C45E	Φ50x300	2,2kg
14	Vijak M8x25	4	DIN 912	8.8	Φ12x35	0,002kg
13	Vijak M10x45	6	DIN 912	8.8	Φ16x55	0,003kg
12	Stražnja ploča	1	-	S235JR	300x300x60	24kg
11	Vijak M5x20	8	DIN 912	8.8	Φ8x25	0,001kg
10	Vijak M4x16	6	DIN 912	8.8	Φ6x20	0,001kg
9	Maskirni poklopac	1	-	S235JR	Φ150x12	0,75kg
8	O-ring	1	-	Silikon	Φ2xΦ120	-
7	Prednji poklopac	1	-	S235JR	Φ120x30	1,5kg
6	Vijak M8x20	8	DIN 912	8.8	Φ13x30	0,002kg
5	Zupčasti remen	1	-	-	700x30	-
4	Vanjski nosač	1	-	ČL.4732	310x280x170	51kg
3	Sklop nosača	1	100-100-3	-	Φ135x405	8,1kg
2	Sklop alatnog motora	1	100-100-2	-	733x255x192	90kg
1	Sklop glave	1	100-100-1	-	611x611x267	103kg

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	09.2019.	Ivan Spoljarec	
Razradio	09.2019.	Ivan Spoljarec	
Crtao	23.09.2019.	Ivan Spoljarec	
Pregledao	20.9.2019.	Matija Hoić	

Broj naziva - code

FSB Zagreb

ISO - tolerancije

Φ50H11/h11	+0,032	0,000
Φ55H7/h6	+0,060	0,000
Φ85H7/h6	+0,070	0,000

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Masa: 300 kg

Mjerilo originala

1 : 2

Naziv:

Nosač alata CNC glodalice

Pozicija:

Format: A1

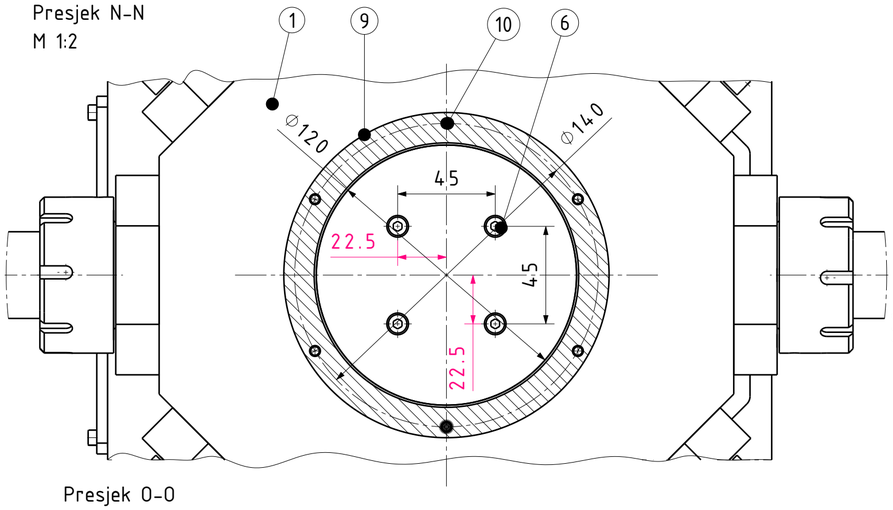
Listova: 3

List: 2

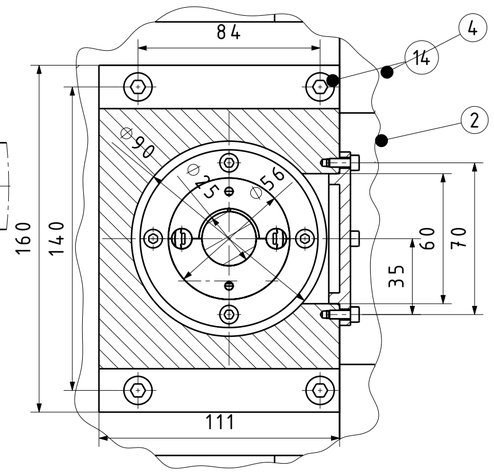
Crtež broj: 100-100-0

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

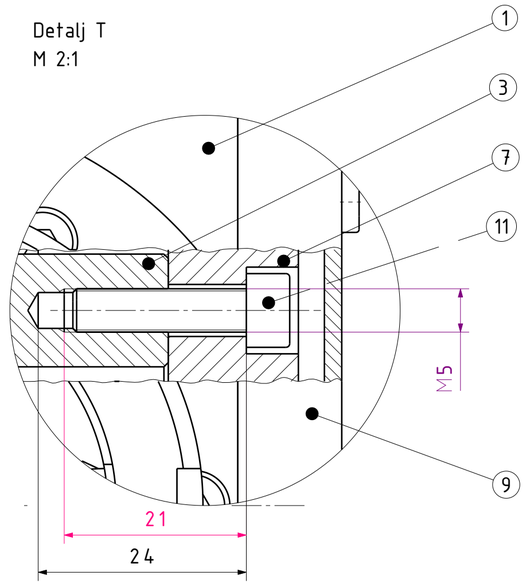
Presjek N-N
M 1:2



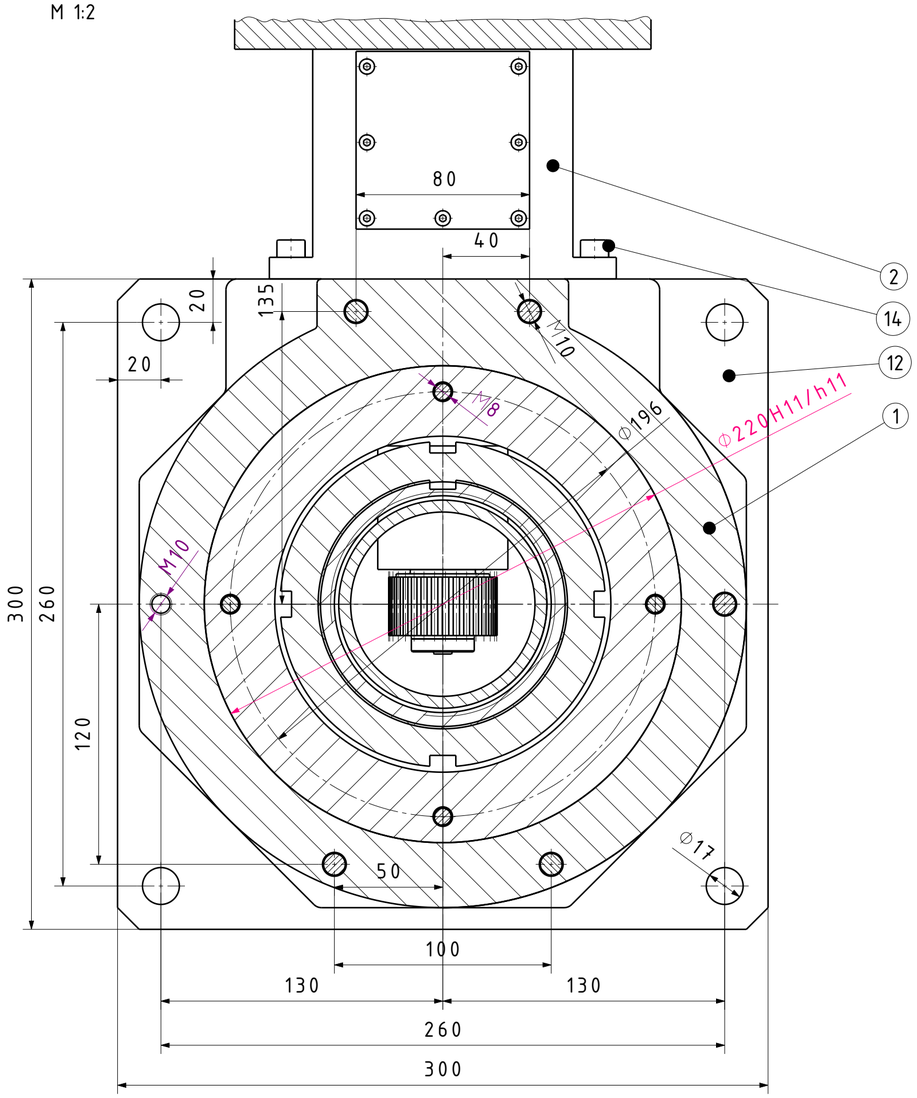
Presjek P-P
M 1:2



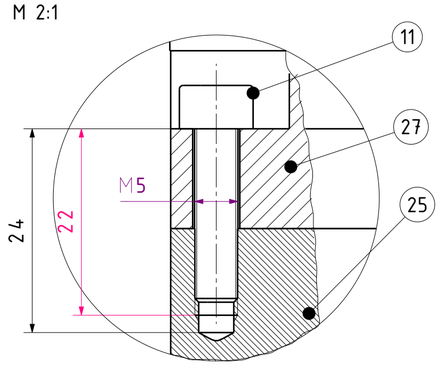
Detalj T
M 2:1



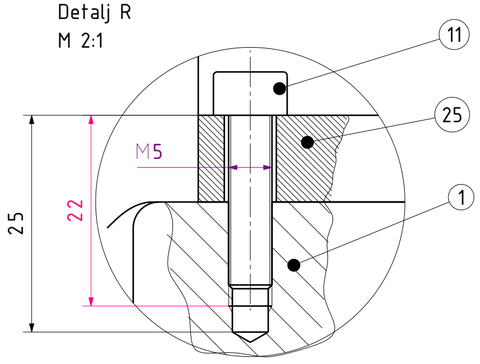
Presjek O-O
M 1:2



Detalj Q
M 2:1



Detalj R
M 2:1



Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Dimenzije	Masa
30	Planetarni prijenosnik	1	Varitron DA060	–	60x150	1,3 kg
29	Vijak M4x6	5	DIN 912	8.8	Ø6x10	0,001kg
28	Poklopac spojke	1	–	ČL.4732	60x60x7	0,11kg
27	Servo motor	1	E*SC3-030-D7-30	–	250x80	1,8 kg
26	Servo spojka	1	SFC-040D	–	Ø44x48	0,25kg
25	Prirubnica puža	1	–	ČL.4732	80x70x60	0,78kg
24	Poklopac puža	1	–	S235JR	165x75x7,5	0,5kg
23	Vijak M4x10	8	DIN 912	8.8	Ø6x15	0,001kg
22	O-ring kod puža	1	–	Silikon	160x70xØ3	–
21	Vijak M5x16	4	DIN 912	8.8	Ø8x22	0,001kg
20	Poklopac ispod puža	1	–	S235JR	Ø75x25	0,36kg
19	SKF matica	1	SKF KMK 5	–	Ø38x9	0,03kg
18	SKF matica	1	SKF KM5	–	Ø38x7	0,028kg
17	Zvijezdasta pločica	1	SKF MB5	–	Ø42x1,25	0,006kg
16	Ležaj 6006	1	SKF 6006	–	Ø55x13	0,12kg
15	Puž	1	–	C45E	Ø50x300	2,2kg
14	Vijak M8x25	4	DIN 912	8.8	Ø12x35	0,002kg
13	Vijak M10x45	6	DIN 912	8.8	Ø16x55	0,003kg
12	Stražnja ploča	1	–	S235JR	300x300x60	24kg
11	Vijak M5x20	8	DIN 912	8.8	Ø8x25	0,001kg
10	Vijak M4x16	6	DIN 912	8.8	Ø6x20	0,001kg
9	Maskirni poklopac	1	–	S235JR	Ø150x12	0,75kg
8	O-ring	1	–	Silikon	Ø2xØ120	–
7	Prednji poklopac	1	–	S235JR	Ø120x30	1,5kg
6	Vijak M8x20	8	DIN 912	8.8	Ø13x30	0,002kg
5	Zupčasti remen	1	–	–	700x30	–
4	Vanjski nosač	1	–	ČL.4732	310x280x170	51kg
3	Sklop nosača	1	100-100-3	–	Ø135x405	8,1kg
2	Sklop alatnog motora	1	100-100-2	–	733x255x192	90kg
1	Sklop glave	1	100-100-1	–	611x611x267	103kg

Broj naziva - code

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	09.2019.	Ivan Špoljarec	
Razradio	09.2019.	Ivan Špoljarec	
Crtao	18.9.2019.	Ivan Špoljarec	
Pregledao	20.9.2019.	Matija Hoić	

FSB Zagreb

ISO - tolerancije: Ø220H11/h11 +0,580 0,000

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Masa: 300 kg

Naziv: Nosač alata CNC glodalice

Pozicija:

