

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Krunoslav Antonić

Zagreb, 2011.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD
UREĐAJ ZA NANOŠENJE BRTVENOG
PREMAZA NA AMBALAŽNI LIM

Mentor:

Doc. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing.

Student:

Krunoslav Antonić

Zagreb, 2011.

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

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Mariu Štorgi za pruženu pomoć i savjete prilikom izrade završnog rada. Također mu se zahvaljujem i na pokazanoj inicijativi i spremnosti tijekom konzultacija.

Zahvaljujem se obitelji na pruženoj potpori tijekom čitavog školovanja, a posebice tokom izrade ovog diplomskog rada.

Krunoslav Antonić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za diplomske 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:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Krunoslav Antonić** Mat. br.: 0035165337

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Stroj za nanošenje brtvenog premaza na ambalažni lim**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Sealing layer coating machine**

Opis zadatka:

Kod izrade višedjelne limene ambalaže zasebno se izrađuju dno i plašt. U završnom dijelu izrade limene ambalaže dno se spaja s plaštom mehaničkim postupkom savijanja ruba plašta s rubom dna. Kako bi taj spoj bio nepropusn za tekućine i zrak, potrebno je ostvariti brtvljenje nanošenjem sloja brtvenog premaza na rub dna prije spajanja. Zadatak rada je koncipirati i konstrukcijski razraditi stroj za nanošenje sloja brtvenog premaza na rub dna. Sloj brtvenog premaza koji se nanosi debljinu je do 0,3 mm, a strojem bi trebalo bit moguće regulirati debljinu sloja. Premaz koji se nanosi na rub dna dolazi u tekućem obliku. Željeni kapacitet stroja je 1 komad/sekunda, a trebalo bi omogućiti nanošenje premaza za brtvljenje na dna promjera od 50 do 300 mm.

U radu je potrebno:

- Analizom tržišta definirati zahtjeve i izraditi tehničku specifikaciju za razvoj stroja
- Metodičkom razradom obuhvatiti različita konceptualna rješenja stroja
- Tehno-ekonomskom analizom odabrati projektno rješenje.
- Odabranu projektno rješenje stroja razraditi uz uporabu standardnih sklopova, te s potrebnim proračunima nestandardnih dijelova. Pri konstrukcijskoj razradi paziti na tehnologično oblikovanje dijelova te sigurnost korisnika pri korištenju stroja, kao i na ekološke te ergonomski karakteristike
- Izraditi računalni 3D model i tehničku dokumentaciju stroja.

Opseg konstrukcijske razrade, modeliranja i izrade tehničke dokumentacije dogovoriti tijekom izrade rada.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

08. rujna 2011.

Rok predaje rada:

10. studenog 2011.

Predviđeni datumi obrane:

16. – 18. studenog 2011.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Mario Štorga

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Mladen Andrassy

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	VI
POPIS OZNAKA	XI
SAŽETAK.....	XIV
1. UVOD.....	15
1.1. Vrste postupaka prevlačenja	18
1.1.1. Elektrolitsko prevlačenje.....	18
1.1.2. Vruće uranjanje	18
1.1.3. Diferencijalno prevlačenje	18
1.2. Postupak izrade limenki	18
1.2.1. Koraci u proizvodnji limenki (mehaničko spajanje).....	18
1.3. Proces nanošenja mase za brtvljenje	21
2. ANALIZA TRŽIŠTA	24
2.1. Postojeći proizvodi na tržištu	24
2.1.1. MRC-600-E tvrtke Penalver Industries.....	24
2.1.2. MER-600 tvrtke Penalver Industries	24
2.1.3. HSL/VHSL tvrtke Stolle Machinery	25
2.1.4. MTD 555/MT 556 tvrtke Cevolani	26
2.2. Patenti.....	28
2.2.1. US Patent broj 7134824 B2	28
2.2.2. US patent broj 5564877	29
2.2.3. US patent broj 1811433	30
3. ANALIZA POTREBA	32
3.1. Potrebe korisnika.....	34
3.2. Tehničke specifikacije.....	34
3.3. Matrica potrebe- mjere	35
4. FUNKCIJSKA STRUKTURA PROIZVODA	36
5. MORFOLOŠKA MATRICA	39
6. KONCEPTI.....	43
6.1. Koncept 1	43
6.2. Koncept 2	46
6.3. Vrednovanje koncepata.....	49
7. RAZRADA KONCEPTA 1.....	51
7.1. Proračun prijenosnih omjera remenskih i zupčaničkih parova	51
7.1.1. Određivanje dimenzija remenskog prijenosa između vratila elektromotora i vratila spojke, te vratila spojke i vratila podizača	52

7.1.2.	Određivanje dimenzija para čelnika.....	53
7.1.3.	Određivanje dimenzija para stožnika	55
7.1.4.	Određivanje dimenzija remenskog prijenosa između vratila spojke i vratila dodavača	56
7.1.5.	Određivanje dimenzija remenskog prijenosa između vratila stožnika i vratila trake.....	57
7.2.	Dimenzioniranje grebena	57
7.3.	Proračun vratila	60
7.3.1.	Vratilo grebena.....	60
7.3.1.1.	Ležajevi.....	61
7.3.1.2.	Kontrola presjeka	62
7.3.2.	Donje vratilo spojke	65
7.3.2.1.	Ležajevi.....	67
7.3.2.2.	Kontrola presjeka	69
7.3.3.	Gornje vratilo spojke.....	70
7.3.3.1.	Ležajevi.....	71
7.3.3.2.	Kontrola presjeka	73
7.3.4.	Vratilo dodavača	76
7.3.4.1.	Ležajevi.....	77
7.3.4.2.	Kontrola presjeka	79
7.3.5.	Vratilo podizača	81
7.3.5.1.	Ležajevi.....	82
7.3.5.2.	Kontrola presjeka	83
7.3.6.	Vratilo stožnika	85
7.3.6.1.	Ležajevi.....	86
7.3.6.2.	Kontrola presjeka	87
7.3.7.	Vratilo trake	90
7.3.7.1.	Ležajevi.....	90
7.3.7.2.	Kontrola presjeka	92
7.4.	Provjera elektromotora.....	94
8.	ZAKLJUČAK.....	100
	LITERATURA.....	102

POPIS SLIKA

Slika 1:	Easy open poklopac limenke	15
Slika 2:	Razvijeni plašt limenke	19
Slika 3:	Isprepleteni preklopi tvore bočni šav	19
Slika 4:	Prikaz mjesta na koje se nanosi sloj gume	21
Slika 5:	Mlaznice za usmjeravanje mase za brtvljenje	22
Slika 6:	Igle za kontrolu količine mase za brtvljenje	22
Slika 7:	Stroj MRC-600-E tvrtke Penalver Industries	25
Slika 8:	Stroj MER-600 tvrtke Penalver Industries	25
Slika 9:	Stroj za nanošenje mase tvrtke Stolle	26
Slika 10:	Stroj MTD 555/MTD 556 tvrtke Cevolani	26
Slika 11:	Radna ploča patenta US 7134824 B2	28
Slika 12:	Patent US 7134824 B2	28
Slika 13:	Radna ploča patenta US 5564877	29
Slika 14:	Patent US 1811433	30
Slika 15:	Radna ploča patenta US 181143	30
Slika 16:	Izgled poklopca prije završnog deformiranja	31
Slika 17:	Funkcijska dekompozicija proizvoda	37
Slika 18:	Relacijski model proizvoda	38
Slika 19:	Nacrt gornje ploče stroja koncepta 1	44
Slika 20:	Tlocrt gornje ploče stroja koncepta 1	44
Slika 21:	Radna ploča stroja koncepta 1	45
Slika 22:	Pogon stroja koncepta 1	45
Slika 23:	Detalj prilagodbe podizača različitim promjerima poklopaca	46
Slika 24:	Gornja ploča stroja koncepta 2	47
Slika 25:	Radna ploča stroja koncepta 2	47
Slika 26:	Pogon stroja koncepta 2	48
Slika 27:	Čelnik s grebenima	53
Slika 28:	Manji čelnik	54
Slika 29:	Manji stožnik	57
Slika 30:	Veći stožnik	57
Slika 31:	Općenito gibanje krivuljnog mehanizma	58
Slika 32:	Gibanje po harmonijskom zakonu	58
Slika 33:	Prikaz sila koje opterećuju vratilo grebena	60
Slika 34:	Ležaj 61810	61
Slika 35:	Ležaj 16012	61
Slika 36:	Presjeci vratila grebena	62
Slika 37:	Konačni izgled vratila grebena	64
Slika 38:	Prikaz sila koje djeluju na donje vratilo spojke	65

Slika 39:	Prikaz djelovanja sila u horizontalnoj ravnini donjem vratila spojke	66
Slika 40:	Prikaz djelovanja sila u vertikalnoj ravnini donjem vratila spojke	66
Slika 41:	Klizni ležaj donjem vratila spojke	68
Slika 42:	Presjeci donjem vratila spojke	69
Slika 43:	Konačni izgled donjem vratila spojke	70
Slika 44:	Prikaz sila koje djeluju na gornje vratilo spojke	70
Slika 45:	Ležaj 6010	72
Slika 46:	Ležaj 16008	72
Slika 47:	Presjeci gornjeg vratila spojke	73
Slika 48:	Konačni izgled gornjeg vratila spojke	76
Slika 49:	Prikaz sila koje opterećuju vratilo dodavača	76
Slika 50:	Presjeci vratila dodavača	79
Slika 51:	Konačni izgled vratila dodavača	80
Slika 52:	Prikaz sila koje opterećuju vratilo podizača	81
Slika 53:	Ležajna čahura vratila podizača	83
Slika 54:	Presjeci vratila podizača	83
Slika 55:	Konačni izgled vratila podizača	84
Slika 56:	Sile koje opterećuju vratilo stožnika	85
Slika 57:	Ležaj 61812	87
Slika 58:	Presjeci vratila stožnika	87
Slika 59:	Konačni oblik vratila stožnika	89
Slika 60:	Prikaz sila koje opterećuju vratilo trake	90
Slika 61:	Ležaj 6008	92
Slika 62:	Presjeci vratila trake	92
Slika 63:	Konačni izgled vratila trake	93
Slika 64:	Remenica elektromotora	94
Slika 65:	Pogonska remenica spojke	94
Slika 66:	Pogonska remenica dodavača	94
Slika 67:	Gonjena remenica dodavača	95
Slika 68:	Pogonska remenica podizača	95
Slika 69:	Gonjena remenica podizača	95
Slika 70:	Manji čelnik	96
Slika 71:	Veliki čelnik	96
Slika 72:	Mali stožnik	96
Slika 73:	Veći stožnik	97
Slika 74:	Pogonska remenica trake	97
Slika 75:	Gonjena remenica trake	97
Slika 76:	Pogonski prsten dodavača	98
Slika 77:	Konačni izgled uređaja	99

POPIS TABLICA

Tablica 1: Standardne mjere limenki.....	17
Tablica 2: Usporedba karakteristika postojećih proizvoda na tržištu.....	27
Tablica 3: Intervju s korisnicima stroja za polaganje brtvene mase na poklopce ϕ 99 mm ...	33
Tablica 4: Lista potreba	34
Tablica 5: Matrica potrebe- mjere	35
Tablica 6: Morfološka matrica prvi dio.....	39
Tablica 7: Morfološka matrica drugi dio.....	40
Tablica 8: Morfološka matrica treći dio	41
Tablica 9: Morfološka matrica četvrti dio	42
Tablica 10: Ispunjenoš karakteristika pojedinih koncepta	49
Tablica 11: Put pomicaljke u odnosu na kut zakreta grebena	59