Format: A2

Mjerilo originala 1 : 2

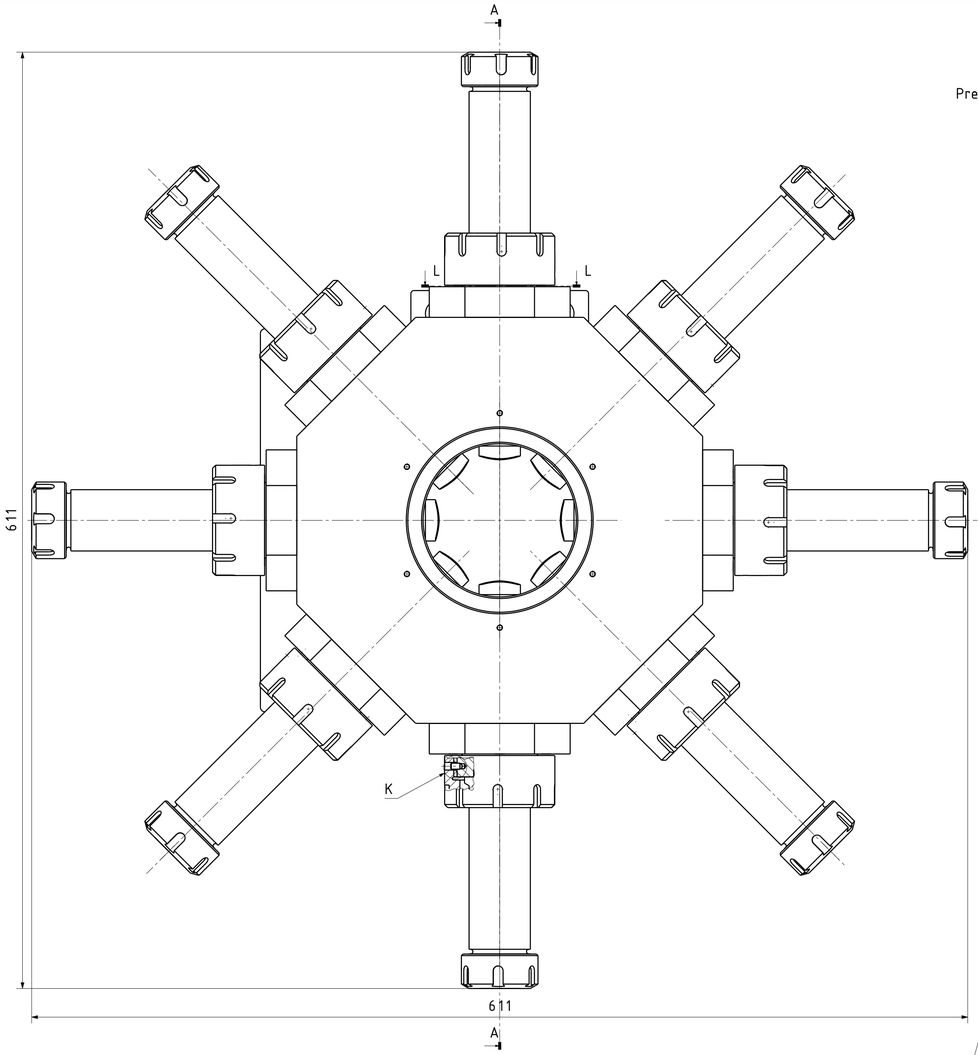
Crtež broj: 100-100-0

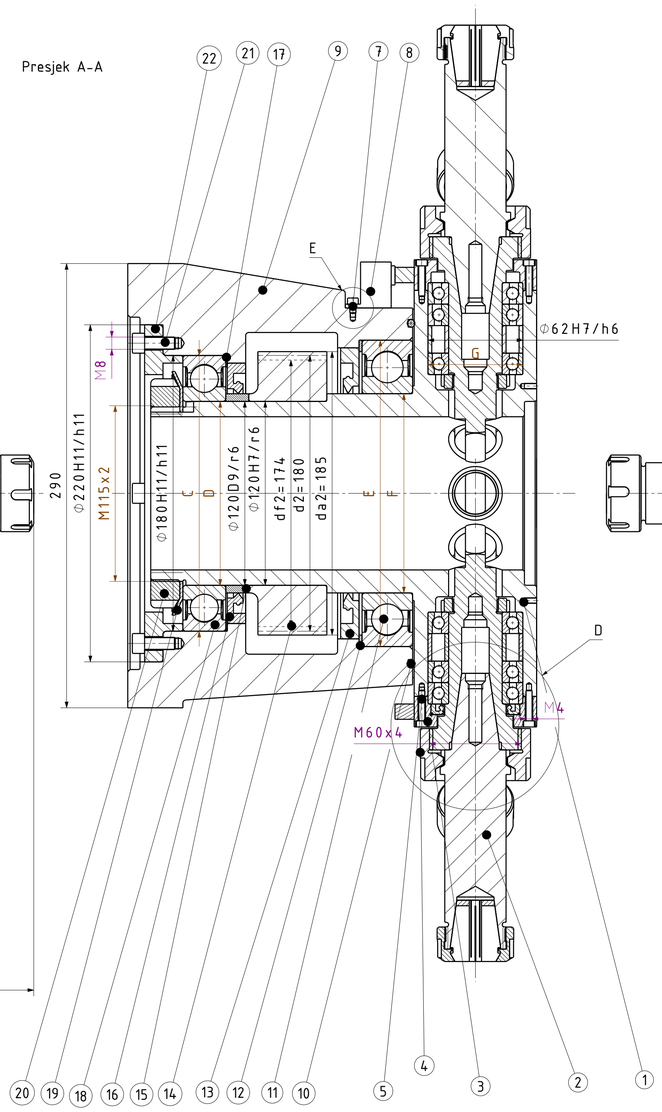
Listova: 3

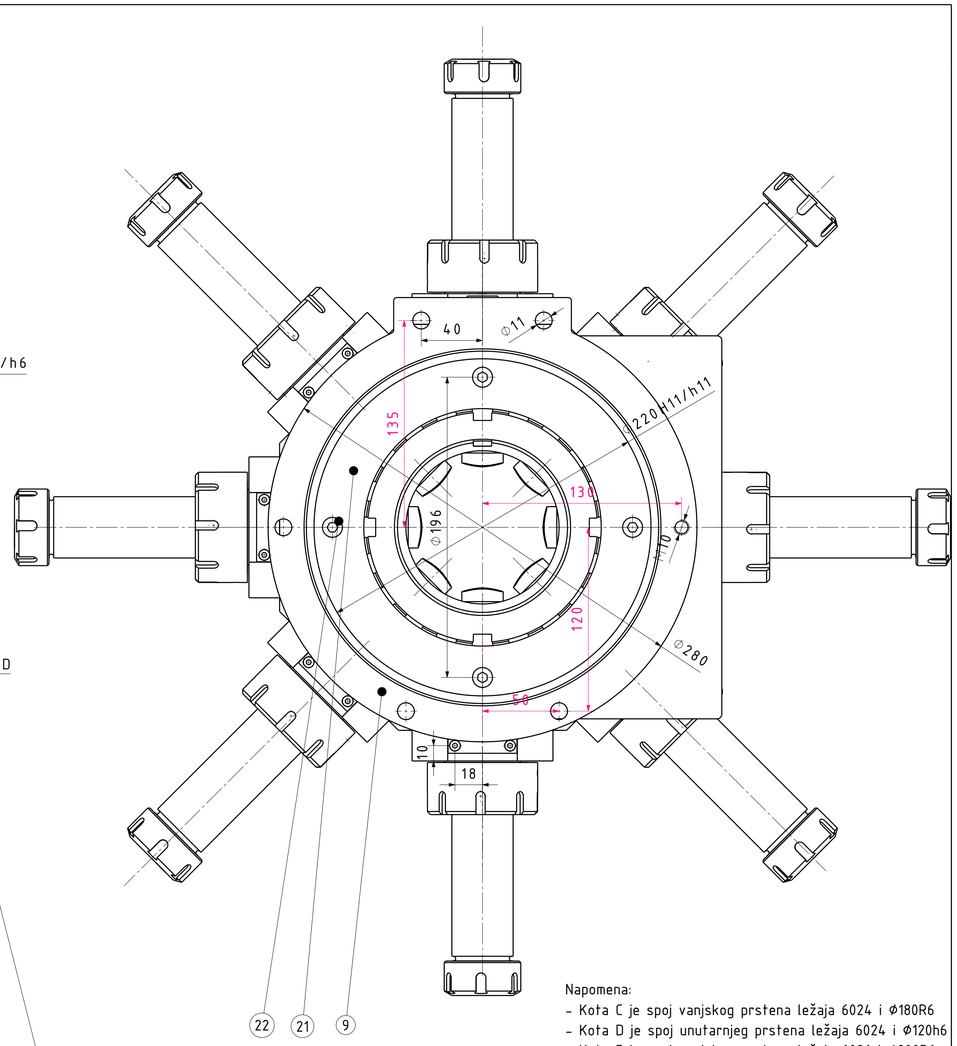
List: 3

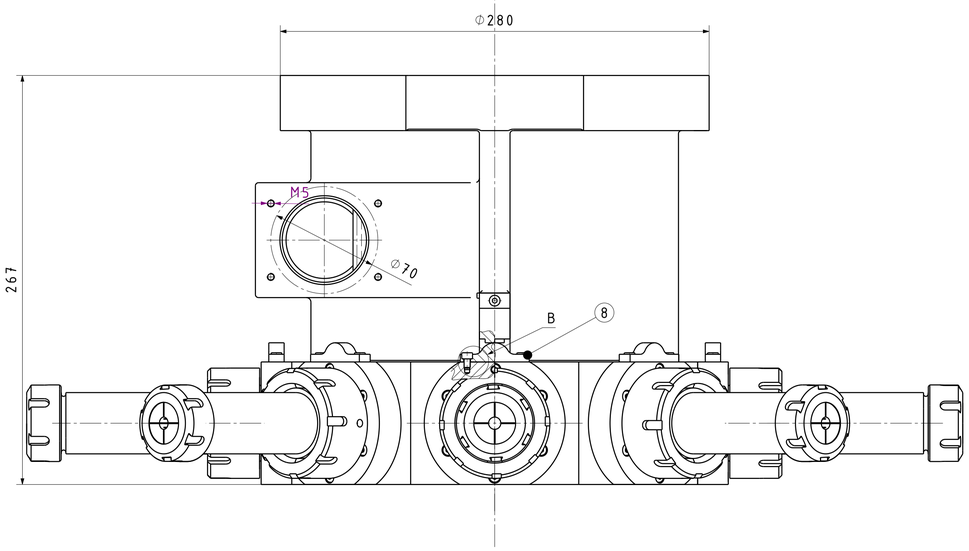
Design by CADLab DŽ

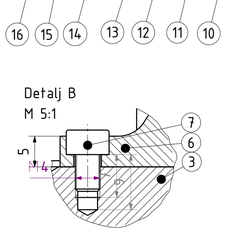
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

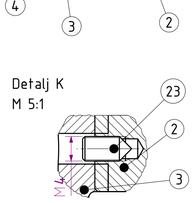


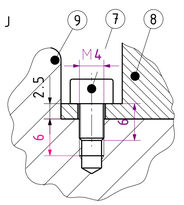


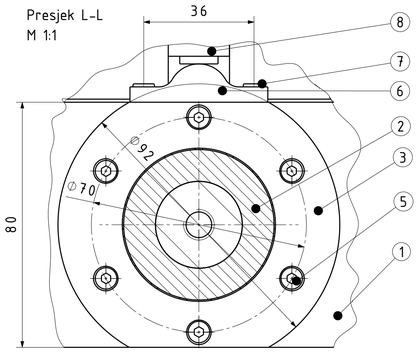


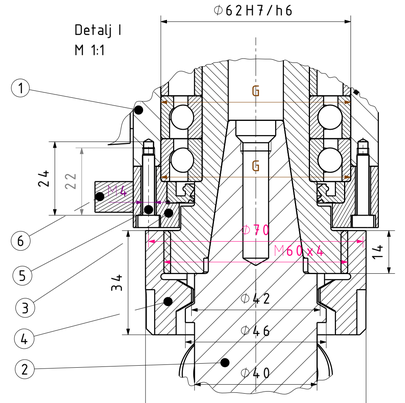












Napomena:
- Kota C je spoj vanjskog prstena ležaja 6024 i Φ180R6
- Kota D je spoj unutarnjeg prstena ležaja 6024 i Φ120h6
- Kota E je spoj vanjskog prstena ležaja 6026 i Φ200R6
- Kota F je spoj unutarnjeg prstena ležaja 6026i Φ130h6
- Kota G je spoj vanjskog prstena ležaja B7007 i Φ62H7

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Dimenzije	Masa
23	Vijak M4x8	8	DIN 914	8.8	Φ4x10	0,001kg
22	Vijak M8x20	4	DIN 912	8.8	Φ13x30	0,015kg
21	Poklopac	1	–	S235JR	Φ220x2,5	2,05 kg
20	SKF matica	1	SKF KM23	–	Φ150x2	0,91 kg
19	Zvjezdasta pločica	1	SKF MB23	–	Φ137x2	0,11 kg
18	Ležaj 6024	1	SKF 6024-2RS1	–	Φ180x28	2,1 kg
17	Distancer 2	1	–	S235JR	Φ180x2	0,03 kg
16	Brtva manja	1	SKF HMS5-RG	–	Φ130x170x12	0,1 kg
15	Prsten	1	–	S235JR	Φ130x15	0,23kg
14	Pužno kolo	1	–	ČL.4732	Φ185x51	5,6kg
13	Brtva veća	1	SKF HMS5-RG	–	Φ130xΦ190x12	0,12kg
12	Distancer 1	1	–	S235JR	Φ200x2	0,07kg
11	Ležaj 6026	1	SKF 6026-2RS1	–	Φ200x33	3,3kg
10	O-ring	1	–	?	Φ5xΦ222	0,003kg
9	Prirubnica glave	1	–	42CrMo4	330x190	30kg
8	Prekidač	1	–	–	30x30x20	0,1 kg
7	Vijak M4x6	17	DIN 912	8.8	Φ6x10	0,001kg
6	Izdanak	8	–	42CrMo4	40x10x12,5	0,02 kg
5	Vijak M4x20	48	DIN 912	8.8	Φ6x25	0,003kg
4	Navrtni poklopac	8	–	S235JR	Φ72x34	0,5kg
3	Poklopac	8	–	S235JR	Φ92x20	0,6kg
2	Sklop alata	8	100-100-101	–	Φ62x266	3,3kg
1	Glava	1	–	ČL.4732	270x270x260	24kg

Broj naziva - code

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	09.2019.	Ivan Špoljarec	
Razradio	09.2019.	Ivan Špoljarec	
Crtao	12.9.2019.	Ivan Špoljarec	
Pregledao	20.9.2019.	Matija Hoić	

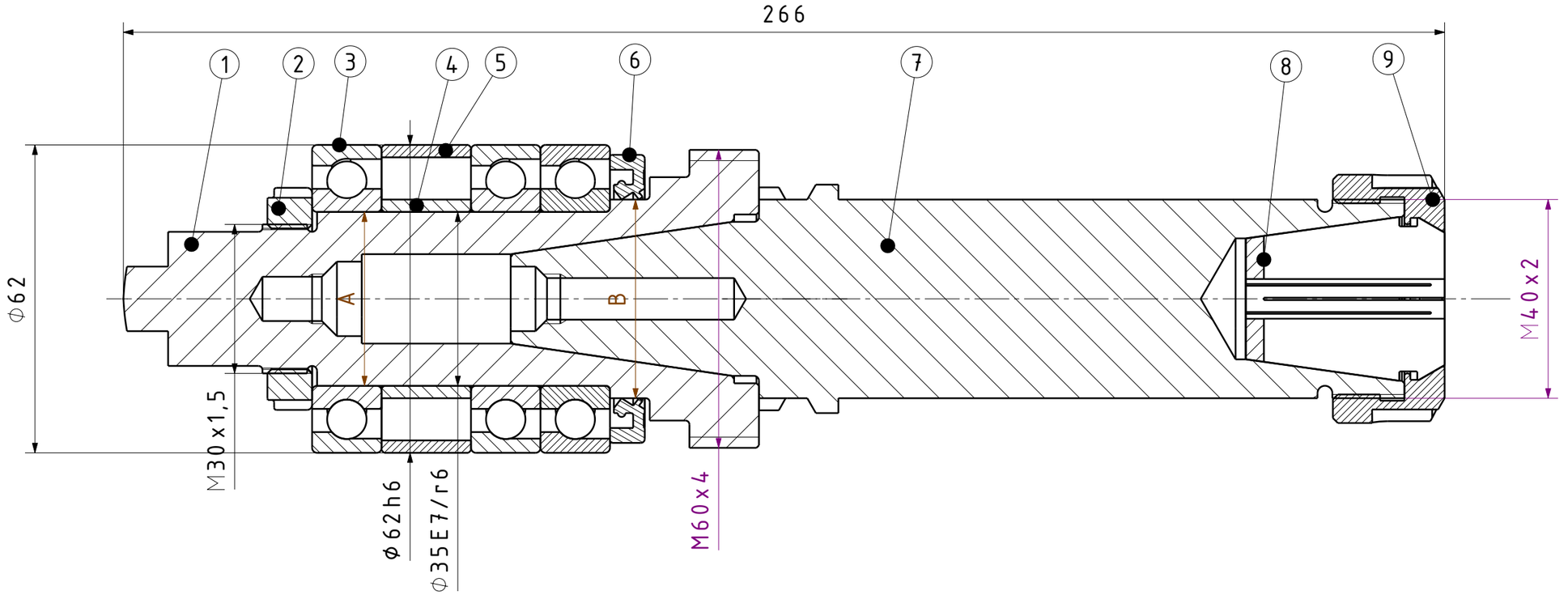
FSB Zagreb

ISO - tolerancije

Φ62H7/h6	+0,049	0,000
Φ120H7/r6	-0,019	-0,076
Φ120D9/r6	+0,153	+0,044
Φ180H11/h11	+0,500	0,000
Φ220H11/h11	+0,580	0,000

Objekt: Nosač alata CNC glodalice
Objekt broj:
R. N. broj:
Napomena:
Kopija
Materijal:
Masa: 103 kg
Mjerilo originala 1 : 2
Naziv: Sklop glave
Pozicija: 1
Format: A1
Listova:
Crtež broj: 100-100-1
List:

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Napomena: - Kota A je spoj tolerancije Φ35r6 i ležaja FAG B7007
- Kota B je spoj tolerancije Φ40h6 i brtve SKF HMSA-10-V

9	Stezni poklopac	1	-	42CrMo4	Φ50/M40x25	0,15kg
8	Stezna ljuska	1	ER 32	50CrV4	Φ33x40	0,2kg
7	Prihvat alata	1	-	42CrMo4	Φ46x190	1,3 kg
6	SKF Brtva	1	HMSA-10-V	-	Φ58/Φ40x7	0,02kg
5	Vanjski prsten	1	-	S235JR	Φ62/Φ57x18	0,05kg
4	Unutarnji prsten	1	-	S235JR	Φ40/Φ35x18	0,04kg
3	Spindle ležaj	3	FAG B7007	-	Φ62/Φ35x14	0,15kg
2	SKF matica	1	SKF KMK 6	-	Φ45/M35x9	0,06kg
1	Spindle	1	-	42CrMo4	Φ60x130	0,8 kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Dimenzije	Masa

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao	08.2019.	Ivan Špoljarec	
	Razradio	08.2019.	Ivan Špoljarec	
	Crtao	11.9.2019.	Ivan Špoljarec	
	Pregledao	20.9.2019.	Matija Hoić	

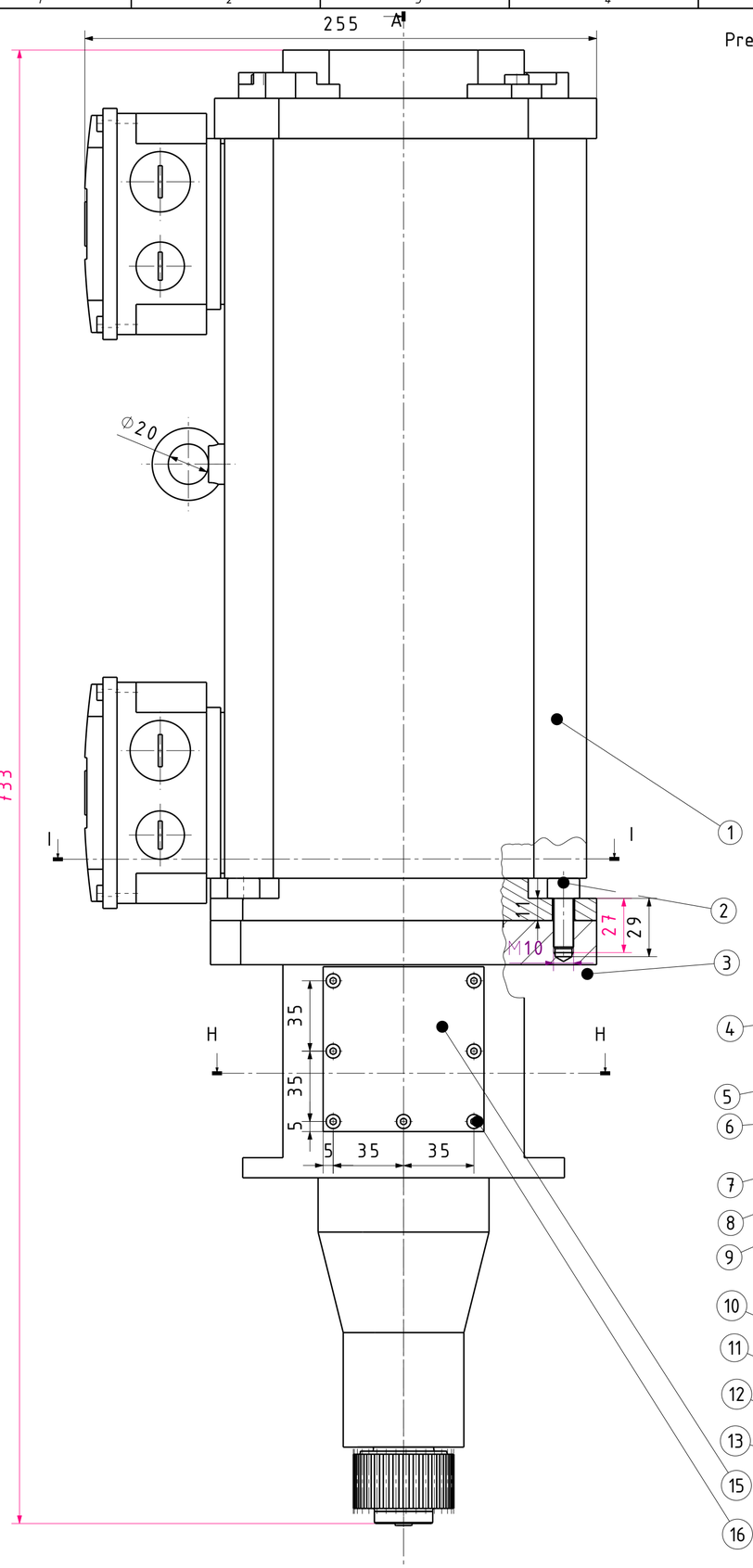
FSB Zagreb

ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:
Φ35 E7/r6	+0,041 / 0,000	Nosač alata CNC glodalice	R. N. broj:

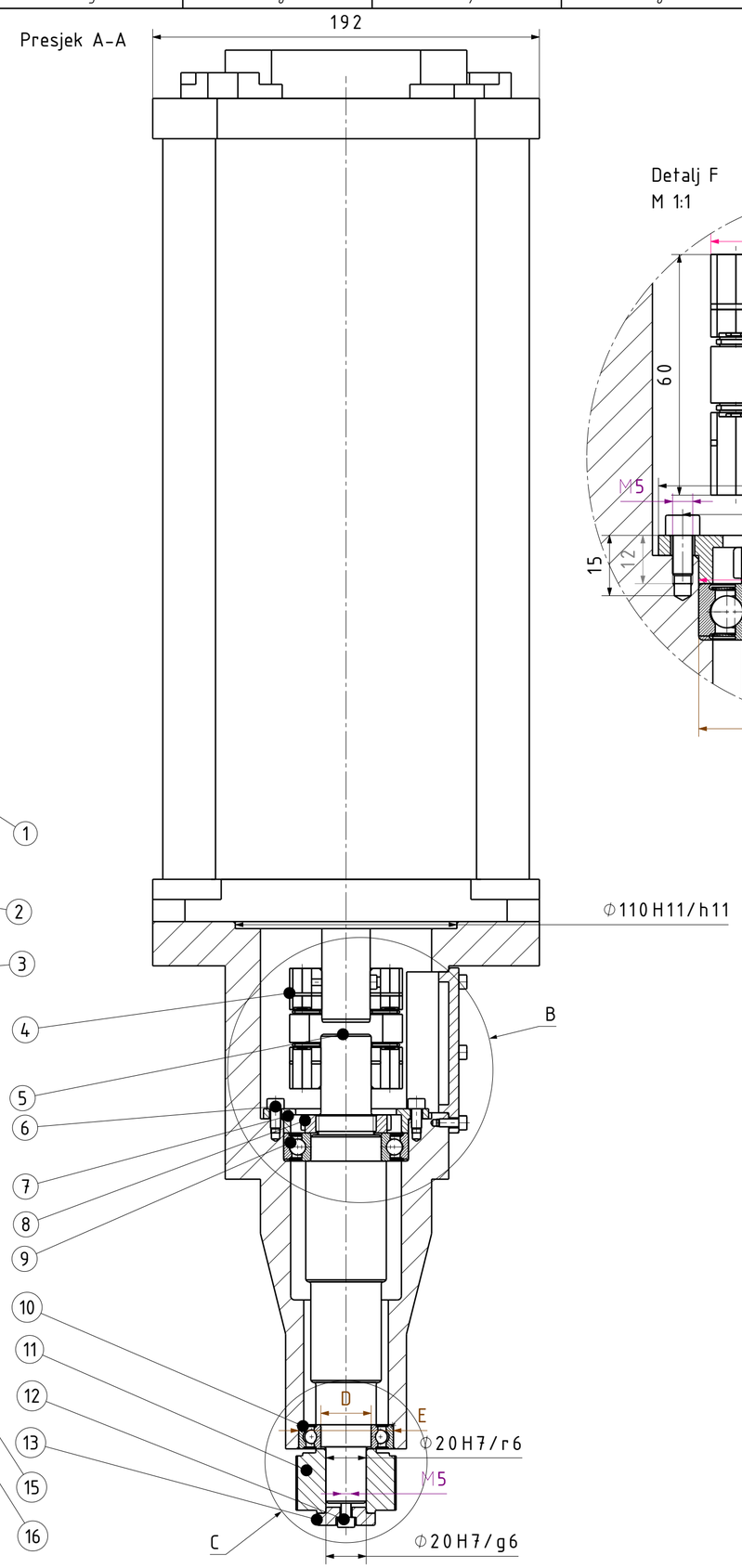
Napomena:			Kopija
Materijal:	Masa: 3,3 kg		
Mjerilo originala 1 : 1	Naziv: Sklop alata	Pozicija: 1	Format: A3
	Crtež broj: 100-101-1		Listova:
			List:

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

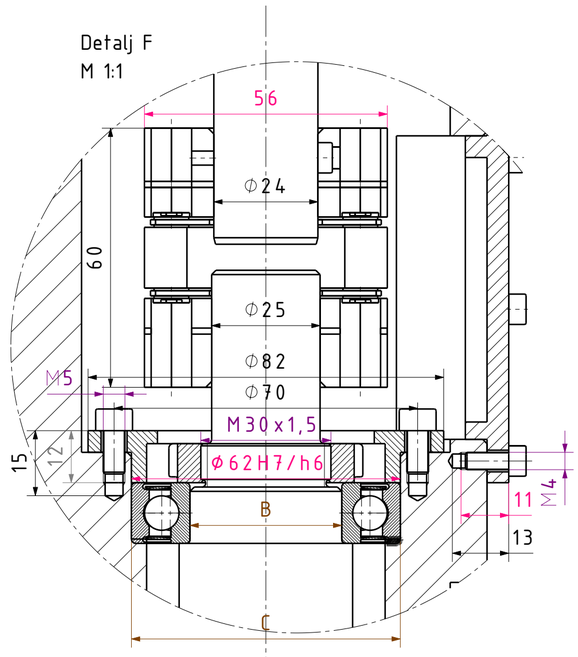
Design by CADLab



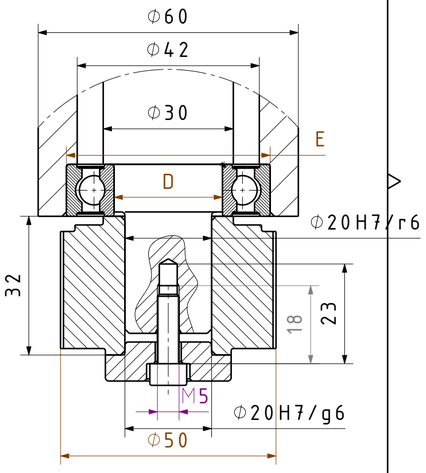
Presjek A-A



Detalj F
M 1:1



Detalj G
M 1:1



Napomena:
- Kota B je spoj unutarnjeg prstena ležaja SKF 6007-2RSH i ø35r6
- Kota C je spoj vanjskog prstena ležaja SKF 6007-2RSH i ø62H7
- Kota D je spoj unutarnjeg prstena ležaja SKF 6005-2RSH i Ø25r6
- Kota E je spoj vanjskog prstena ležaja SKF 6005-2RSH i Ø47H7

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Dimenzije	Masa
16	Poklopac spojke	1	-	ČL.4723	82x80x10	0,3 kg
15	Vijak M4x10	7	DIN 912	8.8	ø6x15	0,002kg
14	Vijak M4x20	4	DIN 912	8.8	ø8x25	0,005kg
13	Čep	1	-	Č.0361	ø30x10	0,035kg
12	Vijak M5x16	1	DIN 912	8.8	ø8x22	0,005kg
11	Remenica	1	-	Č.0545	ø50x32	0,35kg
10	Ležaj 6005	1	SKF 6005-2RSH	-	ø47x12	0,08kg
9	Ležaj 6007	1	SKF 6007-2RSH	-	ø62x14	0,16kg
8	SKF matica	1	SKF KMK 6	-	ø45x9	0,06kg
7	Poklopac	1	-	Č.0361	ø82x12	0,15kg
6	Vijak M5x10	4	DIN 912	8.8	ø8x15	0,003kg
5	Vratilo remena	1	-	Č.0361	ø40x235	1,5kg
4	Servo spojka	1	SFC-050-D	AlSi1Mg	ø56x60	0,5kg
3	Prirubnica motora	1	-	ČL.4732	195x265	14kg
2	Vijak M10x25	4	DIN 912	8.8	Ø16x35	0,03kg
1	Alatni motor	1	E°SL-071-12-60-37	-	382x166x166	14,5 kg

Broj naziva - code

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	08.2019.	Ivan Špoljarec	
Razradio	08.2019.	Ivan Špoljarec	
Crtao	11.9.2019.	Ivan Špoljarec	
Pregledao	20.9.2019.	Matija Hoić	

FSB Zagreb

ISO - tolerancije

ø20H7/g6	+0,041	+0,007
ø20H7/r6	-0,007	-0,041
ø62H7/h6	+0,049	0,000
ø110H11/h11	+0,440	0,000