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

KA-D-2011-00000	Stroj za nanošenje brtvene mase
KA-D-2011-00002	Prednja ploča
KA-D-2011-00003	Stražnja ploča
KA-D-2011-00004	Desna ploča
KA-D-2011-00005	Lijeva ploča
KA-D-2011-00006	Cijev zatvarača
KA-D-2011-00007	Cilindrična spojnica muška
KA-D-2011-00008	Spojna košulja
KA-D-2011-00009	Stožnik manji
KA-D-2011-00010	Stožnik veći
KA-D-2011-00011	Zatvarač
KA-D-2011-00100	Sklop vratila elektromotora
KA-D-2011-00101	Vratilo elektromotora
KA-D-2011-00102	Remenica elektromotora
KA-D-2011-00103	Kućište ležaja vratila
KA-D-2011-00104	Poklopac ležaja vratila
KA-D-2011-00105	Poklopac ležaja vratila veći
KA-D-2011-00200	Sklop vratila spojke
KA-D-2011-00201	Vratilo spojke
KA-D-2011-00202	Remenica spojke
KA-D-2011-00203	Pogonska remenica dodavača
KA-D-2011-00204	Kućište ležaja 6010
KA-D-2011-00205	Kućište ležaja 16008
KA-D-2011-00206	Poklopac ležaja 6010 1.1
KA-D-2011-00207	Poklopac ležaja 6010 1.2
KA-D-2011-00208	Poklopac ležaja 16008 1.1
KA-D-2011-00209	Poklopac ležaja 16008 1.2
KA-D-2011-00300	Sklop vratila spojke
KA-D-2011-00301	Vratilo spojke donje
KA-D-2011-00302	Manji čelnik
KA-D-2011-00303	Pogonska remenica podizača

KA-D-2011-00304	Ležajna čahura vratila spojke
KA-D-2011-00305	Kućište ležaja vratila spojke
KA-D-2011-00306	Poklopac ležaja vratila spojke donjeg
KA-D-2011-00400	Sklop vratila stožnika
KA-D-2011-00401	Vratilo stožnika
KA-D-2011-00402	Pogonska remenica trake
KA-D-2011-00403	Kućište ležaja 61812
KA-D-2011-00404	Poklopac ležaja 61812
KA-D-2011-00500	Sklop vratila trake
KA-D-2011-00501	Cijev vratila trake
KA-D-2011-00502	Ploča vratila trake
KA-D-2011-00503	Čahura vratila trake
KA-D-2011-00504	Ploča čahure
KA-D-2011-00505	Vratilo trake desno
KA-D-2011-00506	Vratilo trake lijevo
KA-D-2011-00507	Kućište ležaja 6008
KA-D-2011-00508	Poklopac ležaja 6008
KA-D-2011-00509	Poklopac ležaja 6008 veći
KA-D-2011-00510	Gonjena remenica trake
KA-D-2011-00600	Sklop manjeg vratila trake
KA-D-2011-00601	Cijev manjeg vratila trake
KA-D-2011-00602	Ploča manjeg vratila trake
KA-D-2011-00603	Čahura manjeg vratila trake
KA-D-2011-00604	Ploča čahure manje
KA-D-2011-00605	Vratilo trake manje desno
KA-D-2011-00606	Vratilo trake manje lijevo
KA-D-2011-00607	Ležajna čahura trake
KA-D-2011-00608	Kućište ležaja trake
KA-D-2011-00609	Poklopac ležaja trake
KA-D-2011-00610	Poklopac ležaja trake veći
KA-D-2011-00700	Sklop vratila podizača
KA-D-2011-00701	Vratilo podizača

KA-D-2011-00702	Gonjena remenica podizača
KA-D-2011-00703	Ležajna čahura podizača
KA-D-2011-00704	Kućište ležaja podizača
KA-D-2011-00705	Poklopac ležaja podizača
KA-D-2011-00706	Kućište opruge podizača
KA-D-2011-00800	Sklop vratila grebena
KA-D-2011-00801	Veliki čelnik
KA-D-2011-00802	Vratilo grebena
KA-D-2011-00803	Kućište ležaja grebena veće
KA-D-2011-00804	Kućište ležaja grebena
KA-D-2011-00805	Poklopac grebena 1.1
KA-D-2011-00806	Poklopac grebena 2.2
KA-D-2011-00807	Poklopac grebena 2.1
KA-D-2011-00900	Sklop vratila dodavača
KA-D-2011-00901	Vratilo dodavača
KA-D-2011-00902	Gonjena remenica dodavača
KA-D-2011-00903	Pogonski prsten dodavača
KA-D-2011-00904	Spojni prsten dodavača
KA-D-2011-00905	Kućište ležaja dodavača veće
KA-D-2011-00906	Kućište ležaja dodavača manje
KA-D-2011-00907	Poklopac ležaja dodavača 1.1
KA-D-2011-00908	Poklopac ležaja dodavača 1.2
KA-D-2011-00909	Poklopac ležaja dodavača 2.1
KA-D-2011-00910	Poklopac ležaja dodavača 2.2
KA-D-2011-01000	Nosiva konstrukcija
KA-D-2011-01001	Radna ploča
KA-D-2011-01002	Noga
KA-D-2011-01003	Uzdužna cijev konstrukcije
KA-D-2011-01004	Poprečna cijev konstrukcije
KA-D-2011-01005	UPE 80 motor
KA-D-2011-01006	UPE 80 motor donji
KA-D-2011-01007	UPE 65 stražnji

KA-D-2011-01008	Dodatna ploča vratila elektromotora
KA-D-2011-01009	UPE 140
KA-D-2011-01010	UPE 80
KA-D-2011-01011	Nosiva ploča vratila spojke
KA-D-2011-01012	UPE 120
KA-D-2011-01013	Nosiva ploča podizača
KA-D-2011-01014	UPE 80 kratki
KA-D-2011-01015	Dodatna ploča postolja spojke
KA-D-2011-01016	Nosiva ploča postolja spojke
KA-D-2011-01017	Dodatna ploča grebena
KA-D-2011-01018	Nosiva ploča grebena
KA-D-2011-01019	UPE 65
KA-D-2011-01020	Nosiva ploča dodavača
KA-D-2011-01021	UPE 65 stožnici
KA-D-2011-01022	Nosiva ploča stožnika
KA-D-2011-01023	Cilindrična spojnica muška
KA-D-2011-01024	Nosač dodavača
KA-D-2011-01100	Dodavač
KA-D-2011-01101	Vodilice
KA-D-2011-01102	Desna ploča dodavača
KA-D-2011-01103	Lijeva ploča dodavača
KA-D-2011-01104	Stražnja ploča dodavača
KA-D-2011-01105	Zatik dodavača
KA-D-2011-01106	Spojna ploča dodavača veća
KA-D-2011-01107	Spojna ploča dodavača manja
KA-D-2011-01108	Oduzimač
KA-D-2011-01200	Sklop gornje ploče
KA-D-2011-01201	Gornja ploča
KA-D-2011-01202	Nosač ploče spremnika
KA-D-2011-01203	Ploča spremnika
KA-D-2011-01204	Nosač pištolja vertikalni
KA-D-2011-01205	Cijev nosača pištolja

KA-D-2011-01206	Nosač pištolja horizontalni
KA-D-2011-01207	Nosač prstena vertikalni
KA-D-2011-01208	Cijev aktivacijskog prstena
KA-D-2011-01209	Nosač prstena horizontalni
KA-D-2011-01210	Osovina aktivacijskog prstena
KA-D-2011-01211	Aktivacijski prsten
KA-D-2011-01212	Poklopac cijevi aktivacijskog prstena
KA-D-2011-01213	Nastavak igle
KA-D-2011-01214	Aktivacijska poluga veća
KA-D-2011-01215	Aktivacijska poluga manja
KA-D-2011-01216	Cilindrična spojница ženska
KA-D-2011-01217	Matica aktivacijskog prstena
KA-D-2011-01300	Sklop podizača 4
KA-D-2011-01301	Prsten podizača 140
KA-D-2011-01302	Prsten podizača 220
KA-D-2011-01303	Prsten podizača 300
KA-D-2011-01304	Prihvativni prsten podizača
KA-D-2011-01305	Nosač osigurača
KA-D-2011-01306	Osigurač prstena podizača
KA-D-2011-01307	Osigurač prstena podizača manji
KA-D-2011-01400	Pištolj
KA-D-2011-01401	Kućište pištolja
KA-D-2011-01402	Mlaznica
KA-D-2011-01403	Igla
KA-D-2011-01404	Poklopac pištolja
KA-D-2011-01405	Poklopac pištolja gornji

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
P	kW	snaga elektromotora
n_{EM}	min^{-1}	brzina vrtnje elektromotora
f	Hz	frekvencija
n_p	min^{-1}	brzina vrtnje podizača
n_{GR}	min^{-1}	brzina vrtnje grebena
i_{R_1}	/	prijenosni omjer prvog remenskog prijenosa
d_{REM}	mm	promjer remenice elektromotora
d_{RS}	mm	promjer remenice spojke
i_{R_2}	/	prijenosni omjer drugog remenskog prijenosa
n_s	min^{-1}	brzina vrtnje vratila spojke
d_{PRP}	mm	promjer pogonske remenice podizača
d_{GRP}	mm	promjer gonjene remenice podizača
i_{Z_1}	/	prijenosni omjer prvog zupčaničkog prijenosa
T_{EM}	Nm,Nmm	okretni moment elektromotora
T_s	Nm,Nmm	okretni moment vratila spojke
η_{R_1}	/	iskoristivost prvog remenskog prijenosa
T_{Z_1}	Nm,Nmm	okretni moment manjeg čelnika
σ_{Hlim}	N/mm^2	dopuštena dinamička izdržljivost
σ_{HP}	N/mm^2	stvarna dinamička izdržljivost
S_H	/	sigurnost na dodirni pritisak
λ	/	faktor odnosa širine zuba
$K_{H\alpha}$	/	faktor raspodjele opterećenja
Z_M	$\sqrt{\text{N/mm}^2}$	faktor utjecaja materijala za proračun na dodirni pritisak
Z_H	/	faktor oblika boka za proračun na dodirni pritisak
Z_e	/	faktor utjecaja stupnja prekrivanja za proračun opt. bokova
m	mm	modul
u	/	prijenosni omjer zupčaničkog para
$z_{\check{c}_1}$	/	broj zubi manjeg čelnika
$z_{\check{c}_2}$	/	broj zubi većeg čelnika
$d_{\check{c}_1}$	mm	diobeni promjer manjeg čelnika
$d_{a\check{c}_1}$	mm	tjemeni promjer manjeg čelnika
$d_{f\check{c}_1}$	mm	podnožni promjer manjeg čelnika
$d_{\check{c}_2}$	mm	diobeni promjer većeg čelnika

$d_{ač_2}$	mm	tjemeni promjer većeg čelnika
$d_{fč_2}$	mm	podnožni promjer većeg čelnika
$δ_1$	°	kut između izvodnice i osi vrtnje manjeg stožnika
$δ_2$	°	kut između izvodnice i osi vrtnje većeg stožnika
$Σ$	°	kut između osi vrtnje dvaju stožnika
d_{S_1}	mm	diobeni promjer manjeg stožnika
d_{aS_1}	mm	tjemeni promjer manjeg stožnika
d_{fS_1}	mm	podnožni promjer manjeg stožnika
d_{S_2}	mm	diobeni promjer većeg stožnika
d_{aS_2}	mm	tjemeni promjer većeg stožnika
d_{fS_2}	mm	podnožni promjer većeg stožnika
i_{Z_2}	/	prijenosni omjer drugog zupčaničkog prijenosa
n_{PRD}	min^{-1}	brzina vrtnje pogonske remenice dodavača
n_{GRD}	min^{-1}	brzina vrtnje gonjene remenice dodavača
i_{R_3}	/	prijenosni omjer trećeg remenskog prijenosa
d_{PRD}	mm	promjer pogonske remenice dodavača
d_{GRD}	mm	promjer gonjene remenice dodavača
y, s	mm	put pomicaljke krivuljnog mehanizma
v	mm/s	brzina pomicaljke krivuljnog mehanizma
a	mm/s^2	ubrzanje pomicaljke krivuljnog mehanizma
$ω$	rad/s	kutna brzina
$β$	°	ukupni kut zakreta grebena u kojem se odvija dizanje/spuštanje pomicaljke
$φ$	°	trenutni kut zakreta grebana
h	mm	ukupna visina koju za koju se podigne pomicaljka
$η_{Z_1}$	/	iskoristivost prvog zupčaničkog prijenosa
T_{Z_2}	Nmm	okretni moment na većem čelniku
F_A	N	sila u osloncu A
F_B	N	sila u osloncu B
F_{tz_1}	N	obodna sila u prvom zupčaničkom prijenosu
L_h	h	broj radnih sati koje ležaj mora izdržati
C_0	N	statička nosivost ležaja
C_1	N	dinamička nosivost ležaja
M_{red_x}	Nmm	reducirani moment u presjeku x
M_x	Nmm	moment savijanja u presjeku x
$β_{kf}$	/	faktor zareznog djelovanja kod savijanja
$α_0$	/	faktor čvrstoće materijala