Objekt: Nosač alata CNC glodalice

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Masa: 90 kg

Naziv: Sklop alatnog motora

Pozicija: 2

Format: A2

Mjerilo originala 1 : 2

Listova: 2

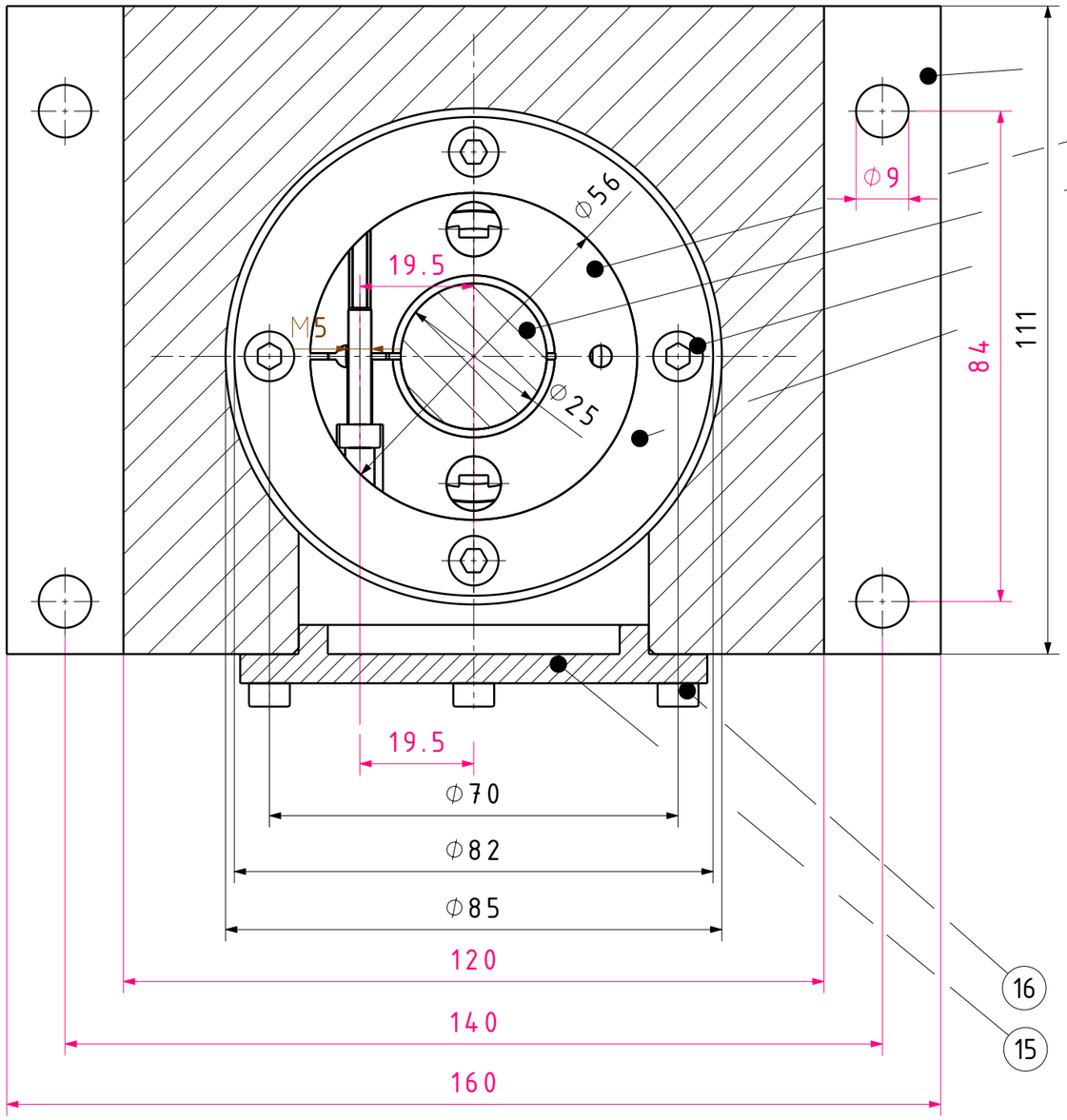
Crtež broj: 100-100-2

List: 1

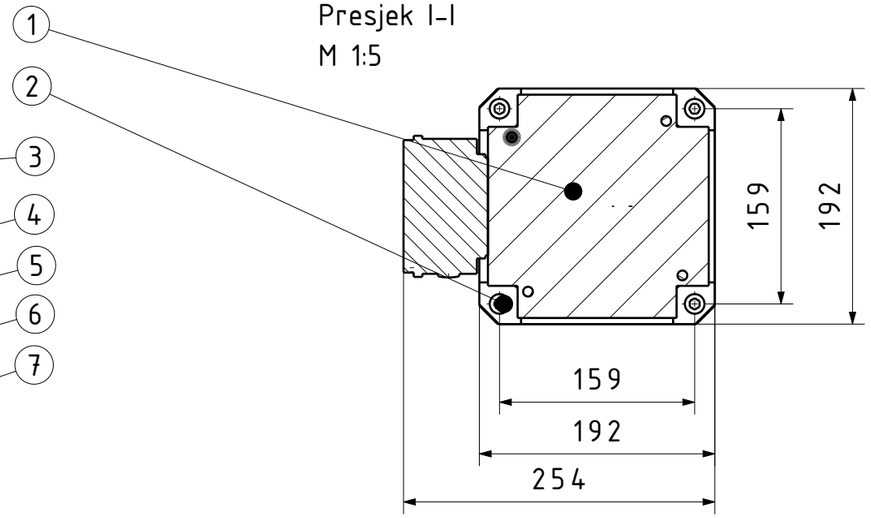
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab DŽ

Presjek H-H
M 1:1



Presjek I-I
M 1:5



Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Dimenzije	Masa
16	Poklopac spojke	1	-	ČL.4723	82x80x10	0,3 kg
15	Vijak M4x10	7	DIN 912	8.8	Ø6x15	0,002kg
14	Vijak M4x20	4	DIN 912	8.8	Ø8x25	0,005kg
13	Čep	1	-	Č.0361	Ø30x10	0,035kg
12	Vijak M5x16	1	DIN 912	8.8	Ø8x22	0,005kg
11	Remenica	1	-	Č.0545	Ø50x32	0,35kg
10	Ležaj 6005	1	SKF 6005-2RSH	-	Ø47x12	0,08kg
9	Ležaj 6007	1	SKF 6007-2RSH	-	Ø62x14	0,16kg
8	SKF matica	1	SKF KMK 6	-	Ø45x9	0,06kg
7	Poklopac	1	-	Č.0361	Ø82x12	0,15kg
6	Vijak M5x10	4	DIN 912	8.8	Ø8x15	0,003kg
5	Vratilo remena	1	-	Č.0361	Ø40x235	1,5kg
4	Servo spojka	1	SFC-050-D	AlSi1Mg	Ø56x60	0,5kg
3	Prirubnica motora	1	-	ČL.4732	195x265	14kg
2	Vijak M10x25	4	DIN 912	8.8	Ø16x35	0,03kg
1	Alatni motor	1	E°SL-071-12-60-37	-	382x166x166	14,5 kg

Broj naziva - code

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	09.2019.	Ivan Špoljarec	
Razradio	09.2019.	Ivan Špoljarec	
Crtao	14.9.2019.	Ivan Špoljarec	
Pregledao	Datum	Matija Hoić	

FSB Zagreb

ISO - tolerancije		
Ø20H7/g6	+0,041	+0,007
Ø20H7/r6	-0,007	-0,041
Ø62H7/h6	+0,049	0,000
Ø110H11/h11	+0,440	0,000

Objekt: Nosač alata CNC glodalice

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Masa: 90 kg

Mjerilo originala 1 : 2

Naziv: Sklop alatnog motora

Pozicija: 2

Format: A3

Listova: 2

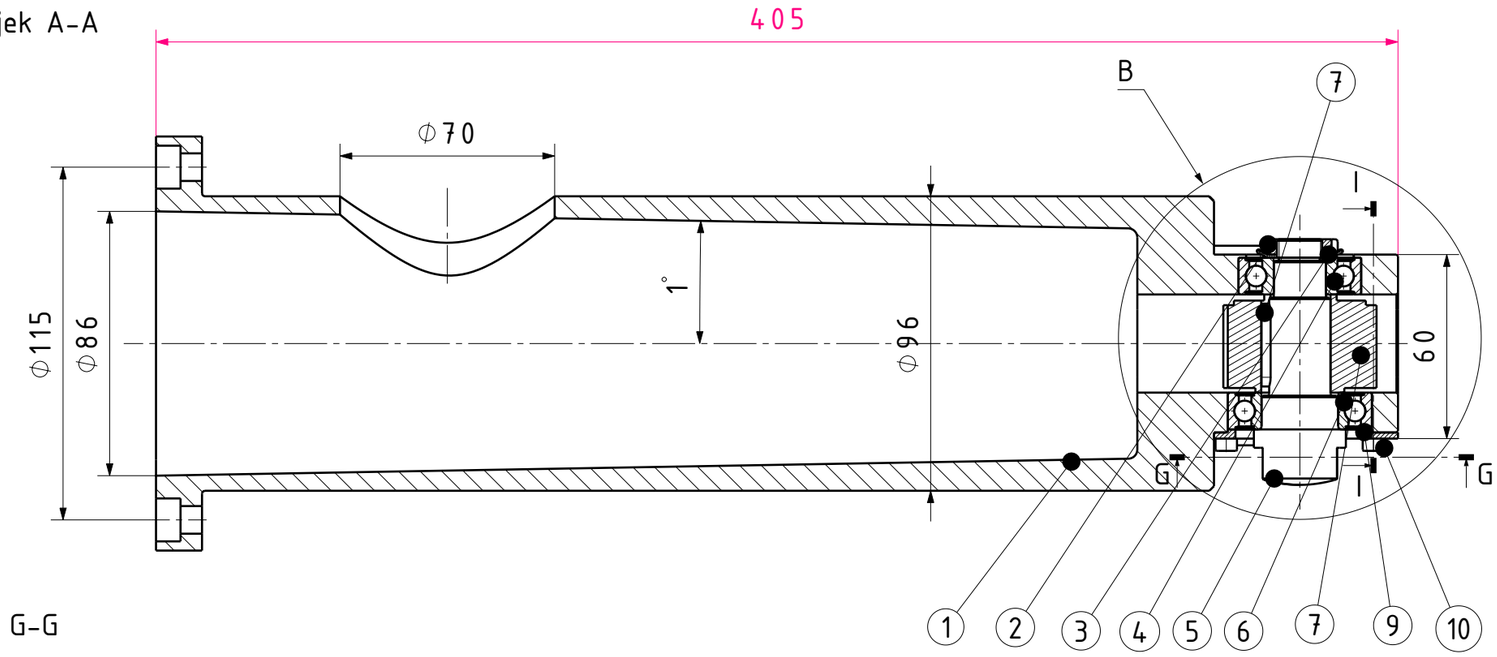
List: 2

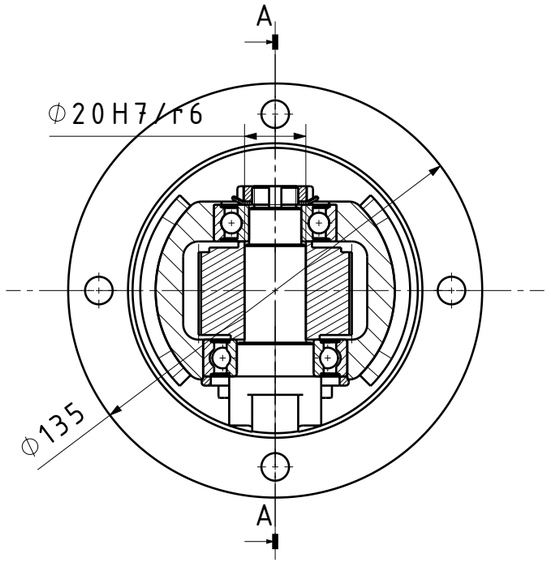
Crtež broj: 100-100-2

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

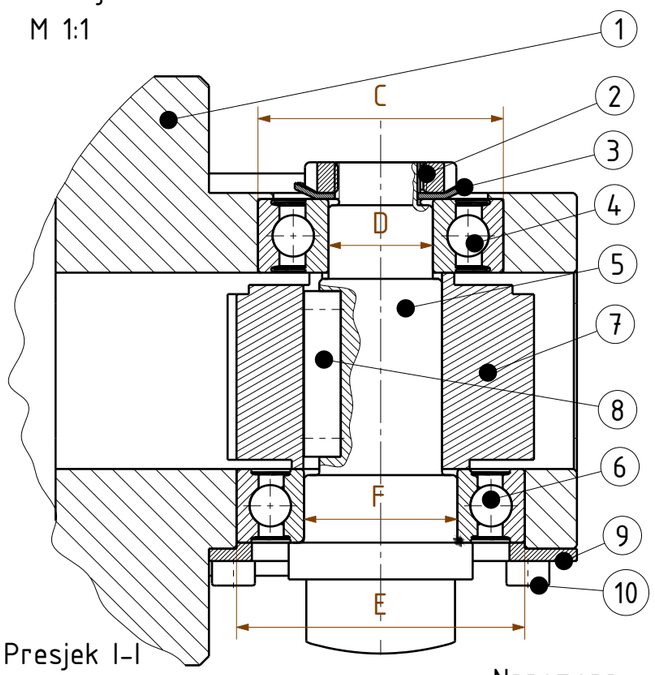
Design by CADLab

Presjek A-A

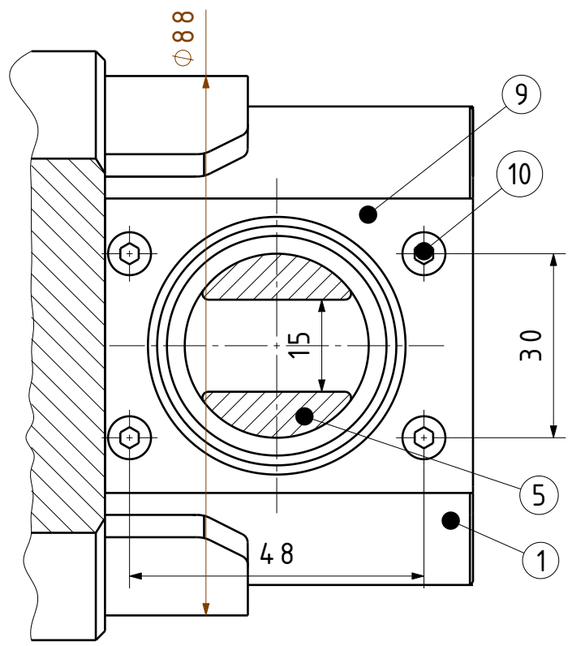




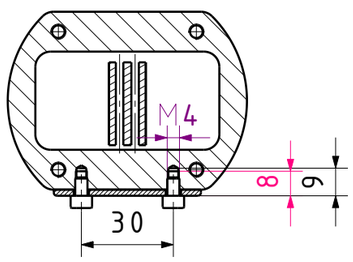
Detalj B
M 1:1



Presjek G-G
M 1:1



Presjek I-I
M 1:2



Napomena:
- Kota C je spoj vanjskog prstena ležaja 6203 i ϕ40H7
- Kota D je spoj unutarnjeg prstena ležaja 6203 i ϕ17r6
- Kota E je spoj vanjskog prstena ležaja 6005 i ϕ47H7
- Kota F je spoj unutarnjeg prstena ležaja 6005 i ϕ20r6