β_{kt}	/	faktor zareznog djelovanja kod uvijanja
$\sigma_{f_{DN}}$	N/mm ²	trajna dinamička savojna čvrstoća
$\tau_{t_{DI}}$	N/mm ²	trajna dinamička uvojna čvrstoća
S_x	/	faktor sigurnosti u presjeku x
b_1	/	faktor veličine strojnog dijela
b_2	/	faktor kvalitete površinske obrade
W_x	mm ³	moment otpora presjeka x
F_{R_2}	N	sila drugog remenskog prijenosa
p_{dop}	MPa	dopušteni tlak kliznog ležaja
p_{sr}	MPa	stvarni tlak kliznog ležaja
θ	/	faktor širine kliznog ležaja
b_l	mm	širina kliznog ležaja
d_l	mm	unutarnji promjer kliznog ležaja
d_{l_1}	mm	vanjski promjer kliznog ležaja
d_{GREM}	mm	promjer gonjene remenice elektromotora
T_D	Nmm	okretni moment vratila dodavača
T_P	Nmm	okretni moment vratila podizača
d_{PRT}	mm	promjer pogonske remenice trake
d_{GRT}	mm	promjer gonjene remenice trake
n_{PRT}	min ⁻¹	broj okretaja pogonske remenice trake
n_{GRT}	min ⁻¹	broj okretaja gonjene remenice trake
η_{Z_2}	/	iskoristivost stožničkog para
T_{St}	Nmm	okretni moment na vratilu stožnika
F_{tz_2}	N	obodna sila stožničkog para
F_{R_4}	N	sila u četvrtom remenskom prijenosu
n_{S_1}	min ⁻¹	brzina vrtnje manjeg stožnika
n_{S_2}	min ⁻¹	brzina vrtnje većeg stožnika
J_x	kgm ²	moment inercije komponente x
ω_{EM}	rad/s	kutna brzina elektromotora
P_{potr}	W	potrebna snaga elektromotora
M_{potr}	Nm	potrebni okretni moment elektromotora

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad započinje uvodom u kojem se mogu pronaći informacije o povijesti razvoja metalne limene ambalaže. Iz teksta se saznaće što je to metalna limena ambalaža, kako se dobivaju dijelovi za izradu ambalaže, te tko je patentirao ovakav način čuvanja različitih proizvoda. U dalnjem tekstu detaljno je opisano mehaničko spajanje plašta limenke, spajanje plašta s poklopcom odnosno dnom limenke, te način na koji se ostvaruje nepropusni spoj.

U dalnjem tekstu opisuje se postupak nanošenja mase za brtvljenje na rub poklopca. Definira se također i vrsta mase koja se koristi za brtvljenje. Daljnji tekst prikazuje kako se provodi sušenje mase za brtvljenje nakon nanošenja na rub poklopca/dna.

Rad se nastavlja analizom postojećeg stanja tehnike u ovom području pretraživanjem proizvoda koje je moguće pronaći na tržištu. Neke od važnijih karakteristika postojećih proizvoda navedene su u tabličnom prikazu. Analiza tržišta također obuhvaća i pretragu patenata koji bi mogli dati informacije o stroju kojeg treba koncipirati i konstrukcijski razraditi.

U dalnjem tekstu se rad nastavlja analizom potreba koja slijedi iz podataka prikupljenih u analizi proizvoda i patenata, te iz intervjeta provedenog s potencijalnim korisnicima stroja za nanošenje mase za brtvljenje.

Rad se nastavlja kreiranjem funkcijске strukture proizvoda te morfološkom matricom. Iz morfološke matrice slijede koncepti od kojih je jedan odabran za daljnju razradu. Daljnja razrada prikazana je u sedmom poglavljju ovog diplomskog rada.

Diplomski rad završava zaključkom.

1. UVOD

Metalna limena ambalaža odnosno limenke su zatvoreni spremnici koji se koriste za skladištenje robe. Za otvaranje nekih limenki potrebno je odrezati dio poklopca kako bi se došlo do sadržaja koji se u limenci nalazi, dok je u posljednje vrijeme sve popularnija izrada limenki s takozvanim "easy open" poklopcom [Slika 1]. Takva vrsta poklopca omogućava korisniku brže i jednostavnije otvaranje. Limenke se koriste se čuvanje raznih vrsta sadržaja u prehrambenoj i kemijskoj industriji.



Slika 1: Easy open poklopac limenke

Metalna limena ambalaža u postojećem obliku patentirana je 1813. godine. Patentirao ju je engleski izumitelj Peter Durand na osnovu eksperimentalnog rada francuza Nicolasa Apperta [1]. Ipak Durand nije proizvodio limenke, već je prodao patent engleskim proizvođačima koji su kasnije osnovali tvornicu limenki te do kraja godine počeli proizvoditi limenke za britansku vojsku. Spomenute limenke su bile zatvorene postupkom olovног lemljenja. Konzumacija hrane iz tako proizvedenih limenki uzrokovala je trovanja olovom pa se ubrzo odustalo od takvog načina zatvaranja limenki.

Većina limenki danas imaju plašt savijen u obliku valjka koji je s jedne strane zatvoren prstenom poklopca, a s druge strana dnom limenke. Oblik limenki manjih zapremnina često je ovisan o obliku sadržaja pa dolazi do odstupanja od valjkastog oblika. Takve limenke su najčešće četverokutnog, ovalnog te koničnog oblika. Vrlo česti slučaj kod limenki većih zapremnina su ojačanja stjenke rebrima čime se postiže veća stabilnost s obzirom na moguće stvaranje udubljenja.

Od druge polovice dvadesetog stoljeća limenke se proizvode od materijala koji je kombinacija kositra i čelika, te i u današnje vrijeme predstavljaju osnovni materijal kod izrade limenki. Kositar se nalazi samo u obliku vrlo tanke prevlake koja ima zadatak spriječiti dodir između čelika limenke i njezinog sadržaja. Razlog takve proizvodnje je, s jedne strane, relativno niska cijena čelika, te s druge strane dobra korozionska otpornost kositra. Ipak u nekim slučajevima može doći do dodira, jer je prevlaka kositra debljine $1,5 \mu\text{m}$. Osim gore spomenutih vrsta limenki u prošlosti su se proizvodile i limenke koje nisu imale prevlaku od kositra već su bile prevučene samo temeljnim čeličnim slojem debljine $0,25 \text{ mm}$.

1957. godine započela je primjena limenki izrađenih od aluminija. [1] Do primjene aluminija u tu svrhu došlo je iz tri razloga:

- Niža cijena aluminija u odnosu na kositar i čelik
- Jednaka otpornost na koroziju
- Veća savitljivost (čime je olakšana proizvodnja).

U novije vrijeme većina limenki koje se koriste za čuvanje hrane sadrže vrlo tanku plastičnu prevlaku koja sadrži bisfenol A¹. Taj spoj ima potencijal izazvati prijetnju ljudskom zdravlju ukoliko procuri u limenku i dođe u dodir s hranom.

Tablica 1 daje prikaz standardnih veličina limenki od promjera 99 mm do 300 mm. Promjeri dati u toj tablici biti će mjerodavni kod dimenzioniranja stroja.

¹ Bisfenol A (BPA) je organski spoj koji se sastoji od dvije funkcionalne skupine fenola. Najčešća upotreba mu je kod proizvodnje polikarbonata te epoksidne smole.

Tablica 1: Standardne mjere limenki

PROMJER [mm]	VISINA [mm]	VOLUMEN [ml]
99	40-260	300-2000
110	50-212	470-2000
130	50-225	650-3000
140	50-225	650-3000
153	50-275	900-5000
163	50-240	1500-5000
200	50-320	1570-10000
220	50-264	1900-10000
273	300-420	20000-25000
280	300-420	20000-25000
290	300-420	20000-25000
300	300-420	20000-25000

1.1. Vrste postupaka prevlačenja

1.1.1. Elektrolitsko prevlačenje

Kod ove metode prevlaka kositra predstavlja anodu, a čelični lim katodu. Oba materijala su suspendirana u koncentriranoj otopini soli kositra te se uz pomoć jakih električnih struja kositar polaže na čelični lim ionskim prijenosom. Debljina prevlake definirana je vremenom koliko je čelik uronjen u otopinu kositra. Nakon uranjanja prevučeni limovi su grijani i valjani kako bi se postigao jedinstveni i tanki film prevlake. Elektrolitsko prevlačenje može se prepoznati zbog prisustva vrlo finih, ravnih, paralelnih linija na površini. Kod ovog postupka potrebna količina kositra iznosi svega trećinu količine potrebne kod prevlačenja postupkom vrućeg uranjanja.

1.1.2. Vruće uranjanje

Kod ovog postupka, koji se rijetko koristi, čelični lim se uranja u rastaljeni kositar. Debljina prevlake kod ovog postupka određuje se brojem ponavljanja uranjanja u rastaljeni kositar. Vruće uranjanje može se na površini prepoznati po prisutnosti slojeva koji su posljedica većeg broja ponavljanja uranjanja.

1.1.3. Diferencijalno prevlačenje

Ova metoda prevlačenja karakteristična je po različitim debljinama prevlake s obiju strana čeličnog lima. Pritom se mora paziti da se lim savija tako da strana lima na kojoj je prevlaka veće debljine dolazi na unutrašnju stranu limenke. To se mora ostvariti jer sadržaj koji je u limenci predstavlja veću mogućnost probijanja do čeličnog sloja u odnosu na okolni zrak u atmosferi u kojoj se limenka nalazi.

1.2. Postupak izrade limenki

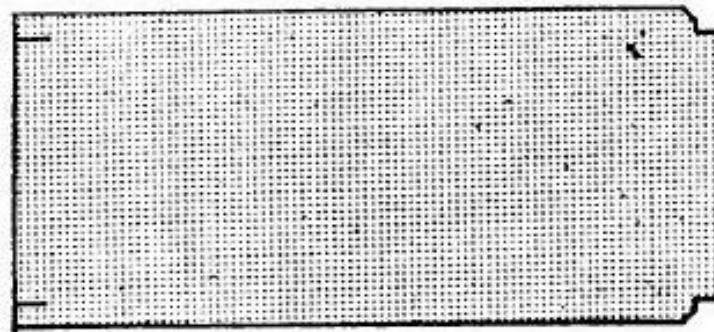
Višedijelne limenke se najčešće sastoje od tri dijela:

- Plašta limenke
- Dna limenke
- Poklopca limenke.

1.2.1. Koraci u proizvodnji limenki (mehaničko spajanje)

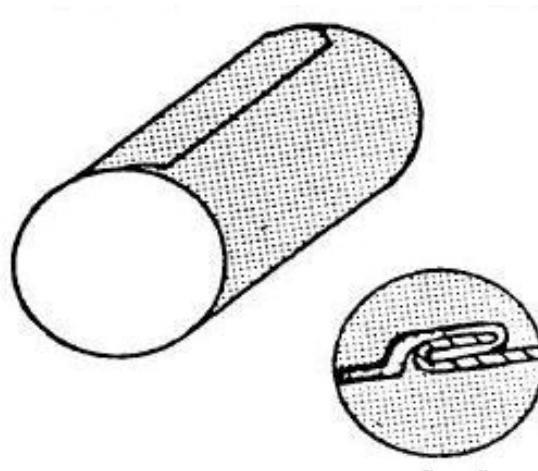
Postoji nekoliko karakterističnih koraka koji su univerzalni kod proizvodnje limenki različitih zapremnina. Kao početna točka za proizvodnju služi tanki čelični lim koji je jednim od prethodno opisanih postupaka prevučen slojem kositra.

-
1. Mjerenje i izrezivanje razvijenog plašta limenke. U ovom koraku na radno mjesto dolazi ploča lima na kojoj se mora označiti i izrezati plašt limenke. Prilikom rezanja je potrebno osobito obratiti pozornost na dijelove preklopa .[Slika 2]



Slika 2: Razvijeni plašt limenke

2. Obrada rubova. Savijaju se dijelovi preklopa kako bi se u koraku oblikovanja limenke ti dijelovi lako mogli zakvačiti. Također se skidaju oštiri rubovi kako bi se spriječilo ozljeđivanje korisnika.
3. Oblikovanje limenke. Nakon toga se formira tijelo, odnosno plašt, limenke oko čeličnog trna u željeni oblik, te se, u prethodnom koraku, savijeni dijelovi za preklop isprepletu.[Slika 3]



Slika 3: Isprepleteni preklopi tvore bočni šav

-
4. Pripremanje bočnog šava. Tijekom ovog koraka isprepleteni preklopi se stlače i tako tvore bočni šav plašta limenke. Nakon toga slijedi čišćenje odnosno odmašćivanje spoja te lemljenje. Tijekom čišćenja se odstranjuju sve nečistoće te ulja koja su dospjela u spoj tijekom prethodnih koraka. Prilikom lemljenja rastaljeni lem teče unutar bočnog šava i ispunjava sve praznine. Još dok je lem topao, slijedi drugo stlačivanje bočnog šava, te se na taj način tvori hermetički spoj.
 5. Spajanje poda i plašta limenke. U ovom se koraku spajaju prethodno pripremljeni plašt limenke s također prethodno pripremljenim dnom limenke. Dno limenke je potrebno prije spajanja deformirati na željeni oblik, gumirati dio koji će biti u spoju te očistiti od nečistoća i masti. Nakon toga se pristupa kreiranju nepropusnog spoja i limenka je spremna za punjenje.

Osim prethodno opisanog postupka spajanja limenki koristi se i postupak zavarivanja bočnog šava. Prisutne su dvije mogućnosti zavarivanja:

- Preklopni spoj
- Sučeoni spoj

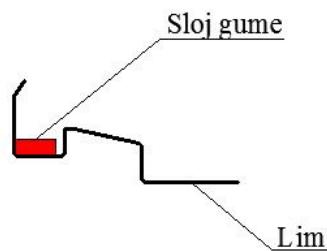
Prije samog punjenja sadržaja u limenku, sadržaj je potrebno termički obraditi kako bi se spriječila mogućnost pojave bakterija. Sadržaji koji sadrže veliku količinu kiseline se tretiraju na nižim temperaturama, dok su za sadržaje s niskim količinama kiseline potrebne mnogo veće temperature. Prije samog zatvaranja limenke, a neposredno poslije punjenja potrebno je ostvariti vakuum u limenci. To je moguće postići slijedećim postupcima:

- Vakumsko zatvaranje: limenke se zatvaraju u vakuumskoj komori
- Predgrijavanje: proizvod se zagrijava na temperaturu od 74 °C ili više te se drži na toj temperaturi prilikom punjenja, te toplina na taj način proizvodi ekspanziju sadržaja koji nakon hlađenja stvara vakuum
- Predgrijavanje u tunelu: postupak sličan prethodnom, samo što se koristi tunel za zagrijavanje
- Parni mlaz: para temperature 120 °C se ubrizgava u slobodni prostor napunjene limenke prije nego što se limenka zatvori te hlađenjem stvara vakuum.

Prethodno spomenuto hlađenje mora se provoditi ubrzano kako bi se spriječilo pretjerano omekšavanje strukture, odnosno promjenu boje proizvoda. Kao sredstvo kojim se hlađi može se koristiti zrak (kod zračnog hlađenja) odnosno voda (kod vodenog hlađenja). Kod zračnog se hlađenja najčešće koriste ventilatori koji u posebno dizajniranim skladištima usmjeravaju hladni zrak na limenke, dok su kod vodenog hlađenja najčešće korištene mlaznice.

1.3. Proces nanošenja mase za brtvljenje

Vrlo je važno ostvariti nepropusni spoj na mjestima gdje se dodiruju plašt i dno, odnosno plašt i poklopac limenke kako ne bi došlo do curenja sadržaja iz limenke, te kako bi se spriječio kontakt sadržaja i okolnog zraka. Iz tog se razloga na tim mjestima kreira iznimno čvrsti spoj deformiranjem limova. Osim toga, na mjestu dodira se nanosi i sloj gume na prethodno oblikovani lim poklopca odnosno dna limenke [Slika 4].



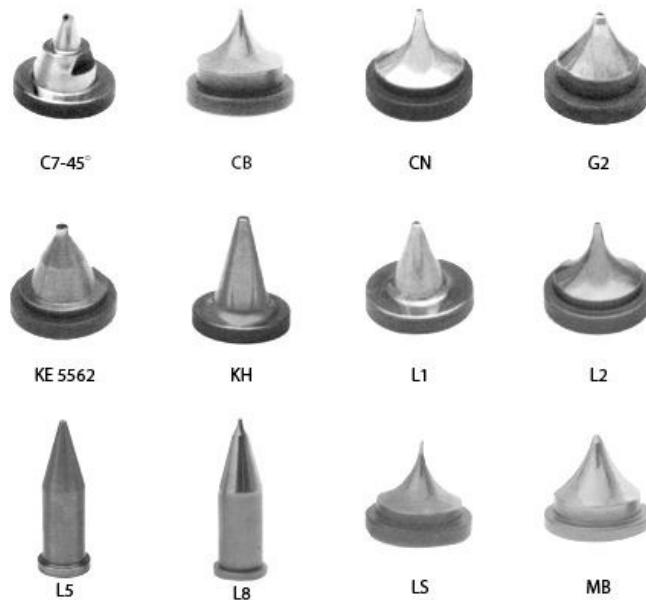
Slika 4: Prikaz mesta na koje se nanosi sloj gume

Kako bi se ostvario pravilan spoj potrebno je prethodno dobro oblikovati, kako limove plašta, tako i limove poklopca odnosno dna limenke.

Da bi se ostvario nepropusni sloj najčešće se koristi masa za brtvljenje tvorničke oznake R-52-CC. [2] Masa za brtvljenje je vodena disperzija različitih polimernih materijala sa visokim sadržajem krute tvari. [2] Kako bi se ta masa pravilno rasporedila na predviđeno mjesto potrebno je koristiti odgovarajuće mlaznice i njima pripadajuće igle za kontrolu raspršivanja. Prema [3] postoji veliki broj vrsta mlaznica i igala, a neke od njih prikazane su na [Slika 5, Slika 6].

Igle i mlaznice omogućavaju jednostavnije doziranje količine mase za brtvljenje te uvelike pojednostavljaju automatizaciju procesa nanošenja mase na predviđeno mjesto. Ovisno o

obliku mlaznice moguće je raspršivati masu na nepristupačna mjesta. Masa za brtvljenje R-52-CC je posebno razvijena za okrugle poklopce/podove limenki uz nanošenje mlaznicom.



Slika 5: Mlaznice za usmjeravanje mase za brtvljenje



Slika 6: Igle za kontrolu količine mase za brtvljenje

Kako bi se postigla optimalna težina suhe mase za brtvljenje dovoljno je primijeniti lagano sušenje nakon postupka nanošenja. Najbolje bi nakon procesa polaganja bilo koristiti peć koja ima mogućnost postupnog povećanja temperature kako bi se temperatura jednolično raspodijelila po poklopcu/dnu. Masa za brtvljenje se mora prije uporabe osušiti do te mjere da udio preostale vlage u vrijeme uporabe poklopca ne prelazi 1,5%. Nakon završetka procesa polaganja mase za brtvljenje potrebno je proći minimalno 72 sata prije nego što se poklopac odnosno pod spoji sa plaštem limenke. U tom vremenu vrlo je bitno nadzirati atmosferske uvjete (vlaga i temperatura) za vrijeme skladištenja poklopaca. Vrlo je bitno napomenuti kako su svi sastojci od kojih je sastavljena masa za brtvljenje dopušteni prema FDA² popisu za korištenje s namirnicama namijenjenim za prehrambene svrhe.

Ukoliko se temperatura, na kojoj se skladište gumirani poklopci odnosno dna limenki, zadržava u granicama između 10°C i 30°C takve je proizvode moguće skladištiti i do 4 mjeseca. Dulje skladištenje ne uzroku bilo kakvu vrstu degradacije po pogledu kemijskog sastava mase za brtvljenje, već samo promjene u karakteristikama primjene. U tom slučaju prije korištenja mase potrebno je izvršiti homogenizaciju.

² FDA (Food and Drug Association) je agencija američkog zavoda za javno zdravstvo. Odgovorna je za zaštitu i promoviranje javnog zdravlja kroz regulaciju i nadzor sigurnosti hrane, duhanskih proizvoda, kozmetike, farmaceutskih lijekova te medicinskih aparata. Na nivou Europe postoji Europska medicinska agencija (EMEA) koja se bavi zaštitom i promoviranjem zdravlja na nivou europskih zemalja. U Hrvatskoj tu službu obavlja Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi.

2. ANALIZA TRŽIŠTA

Strojevi korišteni za nanošenje mase za brtvljenje na poklopce odnosno dna limenki koriste masu u tekućem obliku, kako je prethodno napomenuto. To je zato, jer je masom u tom obliku najlakše upravljati, odnosno najpogodnija je za nanošenje na predviđeno mjesto. Postojeći strojevi imaju u pravilu jedan glavni pogon preko elektromotora koji razvijaju različite snage ovisno o tipu stroja i proizvođača. Većina proizvođača na tržištu nude strojeve za polaganje mase za brtvljenje na okrugle poklopce/podove limenki, a samo rijetki prodaju strojeve za neokrugle poklopce odnosno podove. Na tržištu je moguće pronaći i strojeve koji uz klasične komponente sadrže i pećnicu koja služi za sušenje mase za brtvljenje neposredno nakon nanošenja.

2.1. Postojeći proizvodi na tržištu

Pretražujući internetske portale došlo se do zaključka kako u Hrvatskoj nema proizvođača, odnosno prodavača strojeva namijenjenih za polaganje mase za brtvljenje na poklopce limenki. Daljnjom pretragom internetskih portala naišlo se na nekoliko zanimljivih proizvoda koji su pobliže opisani u dalnjem tekstu.

2.1.1. MRC-600-E tvrtke *Penalver Industries*

Stroj MRC-600-E [Slika 7] se koristi za nanošenje mase za brtvljenje na okrugle poklopce odnosno dna limenki promjera od 52,5 mm do 99 mm. Osim standardnih dijelova za nanošenje mase za brtvljenje stroj raspolaže i pećnicom u kojoj se neposredno nakon nanošenja masa suši u kontroliranoj atmosferi. Stroj ima produktivnost polaganja od 100 do 600 poklopaca u minuti, ovisno o promjeru poklopca [4]. Osim mogućnosti grijanja pećnica na izlazu ima i komoru za ohlađivanje kako poklopci na izlazu iz nje ne bi bili izloženi temperaturnom šoku. Na taj se način smanjuje mogućnost pojave pogrešaka u obliku obrađenih poklopaca.

2.1.2. MER-600 tvrtke *Penalver Industries*

Stroj MER-600 [Slika 8] se koristi za nanošenje mase za brtvljenje na neokrugle poklopce. Kako je proces polaganja na neokrugle poklopce nešto drugačiji od onog s okruglim poklopциma ovaj stroj uz funkciju polaganja ima i funkciju savijanja lima te sušenja u pećnici kao i prethodni stroj. Funkcija savijanja lima odnosi se na savijanje vanjskog promjera

poklopca kako bi se kasnije kod spajanja poklopca s plaštem limenke omogućilo jednostavnije ostvarivanje nepropusnog spoja. Savijanje se provodi u 2 puna okretaja poklopca uz pomoć valjaka [5]. Za razliku od okruglih poklopaca gdje pneumatski pištolj za štrcanje mase za brtvljenje miruje kod ovog stroja izvodi gibanje ovisno o konturi poklopca. Ovaj stroj, kao i prethodni, može postići produktivnost do 600 poklopaca u minuti. Osim na poklopce napravljene od čelika i presvučene kositrom može nanositi i masu za brtvljenje na poklopce od aluminija.



Slika 7: Stroj MRC-600-E tvrtke Penalver Industries



Slika 8: Stroj MER-600 tvrtke Penalver Industries

2.1.3. HSL/VHSL tvrtke Stolle Machinery

Tvrtka Stolle razvila je stroj [Slika 9] za nanošenje mase za brtvljenje na okrugle poklopce s produktivnošću od 1000 do 2100 poklopaca u minuti. To je moguće jer u strojevima koriste četiri, šest ili osam pištolja za štrcanje mase. Kako bi se omogućila što veća preciznost nanošenja mase za brtvljenje koristi se nova generacija pištolja za štrcanje koji pružaju mogućnost dijagnostike, smanjuju varijacije u težinama položene mase te ih nije potrebno često održavati. Stroj tipa HSL ima samo jedan pogon, dok stroj tipa VHSL ima nezavisne pogone koji mogu biti namješteni ovisno o brzini čitave linije [6]. Za razliku od drugih strojeva na tržištu strojevi tvrtke Stolle omogućuju i da poklopci iz stroja izlaze u dvjema linijama te je to jedan od razloga tako velike produktivnosti.