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Dimenzije	Masa
10	Vijak M4x6	4	DIN 912	8.8	ϕ6x10	
9	Poklopac ispod nosaca	1	-	S235JR	60x48x3	0,025kg
8	Pero	1	-	S235JR	27x6x6	0,007kg
7	Remenica	1	-	?	ϕ50x32	0,35kg
6	Ležaj 6005	1	SKF 6005-2RSH	-	ϕ47x12	0,08kg
5	Vratilo	1	-	S355JR	ϕ30x80	0,2 kg
4	Ležaj 6203	1	SKF 6203-2RSH	-	ϕ40x12	0,07kg
3	Zvjezdasta pločica	1	SKF MB2	-	ϕ21x1	0,003kg
2	SKF matica	1	SKF KM2	-	ϕ25x4	0,009kg
1	Nosač	1	-	S235JR	ϕ135x400	7,3 kg

Broj naziva - code

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	09.2019.	Ivan Špoljarec	
Razradio	09.2019.	Ivan Špoljarec	
Crtao	12.9.2019.	Ivan Špoljarec	
Pregledao	20.9.2019.	Matija Hoić	

FSB Zagreb

ISO - tolerancije: ϕ20H7/r6 +0,007 -0,041

Objekt: Nosač alata CNC glodalice

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Masa: 8,1 kg

Naziv: Sklop nosača

Pozicija: 3

Format: A3

Mjerilo originala 1 : 2

Listova:

Crtež broj: 100-100-3

List:

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab

ALUMINIUM ALLOY **EN-AW 6060** (AlMgSi0,5)

Material data sheet

Scope

Aluminium alloy 6060 is a medium strength heat treatable alloy with a strength slightly lower than 6005A. It has very good corrosion resistance, very good weldability and good cold formability. It is commonly used for complex cross sections and has very good anodizing response.

Alloy	Forms	Characteristics - Properties	Applications
EN - AW 6060	• Extruded round rod/bar	• Very good corrosion resistance • Medium strength • Comlex sections • Anodising quality	Architectural sections, frames, lightings, railling, ladders, furniture, fences, flooring

Alloy	Tempers	Temper designation (EN 515)
EN - AW 6060	O	Annealed wrought alloys
	T4	Solution heat treated & natural aged
	T5	Cooled from an elevated temperature forming operation & artificially aged (precipitation hardened)
	T6	Solution heat treated & artificially aged (precipitation hardened) Press quenching required
	T64	Solution heat treated & artificially aged (precipitation hardened) Under aged to improve formability (bending temper)
	T66	Cooled from an elevated temperature forming operation & artificially aged (precipitation hardened) to a higher level of mechanical properties through special control of manufacturing processes. Press quenching requierd.

Aluminium & aluminium alloys
Extruded rod/bar,
tubes and precision profiles

EN 755-1	Technical conditions for inspection & delivery
EN 755-2	Mechanical properties
EN 755-3	Round bars, tolerances on dimension & form
EN 755-4	Square bars, tolerances on dimension & form
EN 755-5	Rectangular bars, tolerances on dimension & form
EN 755-6	Hexagonal bars, tolerances on dimension & form
EN 755-7	Seamless tubes, tolerances on dimension & form
EN 755-9	Profiles, tolerances on dimension & form
EN- 12020-1	Technical conditions for inspection & delivery (precision profiles)
EN- 12020-2	Tolerances on dimension & form (precision profiles)

Chemical composition according to EN573-3 (EN - AW %)

Alloy	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Others		Al
									Each	Total	
6060	0,30-0,60	0,10-0,30	0,10	0,10	0,35-0,60	0,05	0,15	0,10	0,05	0,15	Rest

Mechanical properties according to EN 755-2 extruded profiles

Alloy	Temper	Wall Thickness e mm*	Tensile strength Rm Mpa min	Proof stress Rpo,2 Mpa min	Elongation		Brinell Hardness HB**
					A50mm % min	A % min	
EN -AW 6060	T4	e ≤ 25	120	60	14	16	45
	T5	e ≤ 5	160	120	6	8	55
	T6	e ≤ 3	190	150	6	8	65
		3 < e ≤ 25	170	140	6	8	60
	T66	e ≤ 3	215	160	6	8	70
		3 < e ≤ 25	195	150	6	8	65

Physical properties	
Alloys EN - AW	6060
Metalic range °C	585-650
Density g/cm³	2,70
Electrical conductivity MS/m	34-38
Thermal conductivity W/(m K)	200-220
Specific Heat J/(Kg K)	898
Thermal expansion values	
-50 to 20 °C (10^{-6} K)	21,8
20 to 100 °C (10^{-6}K)	23,4
20 to 200 °C (10^{-6}K)	24,5
20 to 300 °C (10^{-6}K)	25,6
Youngs Modulus Mpa	69500
Shear Modulus Mpa	26100

* For different wall thicknesses of a given profile, the lowest specified values of properties shall be considered as valid for the whole profile cross-section.

** The values for the HB hardness are indicative only.

About Aluminco S.A.

Today, with 33 years of experience, our company has evolved to an integrated vertical aluminium industry focusing on developing, producing and marketing branded aluminium systems for every architectural use.

The extrusion department of Aluminco is the "heart" of the factory. Our unit is fully automated equipped with the latest software and hardware.

The advanced cooling system of our extrusion pres is fully automated, constantly controls the temperature of the extruded profile through air, keeping the appropriate cooling rate for each alloy and temper. The extrusion line is also equipped with automated stacker machine with no human contact eliminating the risk of damaging the extruded profile.

Finally the aging ovens are fully automated with continuous temperature control and real time adjustment, safeguarding the optimum temper results.

ALUMINCO headquarters, are located in Inofita Viotia, Greece, at a 40.000sq.m. owned property.

Contact & Procurement

For additional information on Aluminium alloy EN-AW 6060 (AlMgSi0,5) contact our sales acount manager

Aluminco S.A.
Inofita Viotia, 32011, Greece
T: +30 22620 47000
F: +30 22620 47092
E: exports@aluminco.com

aluminco.com

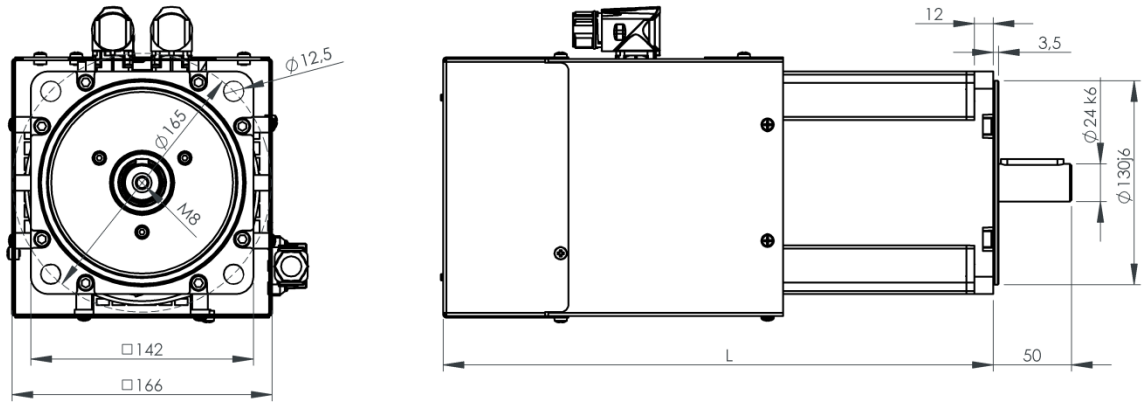
ALUMINCO
ALUMINIUM BUILDING SYSTEMS

Creativity in progress

Ferrocontrol

E°MOTORS: E°SL-071-12-60-37-BN31

Dimensions



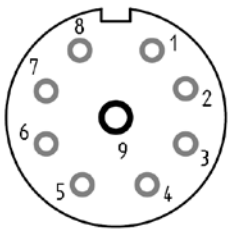
(all dimensions given in mm)

Type of motor	Length (L)	Item no.
E°SL-071-12-60-37-BN31	328 mm	119678

Connections

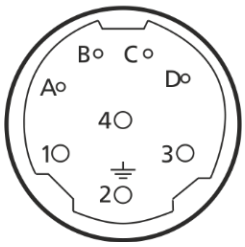
Encoder connection EnDat 2.2

Pin	Function
1	Clock+
2	Clock-
3	U+
4	U-
5	Data+
6	Data-
7	U+
8	U-
9	Shield



Power connection

Pin	Function
1	Phase U
2	PE
3	Phase V
4	Phase W
A	Temperature sensor T1
B	Temperature sensor T2
C	Brake B+
D	Brake B-



EEDP Ausgabe
https://edp.eckelmann.de

Technical data

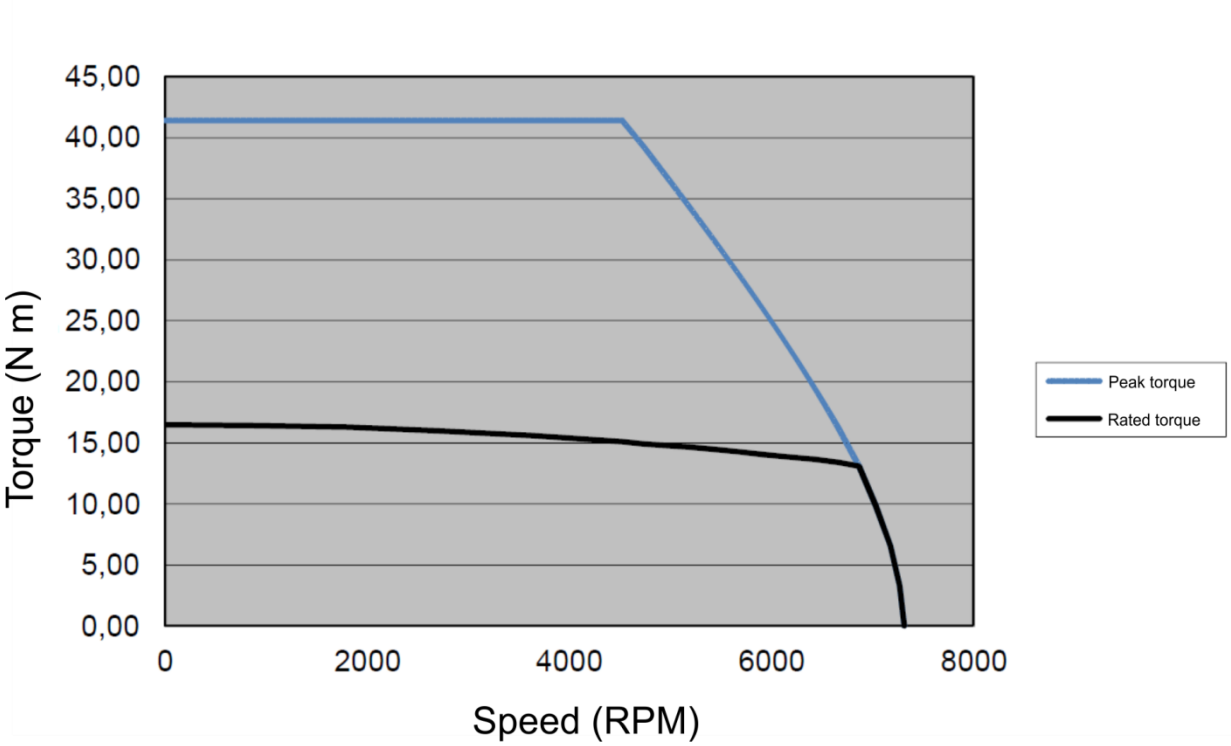
	Type of motor		E°SL-071-12-60-37-BN31
	Recommended servo controller		E°Darc C16
Motor			
M_0	Stall torque	N m	16.5
M_{max}	Peak torque	N m	41.4
M_N	Rated torque	N m	14
n_N	Rated speed	RPM	6000
M_k	Cutoff torque (at operating temperature)	N m	41.4
n_k	Cutoff speed (at operating temperature)	RPM	4500
J	Rotor moment of inertia	kgcm²	8.2
F_r	Maximum radial force	N	590
F_a	Maximum axial force	N	59
m	Mass (with brake)	kg	14.5
p	Number of pole pairs		4
k_T	Torque constant	Nm/A_{RMS}	0.81
k_E	Voltage constant	Vs	0.47
I_0	Stall current	A_{RMS}	20.27
I_N	Rated current	A_{RMS}	17.2
P_N	Rated power	kW	8.8
RW	Phase resistance	Ohm	0.15
LW	Phase inductance	mH	1.39
t_a	Thermal time constant	min	40
U	Supply voltage	V AC	400
Brake			
M	Holding torque at 20 °C/68 °F	N m	15
J	Moment of inertia	kgcm²	1.66
m	Weight	kg	1.5
U	Voltage DC +/- 10 %	V DC	24
I_B	Power consumption	A DC	1.0
R	Resistance	Ohm	24
Lüfter			
U	Voltage DC +/- 10 %	V DC	24
Cable			
Q	Cross section (at < 50 m length)	mm²	1.5

Ferrocontrol Steuerungssysteme GmbH & Co. KG
Bodelschwinghstraße 20 32049 Herford Germany
Telefon +49 5221 966-0 Fax +49 5221 66347
info@ferrocontrol.de www.ferrocontrol.de

E°SL-12-60-37-BN31_DB_DE
Effective 09/2016
Subject to technical changes. Errors excepted.