2.1.4. MTD 555/MT 556 tvrtke Cevolani

Strojevi MTD 555 i MT 556 [Slika 10] služe za nanošenje mase za brtvljenje na okrugle poklopce [7]. Osim funkcije nanošenja ti strojevi omogućuju funkciju sušenja mase i to na okruglim, ovalnim i četvrtastim poklopциma. Taj stroj se može koristiti kao linija za polaganje mase na okrugle poklopce te sušenje iste neposredno nakon polaganja, ili kao dio linije u kojoj jedan stroj polaže masu na neokrugle poklopce, a spomenuti stroj služi za sušenje mase nakon polaganja. Jedinica za polaganje je opremljena, za razliku od drugih strojeva, elektronički upravljanim pištanjima za štrcanje. Takav sistem omogućuje jednostavnije i točnije doziranje količine mase za brtvljenje te jednostavniju promjenu veličine mlaznica.



Slika 9: Stroj za nanošenje mase tvrtke Stolle



Slika 10: Stroj MTD 555/MTD 556 tvrtke Cevolani

Tablica 2 daje sažeti pregled karakteristika svih prethodno opisanih strojeva. Iz nje se može iščitati za kakve se poklopce koji stroj koristi. Obzirom na produktivnost kao najbolji proizlazi stroj tvrtke Stolle, dok su s aspekta sušenja brtvene mase ostala tri stroja bolja jer sadrže pećnicu. Prednost također predstavlja samo jedan pogonski motor, jer je lakše ostvariti taktnost između dodavanja poklopaca i nanošenja brtvene mase.

Tablica 2: Usporedba karakteristika postojećih proizvoda na tržištu

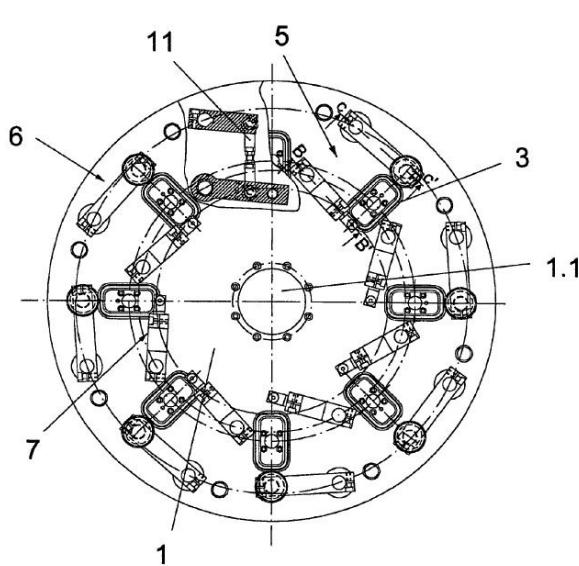
	PENALVER MRC-600-E	PENALVER MRC-600	MER-	STOLLE HSL/VHSL	CEVOLANI MTD555/ MT556
Vrsta poklopaca/podova	Okrugli	Neokrugli	Okrugli	Okrugli	Okrugli
Dimenzije	52,5 mm do 99 mm	/	30 mm do 82 mm	40 mm do 180/109 mm	
Produktivnost	100 do 600 u minuti	Do 600 u minuti	1000 do 2000 u minuti	400 ili 800 u minuti	
Pećnica	Da, konvekcijska	Da, konvekcijska	Ne	Da, konvekcijska	
Raspon temperaturu u pećnici	60°C do 200°C	60°C do 200°C	/	/	/
Komora za hlađenje	Da	Da	Ne	Ne	Ne
Pogon	Više pogonskih motora	Više pogonskih motora	Jedan/dva pogonska motora	Više pogonskih motora	
Broj prolaza u kojima se nosi masa	Jedan	Jedan ili dva	Jedan	Jedan	Jedan
Mogućnost savijanja lima	Ne	Da	Ne	Ne	Ne
Materijal na koji se nosi masa	Čelik presvučen kositrom	Čelik presvučen kositrom ili aluminij	Čelik presvučen kositrom ili aluminij	Čelik presvučen kositrom	Čelik presvučen kositrom

2.2. Patenti

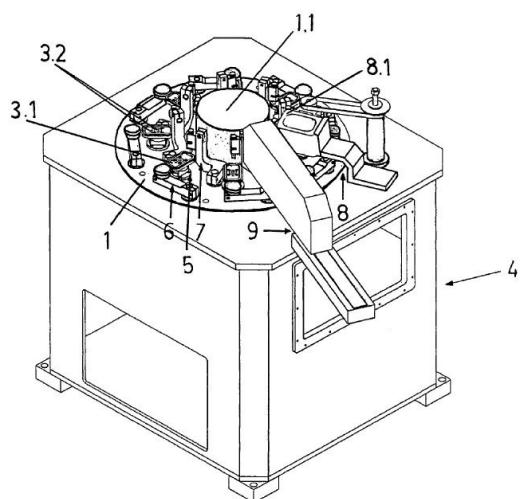
Postoji nekoliko zanimljivih patenata koji bi mogli poslužiti tijekom razrade stroja za nanošenje brtvene mase.

2.2.1. US Patent broj 7134824 B2

Tehničkim rješenjem opisanim u ovom patentu istovremeno se izvode operacije nanošenja mase za brtvljenje te savijanja ruba neokruglih poklopaca limenki [8]. Slika 12 prikazuje kako taj stroj izgleda. Stroj se sastoji od rotirajuće ploče (1) koja je pokretana servomotorom. Na ploči se nalaze nosači poklopaca zajedno s pripadajućim magnetima ili odgovarajućim sapnicama za postizanje vakuma kako bi poklopac za vrijeme čitavog procesa ostao na početnom mjestu. Osnovna ideja ovog patentta je okretanjem ploče ostvariti istovremeno polaganje mase i savijanje ruba kod raznih oblika poklopaca. To se postiže tako da se ploča zajedno s poklopcom okreće skoro za puni krug. Uz to kretanje nosači poklopaca zajedno sa poklopćima također ostvaruju kružno kretanje na svakoj radnoj stanicici. Žigovi koji obavljaju savijanje (6) i sapnice za štrcanje mase za brtvljenje (7) postavljeni su tako da pri prolasku poklopca kroz radnu stanicu (5) nanesu sloj mase i savinu lim samo na malom dijelu poklopca [Slika 11]. Iz tog razloga žigovi i sapnice moraju biti smješteni na točno određenim mjestima kako bi masa za brtvljenje bila raspoređena, te kako bi lim bio savijen po čitavom obodu poklopca.



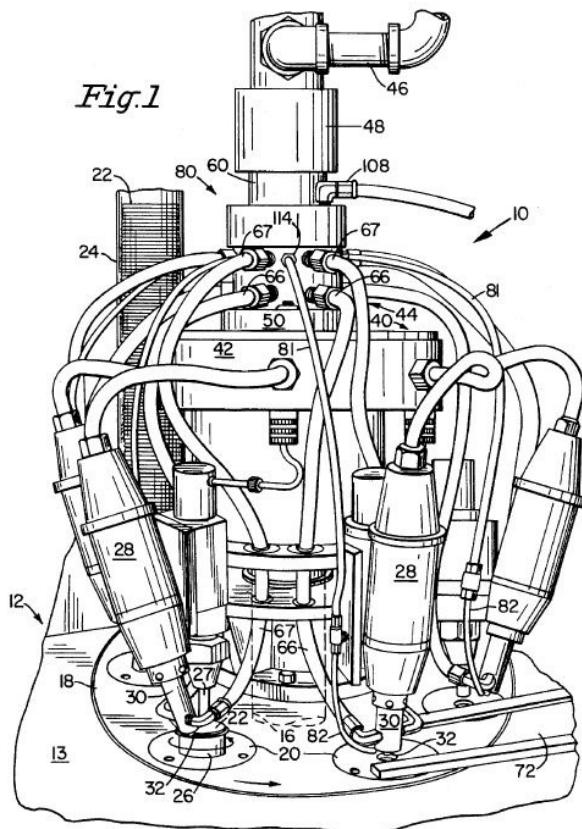
Slika 11: Radna ploča patenta US 7134824 B2



Slika 12: Patent US 7134824 B2

2.2.2. US patent broj 5564877

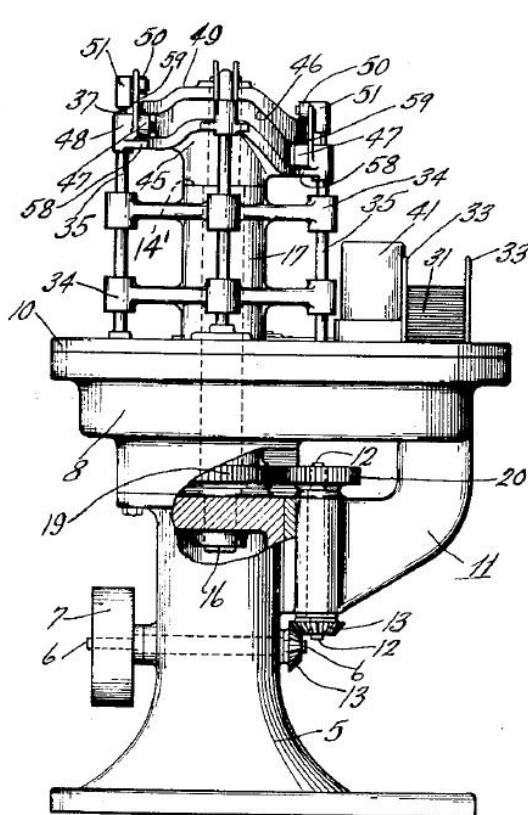
Tehničko rješenje opisano ovim patentom obavlja operaciju polaganja mase za brtvljenje na okrugle poklopce [9]. Stroj se sastoji od rotirajuće ploče na koju se smještaju poklopci iz spremnika. Zajedno s pločom rotiraju elektronički upravljeni injekcijski pištolji koji su smješteni na osnovno vratilo. Uz rotaciju ploče, na svakoj radnoj stanicici odvija se rotacija poklopca kako bi se na njega mogla položiti masa za brtvljenje. Injekcijski pištolji su opremljeni sapnicom i iglom koja služi kao ventil za doziranje mase za brtvljenje. Posebnost ovog patenta je u cirkulirajućem sustavu mase za brtvljenje koji je izведен uz pomoć cijevi. Jedna cijev služi za dovod mase za brtvljenje u injekcijski pištolj, a druga služi kao izlaz te je smještena na mlaznici pištolja. Obje cijevi su spojene u opskrbnu spojku na taj način tvoreći zatvoreni krug. Osim toga preko cijevi (81) se dovodi tekućina za čišćenje mlaznica čime se smanjuje mogućnost začepljivanja injekcijskih pištolja, te pogrešne raspodjele mase za brtvljenje [Slika 13]. Opskrbna spojka je dizajnirana tako da ne dolazi do dodira između tekućine za čišćenje i mase za brtvljenje.



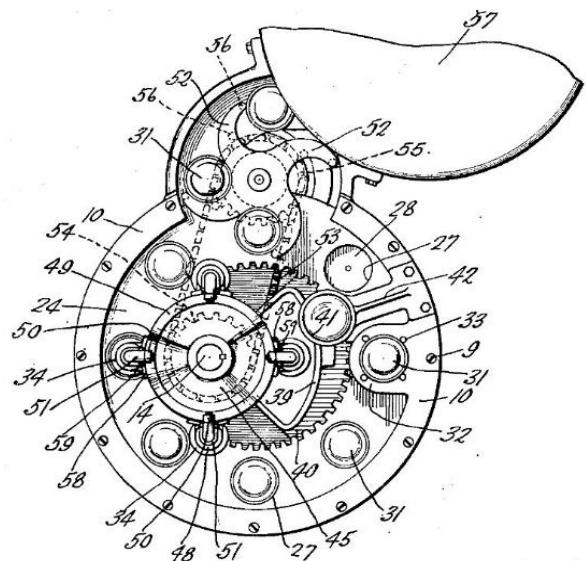
Slika 13: Radna ploča patenta US 5564877

2.2.3. US patent broj 1811433

Tehničko rješenje opisano ovim patentom služi za nanošenje mase za brtvljenje na okrugle poklopce [10]. Masa za brtvljenje se polaže na način da se prstenovi umaču u bazen s masom za brtvljenje na jednoj strani stroja te kasnije nakon rotacije od 180°C spuštaju na poklopac ostavljajući na njemu potreban sloj. Poklopci uslijed gibanja rotirajućeg stola dolaze u takozvane džepove te se na njih u krajnjem lijevom položaju polaže sloj mase za brtvljenje. Ekscentrično u odnosu na rotirajući stol, rotira se i glava na kojoj se nalaze i četiri prstena koji polažu masu. Rotacija glave se provodi u istom smjeru kao i rotacija stola. Poklopci se na kraju procesa miči sa stola uz pomoć kotača za odvajanje (52) [Slika 15] koji je s glavom koja nosi prstenove povezan lancem. Bitno je napomenuti kako je glava na kojoj se nalaze prstenovi (50) [Slika 14] oblikovana tako da je na jednoj strani stroja omogućeno namakanje prstenova u bazen, a na drugoj strani polaganje mase.