EEDP Ausgabe
https://edp.eckelmann.de

Torque characteristic



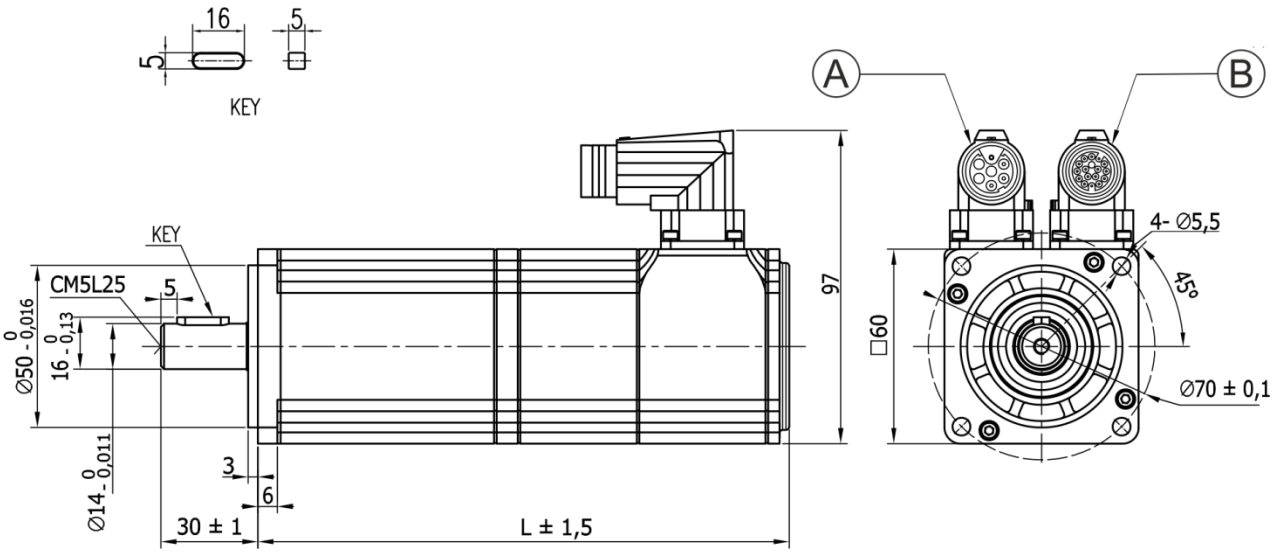
Ferrocontrol Steuerungssysteme GmbH & Co. KG
Bodelschwinghstraße 20 32049 Herford Germany
Telefon +49 5221 966-0 Fax +49 5221 66347
info@ferrocontrol.de www.ferrocontrol.de

E°SL-12-60-37-BN31_DB_DE
Effective 09/2016
Subject to technical changes. Errors excepted.

EEDP Ausgabe
https://edp.eckelmann.de

E°MOTORS – E°SC3-030…

Dimensions



All dimensions indicated in mm

A: Power connection
B: Encoder connection

Type of motor	Length (L) without brake	Length (L) with brake
E°SC3-030-D7-30-21…	120 mm	164 mm
E°SC3-030-E4-30-21…	150 mm	194 mm
E°SC3-030-E4-30-22…	157 mm	Not specified

EEDP Ausgabe
https://edp.eckelmann.de

Technical Data

	Type of motor		E°SC3-030-D7-30…	E°SC3-030-E4-30…
	Recommended servo drive		E°Darc K04	E°Darc K04
Motor				
M_0	Stall torque	N m	0.7	1.4
M_{max}	Peak torque	N m	1.92	3.81
M_N	Rated torque	N m	0.64	1.27
n_N	Rated speed	rpm	3000	3000
M_k	Cutoff torque (at operating temperature)	N m	0.64	1.27
n_k	Cutoff speed (at operating temperature)	rpm	3000	3000
J	Rotor moment of inertia	kgcm²	0.375	0.51
F_r	Maximum radial force	N	180	180
F_a	Maximum axial force	N	90	90
m	Weight (without brake)	kg	1.3	1.8
p	Number of pole pairs		3	3
k_T	Torque constant	N m/A_{RMS}	0.48	0.48
k_E	Voltage constant	V/krpm	29	29
I_0	Stall current	A_{RMS}	1.79	3.41
I_N	Rated current	A_{RMS}	1.6	3.1
P_N	Rated power	kW	0.2	0.4
RW	Phase resistance	Ohm	4,01	3,52
LW	Phase inductance	mH	8,15	3,9
U	Supply voltage	V DC	300	300
Brake				
M	Holding torque at 100 °C	N m	1.3	1.3
J	Moment of inertia	kgcm²	0.004	0.004
m	Weight	kg	0.5	0.5
U	Voltage DC +/- 10 %	V DC	24	24
I_B	Power consumption	A DC	0.3	0.3
R	Resistance	Ohm	80	80
Cable				
Q	Cross section (at < 50 m length)	mm²	1	1

Ferrocontrol Steuerungssysteme GmbH & Co. KG
Bodelschwinghstraße 20 32049 Herford Germany
Telefon +49 5221 966-0 Fax +49 5221 66347
info@ferrocontrol.de www.ferrocontrol.de

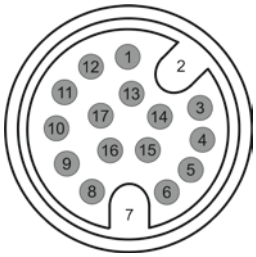
E°SC3-030-XX-XX_DB_EN
Effective 06/2016
Subject to technical changes. Errors excepted.

EEDP Ausgabe
https://edp.eckelmann.de

Encoder connection

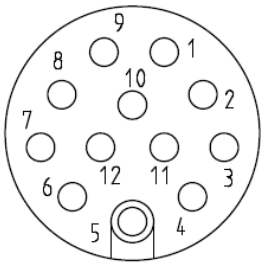
Incremental encoder

Pin	Assignment
1	DC + 5 V
2	GND
3	A
4	/A
5	B
6	/B
7	KTY +
8	KTY -
9	U
10	/U
11	V
12	/V
13	NC
14	Z
15	/Z
16	W
17	/W



Absolute encoder

Pin	Assignment
1	DC + 5 V
2	GND_5V
3	SD
4	/SD
5	NC
6	NC
7	KTY +
8	KTY -
9	V_batt
10	GND_batt
11	NC
12	NC



Power connection

Pin	Assignment
1	Phase U
2	Phase V
3	Phase W
4	Brake (+)
5	Brake (-)
6	NC
⏚	Motor PE



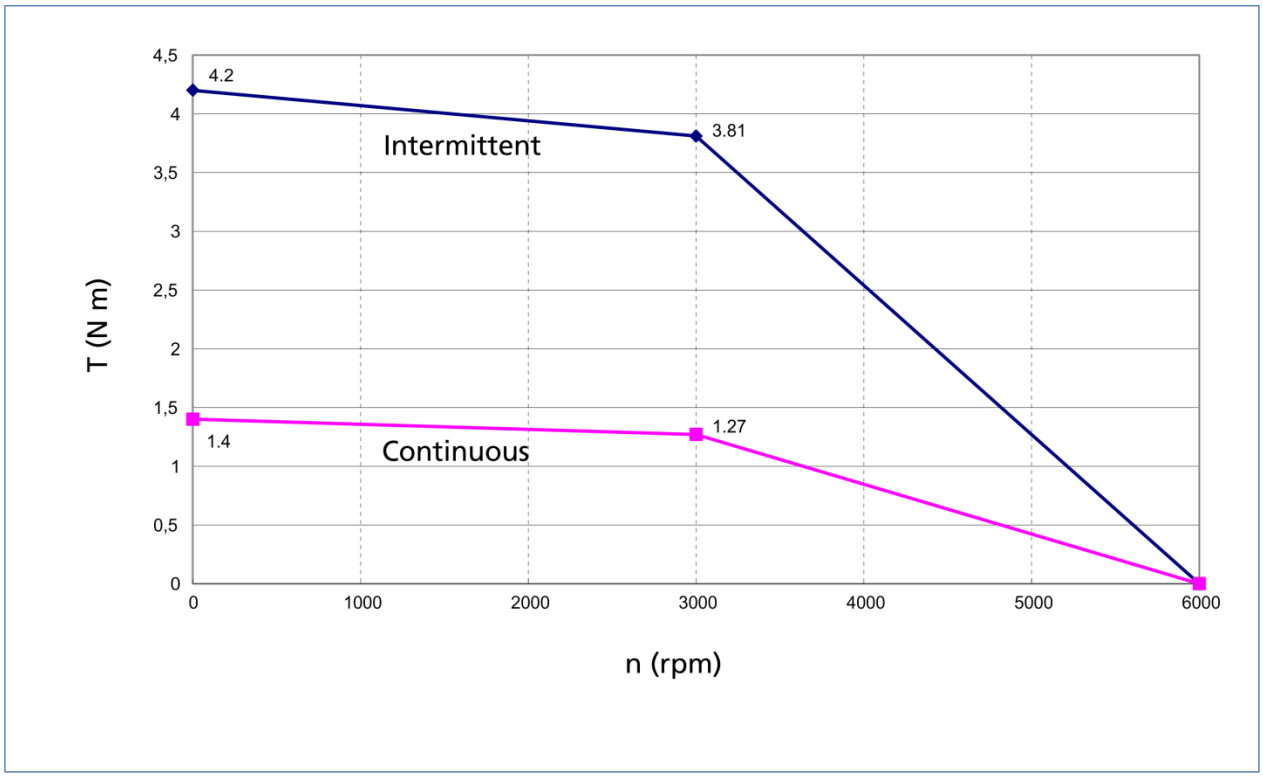
Ferrocontrol Steuerungssysteme GmbH & Co. KG
Bodelschwinghstraße 20 32049 Herford Germany
Telefon +49 5221 966-0 Fax +49 5221 66347
info@ferrocontrol.de www.ferrocontrol.de

E°SC3-030-XX-XX_DB_EN
Effective 06/2016
Subject to technical changes. Errors excepted.

EEDP Ausgabe
https://edp.eckelmann.de

Speed/torque curves

E°SC3-030-E4-30-21-BKO:



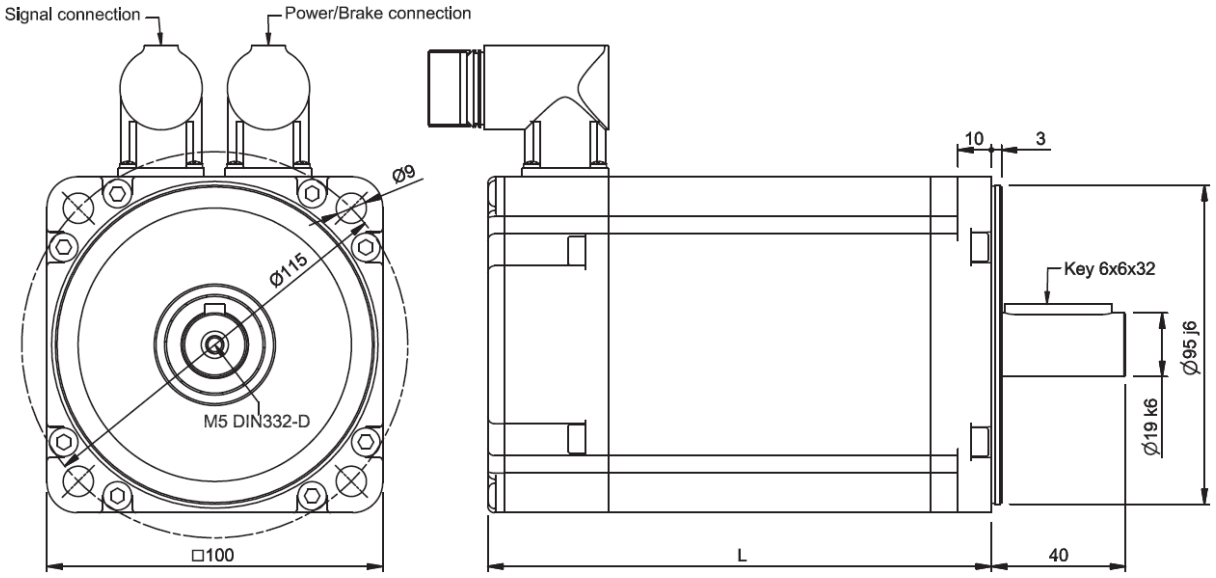
Ferrocontrol Steuerungssysteme GmbH & Co. KG
Bodelschwinghstraße 20 32049 Herford Germany
Telefon +49 5221 966-0 Fax +49 5221 66347
info@ferrocontrol.de www.ferrocontrol.de

E°SC3-030-XX-XX_DB_EN
Effective 06/2016
Subject to technical changes. Errors excepted.

EEDP Ausgabe
https://edp.eckelmann.de

E°MOTORS – E°SL-063…

Dimensions



All dimensions indicated in mm

Type of motor	Length (L) with resolver		Max. length (L) with encoder	
	Without brake	With brake	Without brake	With brake
E°SL-063-04-30…	150 mm	182 mm	185 mm	217 mm
E°SL-063-04-45…	150 mm	182 mm	185 mm	217 mm
E°SL-063-06-60…	170 mm	202 mm	205 mm	237 mm
E°SL-063-08-45…	194 mm	226 mm	229 mm	261 mm
E°SL-063-10-30…	214 mm	246 mm	249 mm	281 mm
E°SL-063-10-60…	214 mm	246 mm	249 mm	281 mm

EEDP Ausgabe
https://edp.eckelmann.de

Technical data

	Type of motor		E°SL-063-04-30…	E°SL-063-04-45…	E°SL-063-06-60…
	Recommended servo drive		E°Darc C04	E°Darc C04	E°Darc C08/C16
Motor					
M_0	Standstill torque	Nm	4.0	4.0	6.0
M_{max}	Maximum torque	Nm	12	12	18
M_N	Rated torque	Nm	3.50	3.10	3.6
n_N	Rated speed	rpm	3000	4500	6000
M_k	Cutoff torque (at operating temp.)	Nm	12	12	18
n_k	Cutoff speed (at operating temp.)	rpm	2700	4100	5500
J	Rotor moment of inertia	kgcm²	1.87	1.87	2.67
F_r	Max. radial force	N	560	450	395
F_a	Max. axial force	N	56	45	40
m	Mass (without brake)	kg	4.7	4.7	5.3
p	Pole pair number		4	4	4
k_T	Torque constant	Nm/A_{RMS}	1.63	1.09	0.81
k_E	Reverse voltage force	Vs	0.94	0.63	0.47
I_0	Stall current	A_{RMS}	2.5	3.7	7.4
I_N	Rated current	A_{RMS}	2.1	2.9	4.4
P_N	Rated power	kW	1.1	1.5	2.3
RW	Resistance phase	Ohm	2.7	1.20	0.44
LW	Inductance phase	mH	18.3	8.3	3.0
t_a	Thermal time constant	min	25	25	30
U	Rated voltage DC link	V AC	400	400	400
Brake					
M	Maximum torque at 20 °C	Nm	7.5		
J	Mass moment of inertia	kgcm²	0.54		
m	Mass	kg	0.46		
U	Voltage DC +/- 10 %	V DC	24		
I_B	Power consumption	A DC	0.75		
R	Resistance	Ohm	32		
Cable					
Q	Cross section	mm²	1.5	1.5	1.5

Ferrocontrol Steuerungssysteme GmbH & Co. KG
Bodelschwinghstraße 20 32049 Herford Germany
Tel. +49 5221 966-0 Fax +49 5221 66347
info@ferrocontrol.de www.ferrocontrol.de

E°SL-063-XX-XX_DB_EN
Effective 07/2018
Subject to technical changes.
Errors excepted.