Slika 14: Patent US 1811433

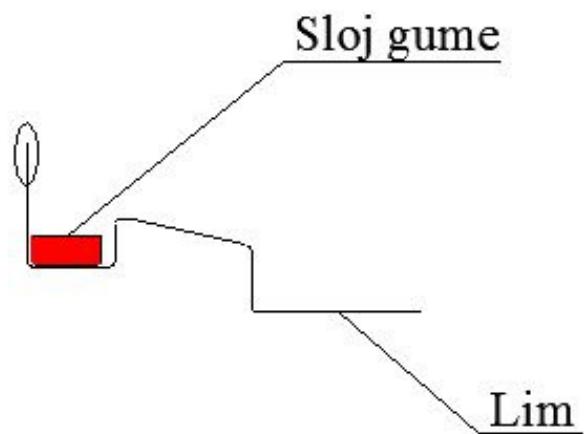


Slika 15: Radna ploča patenta US 181143

Pregledom patenata došlo se do zaključka kako je proces nanošenja brtvene mase u potpunosti automatiziran. Tehničko rješenje opisano patentom US7134824 B2 osim nanošenja brtvene mase omogućuje i savijanje rubova poklopaca što je potrebno kako bi kasnije mogao ostvariti kvalitetan preklopni spoj.

Dodavanje odnosno pomicanje poklopaca po radnoj ploči opisano patentom US 5564877 predstavlja dobru podlogu za pronalaženje rješenja dodavanja prilikom generiranja koncepata. Kako se radi o kružnom gibanju lako ga je ostvariti.

Tehničko rješenje opisano patentom US 181143 podrazumijeva nanošenje brtvene mase na poklopce oblikovane prema [Slika 16]. To predstavlja nedostatak jer je nakon nanošenja brtvene mase poklopce potrebno deformirati (dio lima zaokružen na slici) kako bi se kasnije mogao ostvariti kvalitetan preklopni spoj.



Slika 16: Izgled poklopca prije završnog deformiranja

3. ANALIZA POTREBA

Zadatak ovog diplomskog rada je koncipirati i konstruirati stroj za nanošenje mase za brtvljenje na rub poklopca odnosno dna limenke. Potrebno je pritom obratiti pozornost na debljinu položene mase koja ne smije prelaziti 0,3 mm. Masa koja se nanosi na rub dolazi u tekućem obliku. Produktivnost koju stroj mora ostvariti ne smije biti manja od 1 komada u sekundi.

Tablica 3 prikazuje rezultate intervju s radnicima tvrtke Pugar d.o.o. Intervju se sastojao od 4 osnovna pitanja o načinu korištenja proizvoda, dobrim i lošim karakteristikama proizvoda, te prijedloge eventualnog poboljšanja proizvoda. Iz tog intervju se zaključilo kako bi prilikom razvoja novog stroja bilo potrebno omogućiti polaganje mase za brtvljenje na poklopce različitih promjera. To bi trebalo ostvariti na način da osoba koja upravlja tim strojem ne mora izvoditi velike zahvate. Također se došlo do zaključka kako bi trebalo omogućiti podešavanje količine mase za brtvljenje koja izlazi iz uređaja za raspršivanje mase.

Iz analize postojećih proizvoda i patenata zaključuje se da je većina proizvoda koji postoje na tržištu napravljena za polaganje mase za brtvljenje na poklopce promjera do 100 mm. Stoga je potrebno koncipirati stroj koji ima mogućnost polaganja mase za brtvljenje na poklopce promjera većeg od 100 mm. Kako većina proizvoda na tržištu ima veći broj pogonskih motora bilo bi dobro konstruirati stroj koji je pogonjen jednim centralnim pogonskim strojem jer je na taj način lakše provesti međusobnu zavisnost između dodavanja poklopaca i nanošenja brtvene mase.

Tablica 3: Intervju s korisnicima stroja za polaganje brtvene mase na poklopce φ 99 mm

PREPOZNAVANJE POTREBA INTERVJUIRANJE KORISNIKA/KUPACA	<p>Naziv projekta: STROJ ZA NANOŠENJE BRTVENOG PREMAZA NA AMBALAŽNI LIM</p> <p>Datum: 23.09.2011</p>		
Tip korisnika: Profesionalni	Broj korisnika: 4		Intervjuirao: K.A.
Pitanje:	Odgovor korisnika:	Interpretacija potrebe:	Važnost:
Tipičan način korištenja proizvoda?	<ul style="list-style-type: none"> Uključim stroj, stavim poklopce u šaržer i pustim ga da radi 	<ul style="list-style-type: none"> Nanošenje mase za brtvljenje uključivanjem stroja i postavljanjem poklopaca na za to predviđeno mjesto 	<ul style="list-style-type: none"> Ključno
Što voli na postojećem proizvodu?	<ul style="list-style-type: none"> Mogu postaviti veliki broj poklopaca u šaržer Ne moram stajati za strojem dok radi Ne moram koristiti dodatni kompresor za stlačivanje gume Proizvod radi brzo i točno Ne kapa masa za brtvljenje 	<ul style="list-style-type: none"> Nije potrebno konstantno ručno dodavanje poklopaca Stroj je potpuno automatiziran Stroj sadrži pumpu kojom se postiže potrebnii tlak mase Postignuta je željena taktnost i pouzdanost stroja Regulacija količine mase je dobro izvedena 	<ul style="list-style-type: none"> Ključno Ključno Jako poželjno Jako poželjno Jako poželjno
Što ne voli na postojećem proizvodu?	<ul style="list-style-type: none"> Ne mogu gumirati poklopce različitih promjera Ne mogu podešavati količinu gume 	<ul style="list-style-type: none"> Promjer poklopaca na koje se nanosi brtveni premaz ograničen osobinama stroja Onemogućena regulacija debljine sloja brtvene mase 	<ul style="list-style-type: none"> Ključno Ključno
Prijedlog poboljšanja postojećeg proizvoda?	<ul style="list-style-type: none"> Želim gumirati poklopce različitih promjera Želim podešavati količinu gume 	<ul style="list-style-type: none"> Omogućiti nanošenje mase na poklopce različitih promjera Omogućiti regulaciju težine mase za brtvljenje 	<ul style="list-style-type: none"> Ključno Ključno

3.1. Potrebe korisnika

Tablica 4 prikazuje listu potreba u kojoj su navedene primarne i sekundarne potrebe korisnika. Ta lista potreba slijedi iz intervjuja provedenog s korisnicima stroja te iz prethodno opisane analize tržišta.

Tablica 4: Lista potreba

POTREBE KORISNIKA	Naziv projekta: STROJ ZA NANOŠENJE BRTVENOG PREMAZA NA AMBALAŽNI LIM	Datum: 26.09.2011
Primarne potrebe		Važnost
Regulacija debljine sloja mase za brtvljenje		Ključno
Mogućnost nanošenja brtvene mase na poklopce različitih promjera		Ključno
Visoka produktivnost stroja		Ključno
Mala potrošnja električne energije		Jako poželjno
Taktnost nanošenja brtvene mase i dolaska poklopaca		Ključno
Ostvarivanje potrebnog pritiska mase za brtvljenje		Ključno
Sprečavanje kapanja mase za brtvljenje		Jako poželjno
Sekundarne potrebe		
Niska cijena		Poželjno
Mogućnost prenošenja stroja		OK

3.2. Tehničke specifikacije

Snaga pogonskog stroja	> 1 kW
Broj pogonskih strojeva	1
Promjer poklopaca	100mm do 300 mm
Debljina sloja mase za brtvljenje	< 0,3 mm
Tlak mase za brtvljenje	> 6 bar
Produktivnost stroja	≥ 1 komad/sekundi
Težina	< 1000 kg
Maksimalna razina buke	40 dB

3.3. Matrica potrebe- mjere

Tablica 5 predstavlja veze među potrebama korisnika i tehničkim specifikacijama. U toj se tablici vidi u kakvoj su vezi pojedine potrebe korisnika sa tehničkom specifikacijom. U polju tablice točka znači da postoji veza, a ukoliko je polje prazno, potreba korisnika nije direktno povezana s tehničkom karakteristikom.

Tablica 5: Matrica potrebe- mjere

	Snaga pogonskog stroja: >1kW	Broj pogonskih strojeva: 1	Promjer poklopaca: 100 mm do 300 mm	Debljina sloja mase za brtvljenje: <0,3 mm	Tlak mase za brtvljenje: >6 bar	Proektivnost stroja: >1kom/sekundi	Težina: <1000 kg	Maksimalna razina buke: 40 dB
Regulacija debljine sloja mase za brtvljenje				■				
Mogućnost nanošenja brtvene mase na poklopce različitih promjera			■					
Visoka produktivnost stroja			■			■		■
Mala potrošnja električne energije	■	■						
Taktnost nanošenja brtvene mase i dolaska poklopaca				■		■		
Ostvarivanje potrebnog pritiska mase za brtvljenje					■			■
Sprečavanje kapanja mase za brtvljenje				■				
Niska cijena		■						
Mogućnost prenošenja stroja		■					■	