EEDP Ausgabe
https://edp.eckelmann.de

	Type of motor		E°SL-063-08-45…	E°SL-063-10-30…	E°SL-063-10-60…
	Recommended servo drive		E°Darc C08	E°Darc C16	E°Darc C16
Motor					
M_0	Standstill torque	Nm	8.0	10.0	10.0
M_{max}	Maximum torque	Nm	24	30	30
M_N	Rated torque	Nm	6.20	8.75	6.0
n_N	Rated speed	rpm	4500	3000	6000
M_k	Cutoff torque (at operating temp.)	Nm	24	30	30
n_k	Cutoff speed (at operating temp.)	rpm	4100	2700	5500
J	Rotor moment of inertia	kgcm²	3.47	4.27	4.27
F_r	Max. radial force	N	485	620	420
F_a	Max. axial force	N	49	62	42
m	Mass (without brake)	kg	6.2	7.2	7.2
p	Pole pair number		4	4	4
k_T	Torque constant	Nm/A_{RMS}	1.09	1.63	0.81
k_E	Reverse voltage force	Vs	0.63	0.94	0.47
I_0	Stall current	A_{RMS}	7.4	6.1	12.3
I_N	Rated current	A_{RMS}	5.7	5.4	7.4
P_N	Rated power	kW	2.9	2.7	3.8
RW	Resistance phase	Ohm	0.55	0.95	0.24
LW	Inductance phase	mH	4.9	9.7	2.2
t_a	Thermal time constant	min	30	35	35
U	Rated voltage DC link	V AC	400	400	400
Brake					
M	Maximum torque at 20° C	Nm	7.5		
J	Mass moment of inertia	kgcm²	0.54		
m	Mass	kg	0.46		
U	Voltage DC +/- 10 %	V DC	24		
I_B	Power consumption	A DC	0.75		
R	Resistance	Ohm	32		
Cable					
Q	Cross section	mm²	1.5		

Ferrocontrol Steuerungssysteme GmbH & Co. KG
Bodelschwinghstraße 20 32049 Herford Germany
Tel. +49 5221 966-0 Fax +49 5221 66347
info@ferrocontrol.de www.ferrocontrol.de

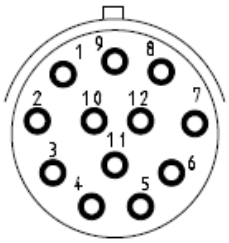
E°SL-063-XX-XX_DB_EN
Effective 07/2018
Subject to technical changes.
Errors excepted.

EEDP Ausgabe
https://edp.eckelmann.de

Encoder connection

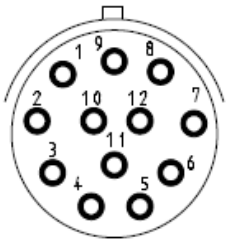
Hiperface®

Pin	Assignment
1	REFCOS
2	+ RS485
3	NC
4	NC
5	+SIN
6	REFSIN
7	- RS485
8	+COS
9	NC
10	GND (0V)
11	NC
12	Us (7-12 V)



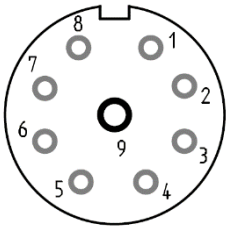
Resolver

Pin	Assignment
1	COS-
2	SIN-
3	NC
4	NC
5	REF+
6	NC
7	REF-
8	NC
9	NC
10	COS+
11	SIN+
12	NC



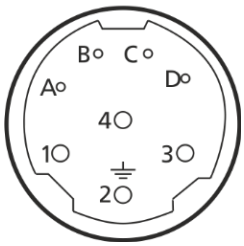
EnDat 2.2

Pin	Assignment
1	Clock+
2	Clock-
3	U+
4	U-
5	Data+
6	Data-
7	U+
8	U-
9	Shield



Power connection

Pin	Assignment
1	Phase U
2	PE
3	Phase V
4	Phase W
A	Temperature sensor T1
B	Temperature sensor T2
C	Brake B+
D	Brake B-



Ferrocontrol Steuerungssysteme GmbH & Co. KG
Bodelschwinghstraße 20 32049 Herford Germany
Tel. +49 5221 966-0 Fax +49 5221 66347
info@ferrocontrol.de www.ferrocontrol.de

E°SL-063-XX-XX_DB_EN
Effective 07/2018
Subject to technical changes.
Errors excepted.

EEDP Ausgabe
https://edp.eckelmann.de

Gearbox Quick Selection Table 減速機型號快速選擇表 ②

Servo Capacity 伺服馬力	Frame Size 型號		Reduction Ratio 減速比																		
			3	4	5	7	9	10	12	15	16	20	21	25	28	30	35	40	49	50	70	100
100W	DM/DH	042		●	●	●		●				●					●	●	●	●	●	●
	DA/DM/DF/DH/DL	060	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	RAM/RAH	060	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
200W	DA/DM/DF/DH/DL	060	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	RAM/RAH	060	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	DA/DM/DF/DH/DL	090	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	RAM/RAH	090	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
400W	DM/DH/DL	080	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	DA/DF/RAM/RAH	060	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	DA/DM/DF/DH/DL	090	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	RAM/RAH/DF	090	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
500W	DA/DM/DF/DH/DL	090	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	RAM/RAH	090	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	DA/DM/DF/DH/DL	120	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	RAM/RAH	120	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
750W	DA/DM/DF/DH/DL	090	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	RAM/RAH	090	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	DM/DF/DH/DL	120	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	RAM/RAH	120	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.0kW	DA/DM/DF/DH/DL	120	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	RAM/RAH	120	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	DM/DF/DH/DL	150	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	RAM/RAH	150	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.5kW	DA/DM/DF/DH/DL	120	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
	RAM/RAH	120	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
	DM/DF/DH/DL	150	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	RAM/RAH	150	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	DM	180	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.0kW	DM/DF/DH/DL	150	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	RAM/RAH	150	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	DM	180	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.5kW	DM/DF/DH/DL	150	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
	RAM/RAH	150	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
	DM	180	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
5.0kW	DM/DF/DH/DL	150	●	●	●	●		●	●	●	●	●										
	RAM/RAH	150	●	●	●	●		●	●	●	●	●										
	DM	180	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
7.0kW	DM/DF/DH/DL	150	●	●	●	●		●														
	RAM/RAH	150	●	●	●	●		●														
	DM	180	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●						
11.0kW	DM	220	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		

※ For more accurate selection, refer to Specifications Table for each model. 詳細型號選擇請參考各型規格表選用。

※ Use larger model when large moment of inertia is needed. 慣性距較大時,選用大一級減速機型號。

※ For 3 Stage selection, contact Varitron® or your sales personal. 如需三段選擇表請聯絡本公司。

DA Helical Gear High Precision Planetary Gearbox 斜齒輪高精密型

Series Specifications 規格表

Specification 規格	Ratio 減速比 (Stage 段數)		DA060	DA090	DA120
Instantaneous Max. Output Torque 瞬間最大輸出扭矩 T_{2B} (Nm)	3/9/10/12/21/30		111	345	624
	4/15/16/20/25/40		141	480	804
	7/28/35/49/70/100		135	450	780
	5/50		141	450	780
Defined Output Torque 額定輸出扭矩 T_{2N} (Nm)	3/9/10/12/21/30		37	115	208
	4/15/16/20/25/40		47	160	268
	7/28/35/49/70/100(3 stage 三段)		45	150	260
	5/50		47	150	260
Reduction Ratio 減速比	L1: 1 Stage 單段		3 / 4 / 5 / 7 / 10		
	L2: 2 Stage 雙段		9 / 12 / 15 / 16 / 20 / 21 / 25 / 28 / 30 / 35 / 40 / 49 / 50 / 70		
	L3: 3 Stage 三段		100 / 200 / 250		
Defined Input Rotational Speed 額定輸入轉速 n1N (rpm)	3/4/5 (L1)		3300	3300	3200
	7/10 (L1)		3600	3600	3500
	12~40 (L2)		4000	3900	3800
	50 (L2)		4400	4300	4200
	70~100 (L2)		4800	4600	4500
Backlash 精密背隙 (arcmin)	3~10 (L1)		P0≤1 / P1≤3 / P2≤5		
	12~100 (L2)		P0≤3 / P1≤5 / P2≤7		
Torsional Rigidity 扭轉剛性 (Nm/arcmin)	3~100 (L1,L2)		7	14	25
Allowable Radial Force 容許徑向力 $F2rB^2$ (N)	3~100 (L1,L2)		1500	3500	6000
Allowable Axial Force 容許軸向力 $F2aB^2$ (N)	3~100 (L1,L2)		750	2800	4800
Full Load Efficiency 滿載時使用效率 %	3~10 (L1)		≥97		
	12~100 (L2)		≥94		
Service Life 使用壽命 Lh2 (hrs)	3~100 (L1,L2)		20000		
Weight 重量 (kgs)	3~10 (L1)		1.3	3.5	6
	12~100 (L2)		1.6	4.5	7.2
Noise 噪音值 (db)			65	64	64
Temperature 使用溫度範圍 °C			(-15°C~ +90°C)		
Protection Rank 防護等級			IP64 / IP65 (IP66 by request 訂購製作)		
Lubricating Oil 潤滑油			Synthetic Lubricant 合成潤滑油 ISO VG220		
Moment Of Inertia 轉動慣量 J1 (kg.cm)	Stage 段數	Ratio 減速比			
	L1	3	0.26	1.3	5.6
		4	0.22	1.0	4.3
		5	0.20	0.95	3.9
		7	0.19	0.9	3.5
		10	0.18	0.8	3.4
	L2	9	0.2	0.89	3.5
		12	0.19	0.8	3.2
		16	0.18	0.8	3.2
		20	0.17	0.8	3.2
		25	0.17	0.75	3.1
		28	0.17	0.75	3.1
		35	0.17	0.75	3.1
		40	0.17	0.75	3.1
		50	0.17	0.7	3.0
		70	0.17	0.7	3.0
		100	0.17	0.7	3.0

※ For 3 stage technical data, contact Varitron® or your sales personal. 如需三段技術資料請洽中國變速。

※ Use larger model when large moment of inertia is needed. 慣性距較大時,選用大一級減速機型號。

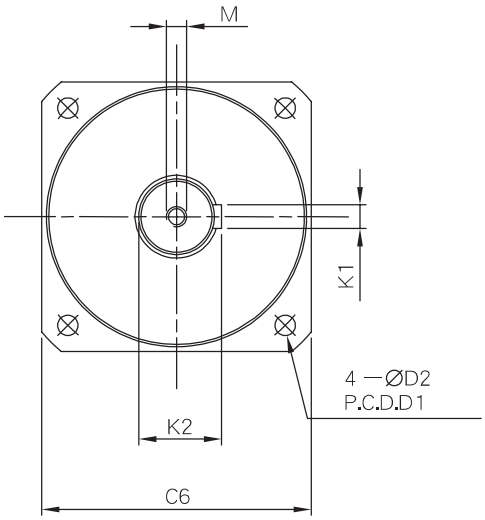
※ Continuous operating will reduce service life. 連續運轉將會減少減速機的使用壽命。

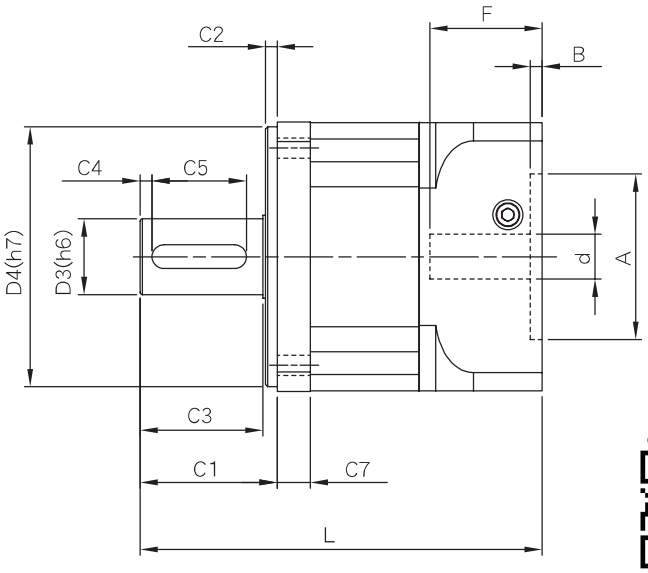
DA Helical Gear High Precision Planetary Gearbox 斜齒輪高精密型

Dimensions 外型尺寸表









CAD 尺寸
gear.fyi/dac

Dimensions 尺寸	DA060	DA090	DA120
D1	70	105	130
D2	5.5	6.8	8.6
D3	16(12~16)	20(18~22)	32(24~35)
D4	50	80	110
C1	35	56	58
C2	7	6	5
C3	27	49	52
C4	3	5	5
C5	20	25	40
C6	60	94	114
C7	15	17	14
L1 (1Stage 單段)	125.7	167	170.3
L2 (2Stage 雙段)	147.7	195.3	198.6
M	M4xP0.7x15	M6xP1.0x20	M8xP1.25x27
K1	5	6	10
K2	18	22.5	35.1
d	≤14	≤24	≤28
A	30~50	50~80	50~110
B	6	8	5
F	≤35	≤47.5	≤47.5

※ For 3 stage dimension, contact Varitron® or your sales personal. 如需三段尺寸請洽中國變速。

※ Output shaft can be custom size upon ordering. 減速機出力軸可依需求訂製。

※ For 'A' & 'F' dimension, may array according to different servo motor. 「A」&「F」會因不同伺服馬達而有所變動。

- For high performance servo motor and demanding motion control applications
- High torsional stiffness for use in precision positioning applications
- Eco-Friendly, adapted to RoHS Directive with no banned substances
- Low inertia for high speed applications
- Zero backlash and low hysteresis ensures repeatable precise positioning