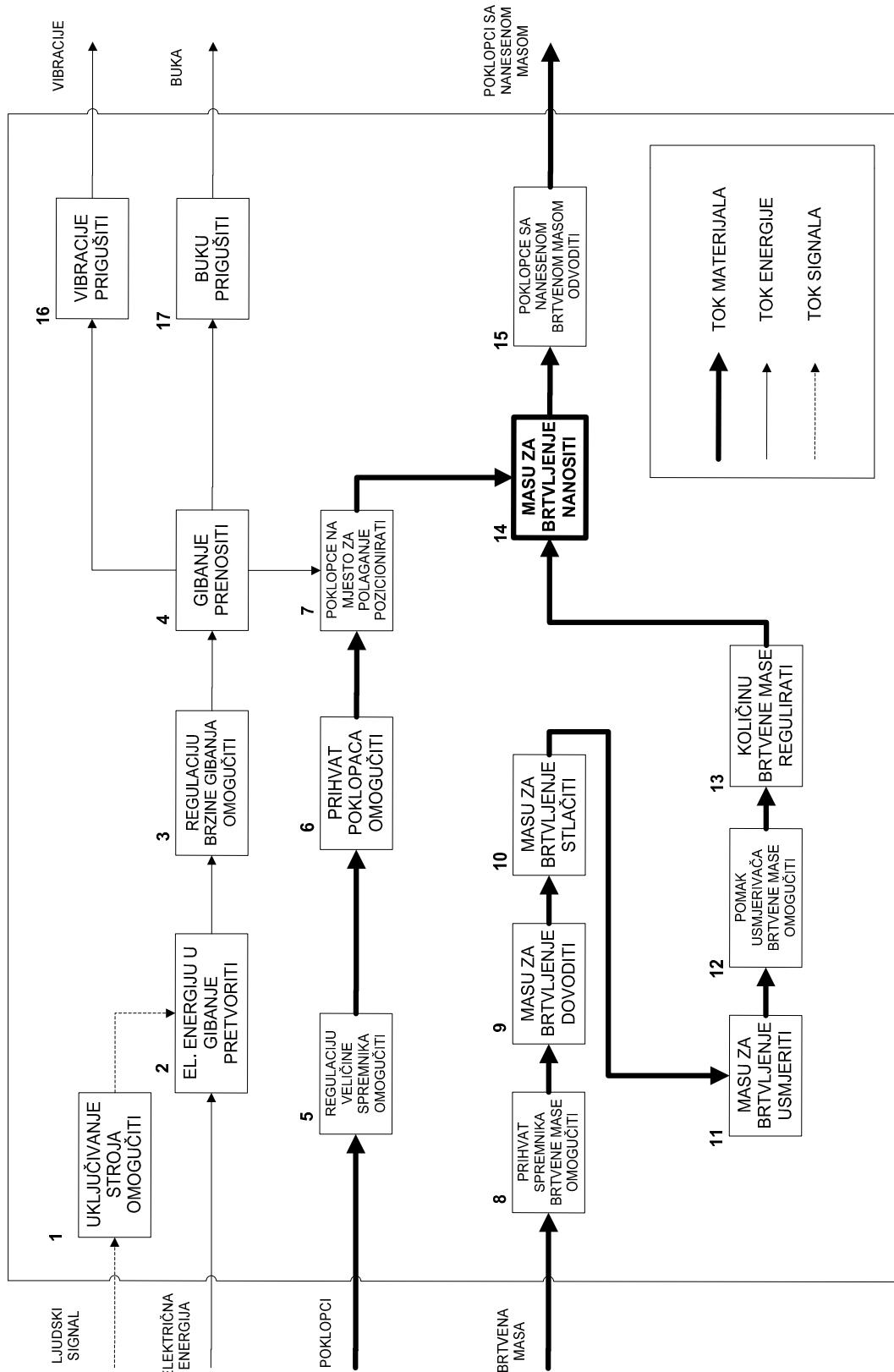
4. FUNKCIJSKA STRUKTURA PROIZVODA

Pod pojmom funkcije podrazumijeva se neutralna formulacija (neutralna obzirom na tehničko rješenje) željene svrhe proizvoda. To je relacija koja određuje odnos između „ulaza“ koji proizvod (ili neka njegova komponenta) dobiva od okoline i očekivanog „izlaza“ koji isporučuje okolini bez obzira na oblik [11]. Funkciju je moguće razložiti na podfunkcije čime se dobiva funkcionalna struktura proizvoda. Cilj funkcionalne strukture je preslikavanje potreba kupaca odnosno klijenata u funkcionalni opis.

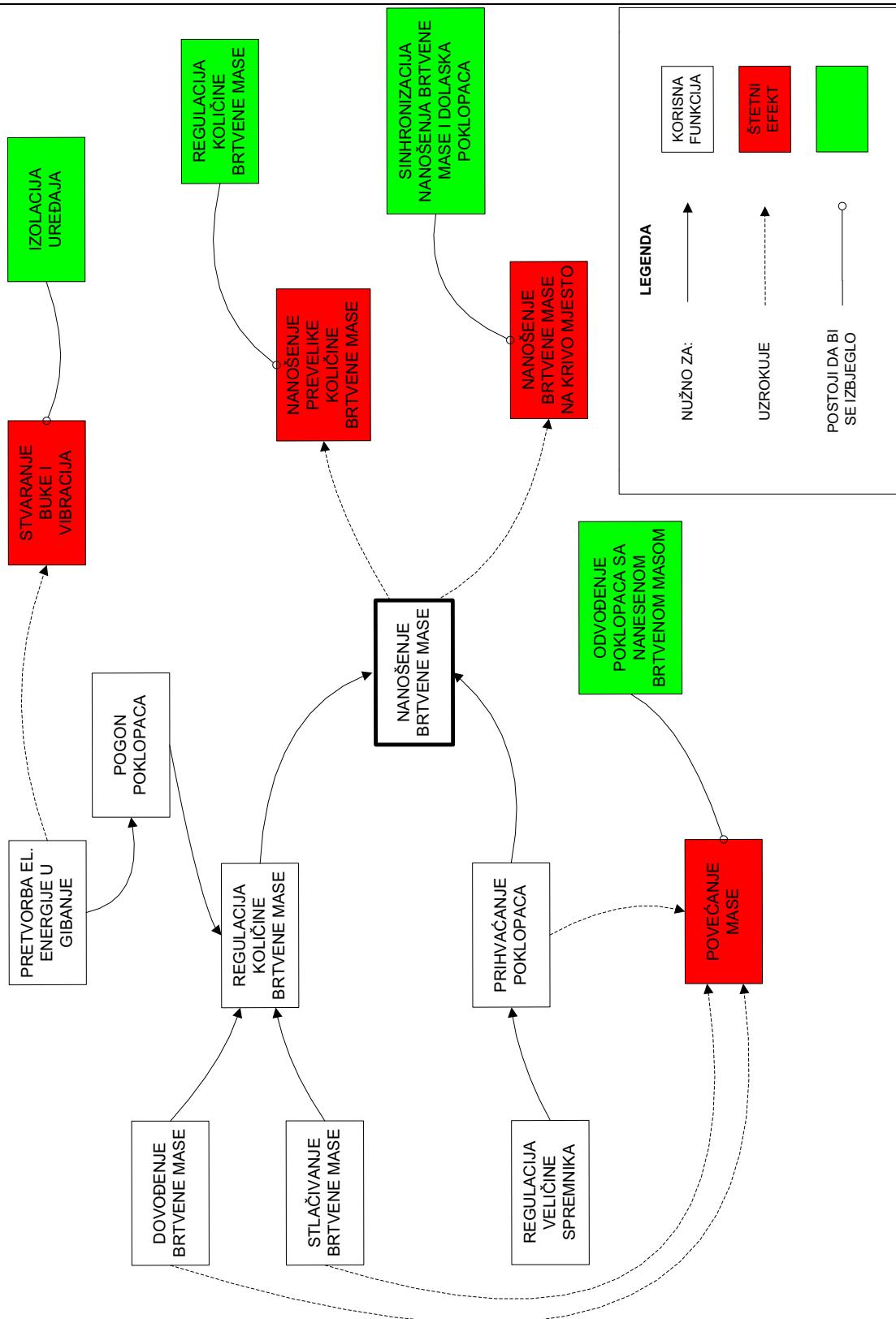
Kod relacijskog modela funkcija moguće je razlikovati dvije vrste funkcija: korisne i štetne (štetni efekti). Relacijski model proizvoda govori o vezama između pojedinih funkcija i štetnih efekata kao što su: „Nužno za“, „Uzrokuje“, „Postoji da bi se izbjeglo“.

Slika 17 prikazuje funkciju dekompoziciju proizvoda iz koje se lako mogu iščitati osnovne funkcije koje proizvod mora ostvariti.

Slika 18 daje prikaz relacija koje se javljaju između pojedinih funkcija proizvoda. Također daje i dobar uvid koje štetne efekte je potrebno umanjiti, ili potpuno spriječiti.



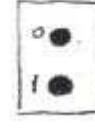
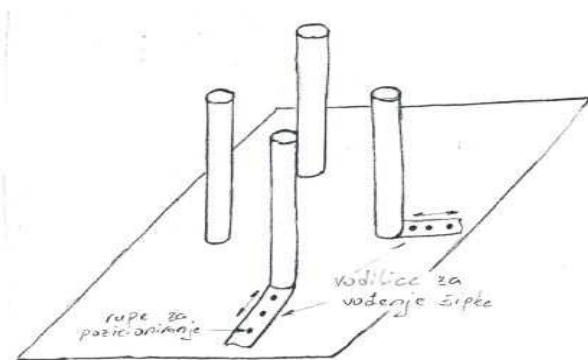
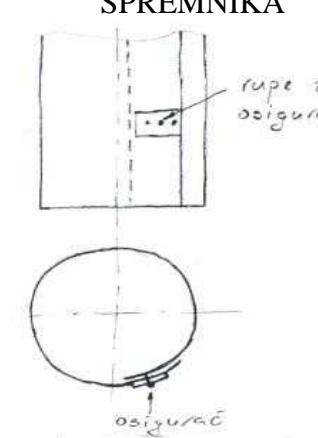
Slika 17: Funkcijska dekompozicija proizvoda



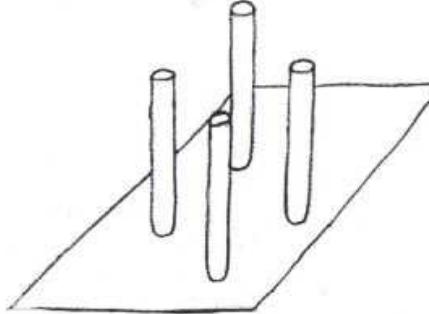
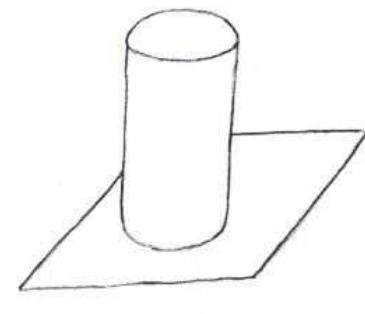
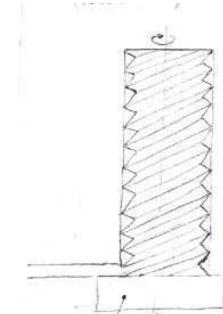
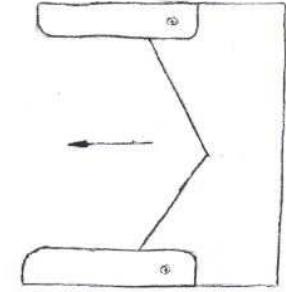
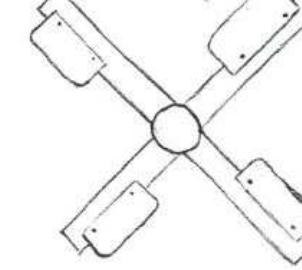
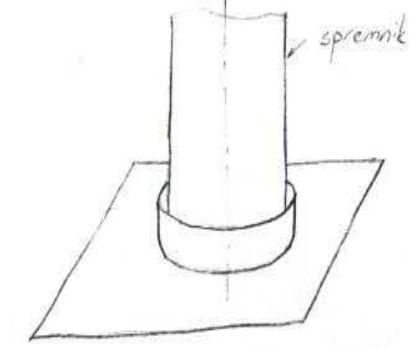
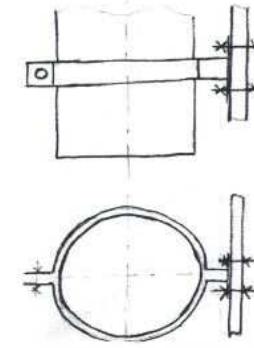
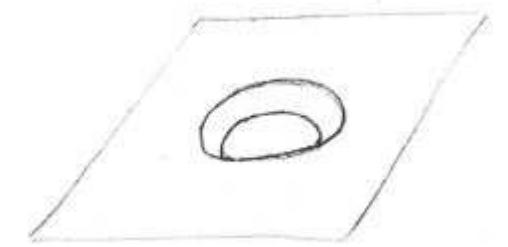
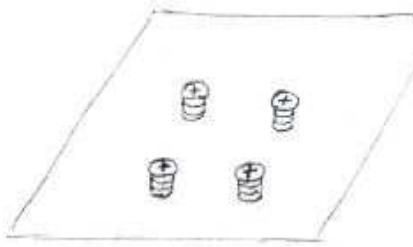
Slika 18: Relacijski model proizvoda

5. MORFOLOŠKA MATRICA

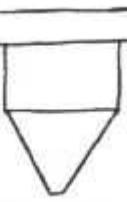
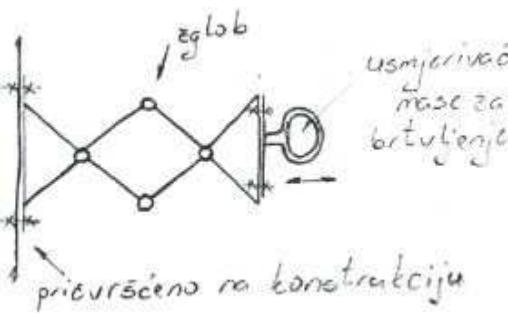
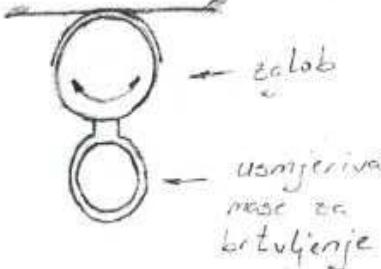
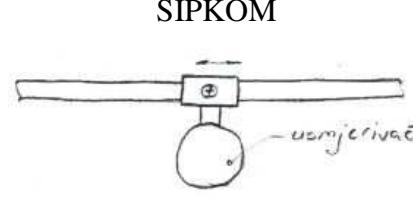
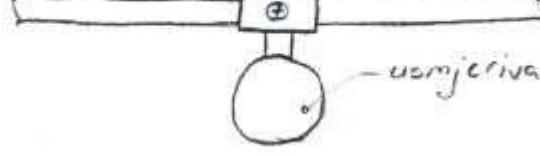
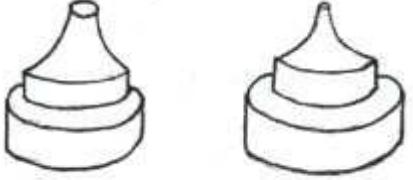
Tablica 6: Morfološka matrica prvi dio