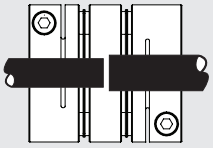


Double Disc Specifications

Model	Operating Torque	Maximum RPM	Torsional Stiffness	Axial Stiffness	Misalignment Capacity			Moment of Inertia	Weight	Style
					Parallel	Angular	Axial			
	in-lbs (Nm)	rpm	in-lbs/deg (Nm/rad)	lbs/in (N/mm)	inch (mm)	degree	± inch ± (mm)	lb-in² kgm²(x10⁻⁶)	ounce (gram)	
SC002R	2.2 (0.25)	10,000	14 (95)	97 (17)	0.001 (0.03)	0.5	0.002 (0.08)	0.0002 (0.07)	0.14 (4)	C
SC005R	5.3 (0.6)	10,000	39 (250)	400 (70)	0.002 (0.05)	0.5	0.004 (0.10)	0.0012 (0.37)	0.35 (10)	C
SC010R	8.9 (1.0)	10,000	108 (700)	400 (70)	0.004 (0.11)	1	0.008 (0.20)	0.0027 (0.80)	0.53 (15)	C
SC020R	18 (2.0)	10,000	286 (1,850)	183 (32)	0.006 (0.15)	1	0.013 (0.33)	0.012 (3.40)	1.3 (35)	C
SC025R	35 (4.0)	10,000	432 (2,800)	171 (30)	0.006 (0.16)	1	0.015 (0.38)	0.018 (5.26)	1.4 (40)	C
SC030R	44 (5.0)	10,000	618 (4,000)	183 (32)	0.007 (0.18)	1	0.016 (0.4)	0.025 (7.33)	1.9 (54)	A
								0.032 (9.39)	2.2 (60)	B
								0.039 (11.5)	2.4 (68)	C
SC035R	71 (8.0)	10,000	1,390 (9,000)	320 (56)	0.009 (0.24)	1	0.020 (0.5)	0.092 (26.8)	4.3 (122)	C
SC040R	89 (10)	10,000	1,545 (10,000)	228 (40)	0.009 (0.24)	1	0.024 (0.6)	0.101 (29.5)	4.3 (122)	A
								0.123 (36.1)	4.8 (136)	B
								0.146 (42.6)	5.3 (151)	C
SC050R	221 (25)	10,000	2,472 (16,000)	137 (24)	0.011 (0.28)	1	0.031 (0.8)	0.331 (96.9)	8.7 (246)	A
								0.407 (118.9)	9.7 (275)	B
								0.483 (141.7)	10.7 (304)	C
SC055R	354 (40)	10,000	3,863 (25,000)	123 (21.5)	0.012 (0.31)	1	0.033 (0.84)	0.891 (261.3)	16.1 (459)	C
SC060R	531 (60)	10,000	5,407 (35,000)	218 (38)	0.013 (0.34)	1	0.035 (0.9)	0.862 (252)	15.5 (440)	A
								1.08 (315.7)	17.6 (498)	B
								1.29 (377)	19.5 (556)	C
SC080R	885 (100)	10,000	10,813 (70,000)	366 (64)	0.02 (0.52)	1	0.04 (1.10)	3.54 (1,034)	37.0 (1,051)	C
SC090R	1,593 (180)	10,000	7,724 (50,000)	308 (54)	0.02 (0.52)	1	0.05 (1.30)	6.08 (1,776)	48.4 (1,373)	C
SC100R	2,213 (250)	10,000	9,268 (60,000)	317 (55)	0.02 (0.52)	1	0.06 (1.48)	9.26 (2,704)	60.2 (1,707)	C

- Moment of Inertia and Weight are measured with the maximum bore diameters
- Recommended tolerance of mounted shaft is h7

If the shafts of the equipment are smaller than the ID of the flex element they may be extended into the interior of the coupling. The ends of the shafts must never touch each other.



Style of coupling is dependent on the size of the coupling and bore combination selected. Therefore, the coupling could be comprised of the combinations shown to the right.

Style A

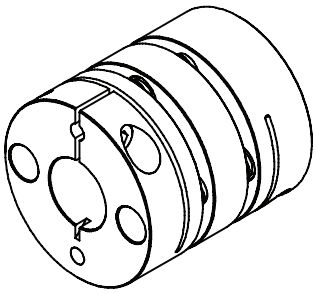


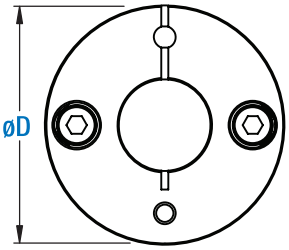
Style B

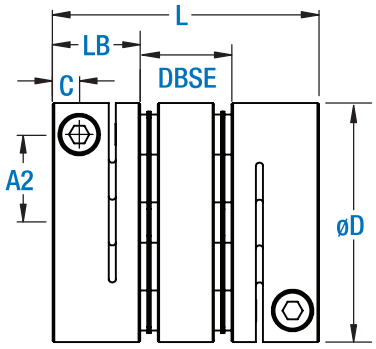


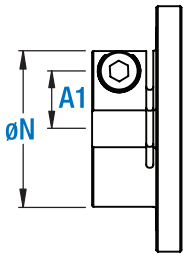
Style C











Reduced hub **

Double Disc Dimensions

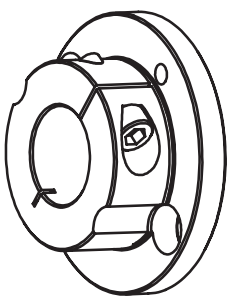
Model	Bores		Outside Diameter	Overall Length	Hub Length	Reduced Hub Diameter	Distance Between Shaft Ends	Inside dia. of the flex disc	Clamp Screw to Bore (on reduced hubs)	Clamp Screw	Clamp Screw to End of Hub	Clamp Screw Size	Tightening Torque
	Min	Max	D	L	LB	N	DBSE	K	A1	A2	C	M	
	inch (mm)	inch (mm)	inch (mm)	inch (mm)	inch (mm)	inch (mm)	inch (mm)	inch (mm)	inch (mm)	inch (mm)	inch (mm)	Size	in-lbs (Nm)
SC002R	0.125 (3)	0.1875 (5)	0.47 (12)	0.618 (15.7)	0.232 (5.9)	–	0.153 (3.9)	0.224 (5.6)	–	0.146 (3.7)	0.074 (1.9)	M1.6	2 (0.23)
SC005R	0.125 (3)	0.1875 (6)	0.63 (16)	0.913 (23.2)	0.309 (7.85)	–	0.295 (7.5)	0.256 (6.5)	–	0.189 (4.8)	0.098 (2.5)	M2.0	3.5 (0.4)
SC010R	0.125 (3)	0.3125* (8)*	0.748 (19)	1.02 (25.9)	0.36 (9.15)	–	0.299 (7.6)	0.335 (8.5)	–	0.228 (5.8)	0.124 (3.15)	M2.5*	9* (1)*
SC020R	0.1875 (4)	0.375 (11)	1.024 (26.0)	1.272 (32.3)	0.423 (10.75)	–	0.425 (10.8)	0.417 (10.6)	–	0.374 (9.5)	0.130 (3.3)	M2.5	9 (1)
SC025R	0.250 (5)	0.500 (14)	1.142 (29.0)	1.291 (32.8)	0.423 (10.75)	–	0.445 (11.3)	0.571 (14.5)	–	0.433 (11.0)	0.130 (3.3)	M2.5	9 (1)
SC030R	0.250** (5)**	0.625 (16)	1.339 (34.0)	1.488 (37.8)	0.488 (12.4)	0.850 (21.6)	0.511 (13.0)	0.571 (14.5)	0.315 (8)	0.492 (12.5)	0.148 (3.75)	M3	13 (1.5)
SC035R	0.250 (6)	0.6875 (18)	1.535 (39.0)	1.890 (48)	0.610 (15.5)	–	0.669 (17.0)	0.669 (17)	–	0.551 (14)	0.177 (4.5)	M4	30 (3.4)
SC040R	0.375** (8)**	0.8125 (22)	1.732 (44.0)	1.890 (48)	0.610 (15.5)	1.165 (29.6)	0.669 (17.0)	0.768 (19.5)	0.433 (11)	0.669 (17)	0.177 (4.5)	M4	30 (3.4)
SC050R	0.375** (8)**	1.125 (30)	2.205 (56.0)	2.354 (59.8)	0.807 (20.5)	1.496 (38)	0.740 (18.8)	1.024 (26)	0.571 (14.5)	0.866 (22)	0.236 (6)	M5	62 (7)
SC055R	0.4375 (10)	1.125 (30)	2.480 (63.0)	2.705 (68.7)	0.945 (24)	–	0.815 (20.7)	1.220 (31)	–	0.906 (23)	0.305 (7.75)	M6	124 (14)
SC060R	0.4375** (11)**	1.375 (35)	2.677 (68.0)	2.886 (73.3)	0.992 (25.2)	1.811 (46)	0.902 (22.9)	1.220 (31)	0.689 (17.5)	1.043 (26.5)	0.305 (7.75)	M6	124 (14)
SC080R	0.750 (18)	1.5625 (40)	3.228 (82.0)	3.858 (98)	1.181 (30)	–	1.496 (38.0)	1.496 (38)	–	1.102 (28)	0.354 (9)	M8	266 (30)
SC090R	1.000 (25)	1.750 (45)	3.622 (94.0)	3.882 (98.6)	1.181 (30)	–	1.520 (38.6)	1.654 (42)	–	1.339 (34)	0.354 (9)	M8	266 (30)
SC100R	1.3125 (32)	1.750 (45)	4.095 (104.0)	4.000 (101.6)	1.181 (30)	–	1.638 (41.6)	1.890 (48)	–	1.535 (39)	0.354 (9)	M8	266 (30)

*SC010 with a bore of 8mm or 0.3125" will have a M2 clamp screw and a tightening torque of 3.5 in lbs. or 0.4Nm

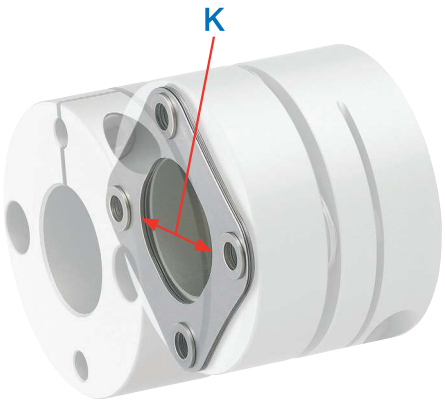
**Reduced Hub Dimensions

Model	Min Inch (mm)	Max Inch (mm)
SC030R	0.250 (5)	0.375 (10)
SC040R	0.375 (8)	0.5625 (15)
SC050R	0.375 (8)	0.6875 (19)
SC060R	0.4375 (11)	0.9375 (24)

** The hub in this coupling size may have a reduced outside diameter depending on the bore size selected. The chart to the left identifies the range of bore sizes that utilize the reduced diameter hubs. Bores larger than the max listing in the chart to the left and equal to or less than the max bore in the above chart will have the standard sized hub.



Reduced hub



Nuts for rolled ball screw shafts

See fold-out cover page for dimensions, form and drilling pattern

KGF-D (FK) style single nut



Nominal diameter	Lead	Number of threads on the shaft	Ball diameter	ID number	D_1	D_4	D_5	D_6	L	L_m	L_1	L_3
d_0	P_h		D_w		D_1	D_4	D_5	D_6	L	L_m	L_1	L_3
					g6			h13				
[mm]	[mm]		[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
16	5	1	3.500	0215200269	28	38	5.5	48	48.5	33	10	5.5
20	5	1	3.500	0215200271	36	47	6.6	58	48.5	33	10	5.5
25	5	1	3.500	0215200273	40	51	6.6	62	49	33	10	6
32	5	1	3.500	0215200275	50	65	9	80	57	39	10	6
32	10	1	5.556	0215200346	50	65	9	80	73	55	16	6
40	5	1	3.500	0215200277	63	78	9	93	66	45	10	7
40	10	1	7.144	0215200320	63	78	9	93	88.5	67.5	16	7
50	10	1	7.144	0215200306	75	93	11	110	92	69	13	7
63	10	1	7.144	0215200279	90	108	11	125	103.5	78.5	16	7
80	10	1	7.144	0215200326	105	125	13.5	145	121	92	16	9

KGF-D (FH) style single nut



Nominal diameter	Lead	Number of threads on the shaft	Ball diameter	ID number	D_1	D_4	D_5	D_6	L	L_m	L_1	L_3
d_0	P_h		D_w		D_1	D_4	D_5	D_6	L	L_m	L_1	L_3
					g6			h13				
[mm]	[mm]		[mm]		[mm]	[MM]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
20	20	4	3.500	0215200228	36	47	6.6	58	36	15	4	11
25	10	2	3.500	0215200243	40	51	6.6	62	51	30.85	20.7	10.15
25	25	4	3.500	0215900239	40	51	6.6	62	39	19	9	10
32	20	2	5.556	0215900264	56	71	9	86	83	56	25	15
32	32	4	3.969	0215200232	56	71	9	86	42	21	12	9
40	20	2	5.556	0215200317	63	78	9	93	83	49.5	25	19.5
40	40	4	7.144	0215900282	70	85	9	100	104	72.5	25	17.5
50	20	2	6.350	0215200299	75	93	11	110	85	47	16	22
63	20	2	7.144	0215200325	95	115	13.5	135	86	42	18	24

[1] Dimension does not comply with DIN 69051; [2] Lubrication bore located anywhere on the circumference; [3] No wiper; [4] Round flange

						Nut form	Drilling pattern	Return system	Nominal axial backlash	Number of loaded turns	Modified dynamic rated load	Modified static rated load
	L_7	L_8	D_B	L_B	L_{10}						C_{am}	C_{0am}
	h13	h13										
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]				[mm]		[kN]	[kN]
	10	40	M6x1	5	8	S	1	EUS	0.041	3	9.5	10.9
	10	44	M6x1	5	8	S	1	EUS	0.041	3	11.5	15.5
	10	48	M6x1	5	8	S	1	EUS	0.041	3	13.1	20.2
	12	62	M6x1	6	8	S	1	EUS	0.041	4	19.3	36.3
	12	62	M6x1	6	8	S	1	EUS	0.065	3	26.4	39
	14	70	M8x1	7	10	S	2	EUS	0.041	5	26.3	59.2
	14	70	M8x1	7	10	S	2	EUS	0.084	4	64.9	109
	16	85	M8x1	8	9	S	2	EUS	0.084	4	66.4	134.3
	18	95	M8x1	9	10	S	2	EUS	0.084	5	93.8	229.7
	20	110	M8x1	10	10	S	2	EUS	0.084	6	121.9	374.9

						Nut form	Drilling pattern	Return system	Nominal axial backlash	Number of loaded turns	Modified dynamic rated load	Modified static rated load
	L_7	L_8	D_B	L_B	L_{10}						C_{am}	C_{0am}
	h13	h13										
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]				[mm]		[kN]	[kN]
	10	44	M6x1	5	8	S	1	End cap	0.041	2.8	10.8	17.5
	10	48	M6x1	5	8	S	1	End cap	0.041	6.1	24.7	53.4
	10	48	M6x1	5	8	S	1	End cap	0.041	3.6	13.1	26.0
	12	65	M6x1	6	9	S	1	End cap	0.065	5.6	47.2	83.2
	12	68	M6x1	6	8	S	1	End cap	0.047	4	19.7	39
	14	70	M8x1	7	10	S	2	End cap	0.065	5.6	52.2	103.6
	14	75	M8x1	7	10	S	2	End cap	0.084	6.4	80.0	178.6
	16	85	M8x1	8	10	S	2	End cap	0.084	5.6	78.8	188.7
	20	100	M8x1	10	10	S	2	End cap	0.084	5.6	103.1	270.8