R.BR.	NAZIV FUNKCIJE	RJEŠENJE					
1	UKLJUČIVANJE STROJA OMOGUĆITI	TIPKALOM 	SKLOPKOM 	PREKLOPKOM ZVIJEZDA-TROKUT 	DODIROM (DODIRNI ZASLON)		
2	ELEKTRIČNU ENERGIJU U GIBANJE PRETVORITI	ELEKTROMOTOROM ISTOSMRNE STRUJE	ELEKTROMOTOROM IZMJENIČNE STRUJE				
3	REGULACIJU BRZINE GIBANJA OMOGUĆITI	PROMJENOM BROJA OKRETAJA MOTORA	PROMJENOM FREKVENCIJE MOTORA	ZUPČANICIMA S RAZLIČITIM PRIJENOSNIM OMJERIMA	REMNSKIM PRIJENOSOM S RAZLIČITIM PRIJENOSNIM OMJERIMA	TARENICAMA S RAZLIČITIM PRIJENOSNIM OMJERIMA	LANČANIM PRIJENOSOM S RAZLIČITIM PRIJENOSNIM OMJERIMA
4	GIBANJE PRENOSITI	ZUPČANIČKIM PAROVIMA	LANČANIČKIM PAROVIMA	REMENSKIM PRIJENOSIMA	TARNIM PRIJENOSIMA	KOMBINACIJOM PRIJENOSA	
5	REGULACIJU VELIČINE SPREMNIKA OMOGUĆITI	POMAKOM ŠIPKI OTVORENOG SPREMNIKA 	PREKLOPOM LIMA ZATVORENOG SPREMNIKA 				

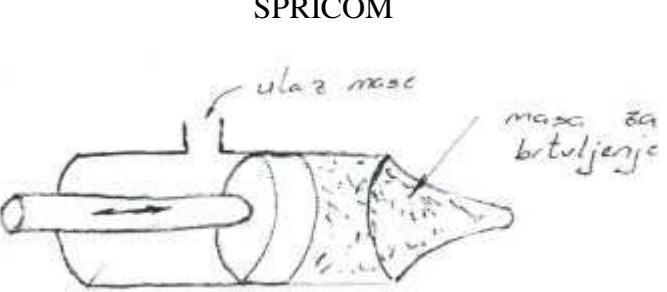
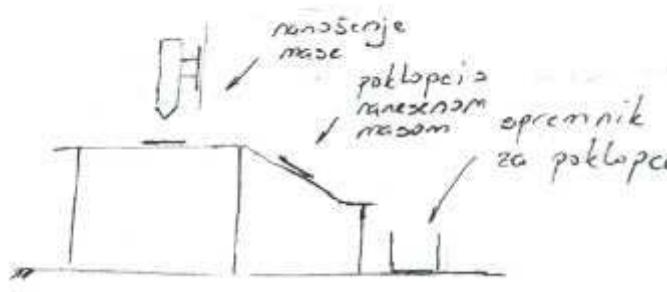
Tablica 7: Morfološka matrica drugi dio

6	PRIHVAT POKLOPACA OMOGUĆITI	OTVORENIM SPREMNIKOM 	ZATVORENIM SPREMNIKOM 	SPREMNIKOM S KANALIMA (ROTACIONIM) 	
7	POKLOPCE NA MJESTO ZA POLAGANJE POZICIONIRATI	PNEUMATSKIM CILINDROM	HIDRAULIČKIM CILINDROM	HORIZONTALNIM POMAKOM PLOČA 	ELISAMA 
8	PRIHVAT SPREMNIKA MASE ZA BRTVLJENJE OMOGUĆITI	POLICOM 	POLICOM S OBODOM 	NOSAČIMA 	MASA JE U SPREMNIKU IZVAN STROJA
		UPUŠTENOM POLICOM 	MAGNETIMA	SA 4 VIJKA PO OBODU 	

Tablica 8: Morfološka matrica treći dio

9	MASU ZA BRTVLJENJE DOVODITI	SAVITLJIVIM CIJEVIMA	METALNIM ČVRSTIM CIJEVIMA		
10	MASU ZA BRTVLJENJE TLAČITI	PUMPOM	CILINDROM	ZRAKOM IZ VANJSKOG IZVORA	
11	MASU ZA BRTVLJENJE USMJERITI	RAVNOM USKOM MLAZNICOM 	RAVNOM ŠIROKOM MLAZNICOM 	KUTNOM MLAZNICOM 	
12	POMAK USMJERIVAČA MASE OMOGUĆITI	ŠKARASTIM MEHANIZMOM  pričvršćeno na konstrukciju	VODILICAMA	ROTACIJOM ZGLOBA 	ŠIPKOM 
		ŠIPKOM 	VRETEONOM		
13	KOLIČINU MASE ZA BRTVLJENJE REGULIRATI	RAZLIČITIM PROMJERIMA MLAZNICA 	REGULACIJOM TLAKA BRTVENE MASE	KOMBINACIJOM REGULACIJE TLAKA I RAZLIČITIH PROMJERA	

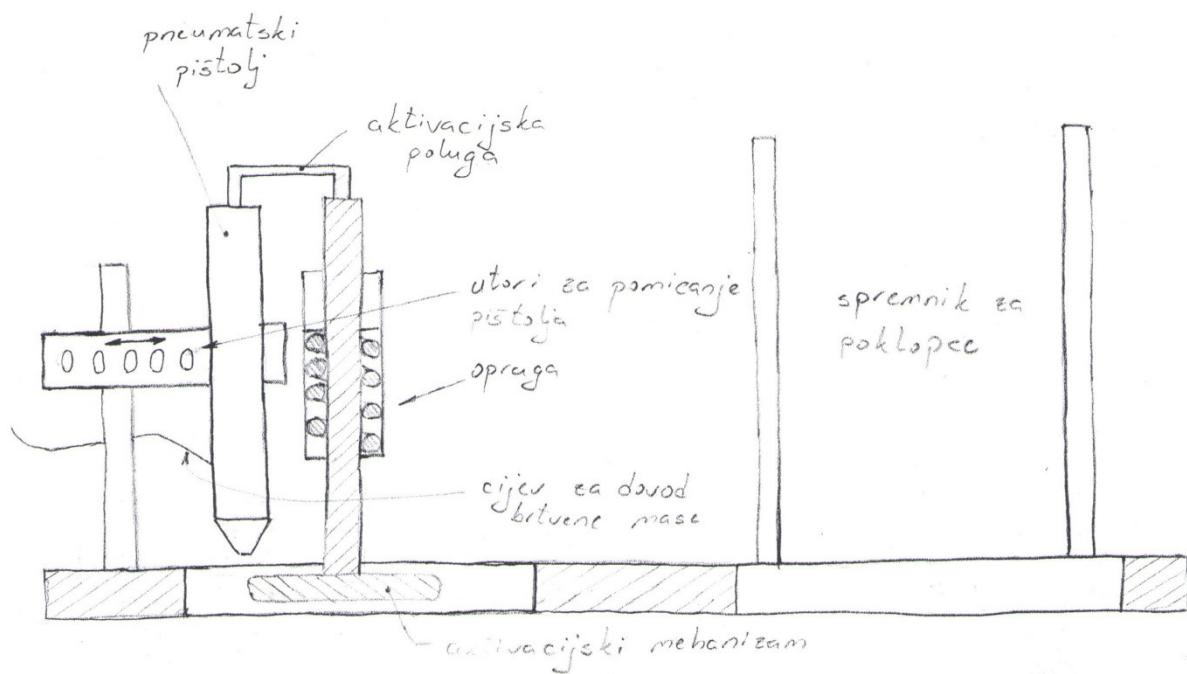
Tablica 9: Morfološka matrica četvrti dio

14	MASU ZA BRTVLJENJE NANOSITI	ELEKTRONIČKI UPRAVLJANIM INJEKCIJSKIM PIŠTOLJEM	MEHANIČKIM PIŠTOLJEM SA STLAČENIM ZRAKOM	ŠPRICOM 	
15	POKLOPCE SA NANESENOM BRTVENOM MASOM ODVODITI	PNEUMATSKIM CILINDROM	KONVEJEROM S BESKONAČNOM TRAKOM	POSEBNIM OBLIKOM RADNE PLOČE STROJA 	
16	VIBRACIJE PRIGUŠITI	ZUPČANICIMA BEZ ZRAČNOSTI	GUMENIM OBLOGAMA NA POMIČNIM ELEMENTIMA	OPRUGAMA S PRIGUŠNICIMA (PRINCIP AMORTIZERA)	
17	BUKU PRIGUŠITI	GUMENIM OBLOGAMA NA POMIČNIM ELEMENTIMA			

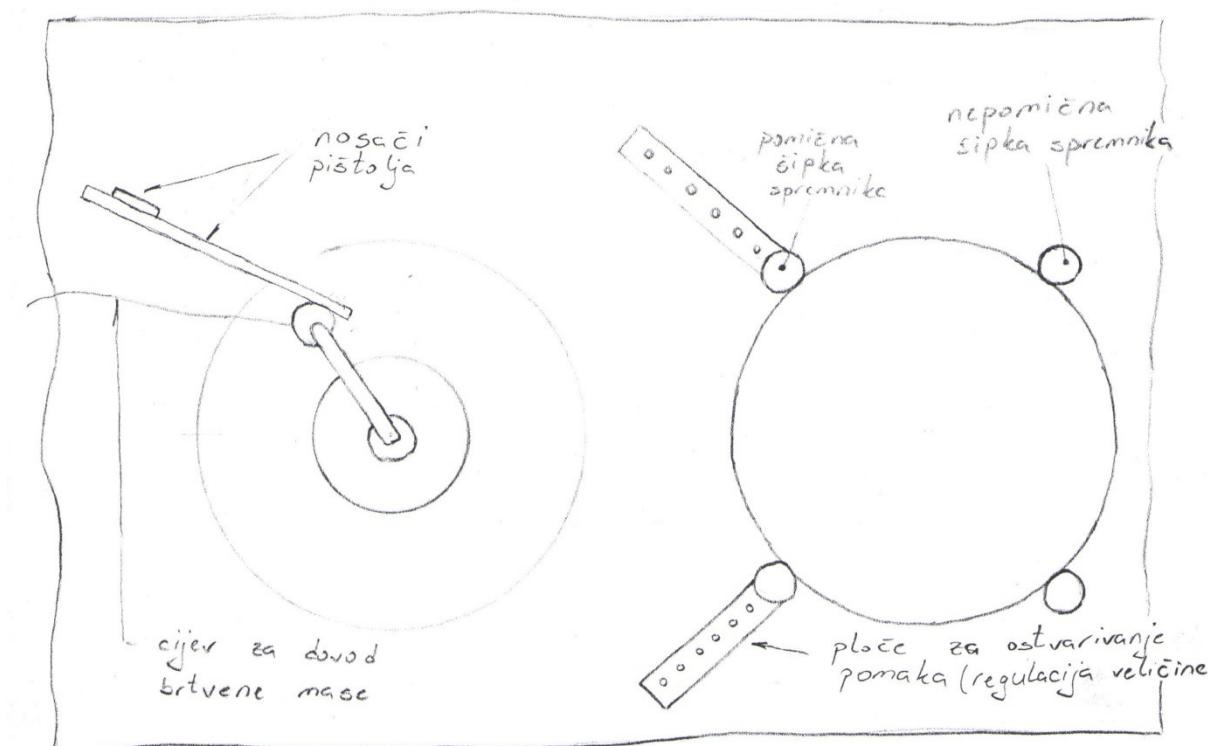
6. KONCEPTI

6.1. Koncept 1

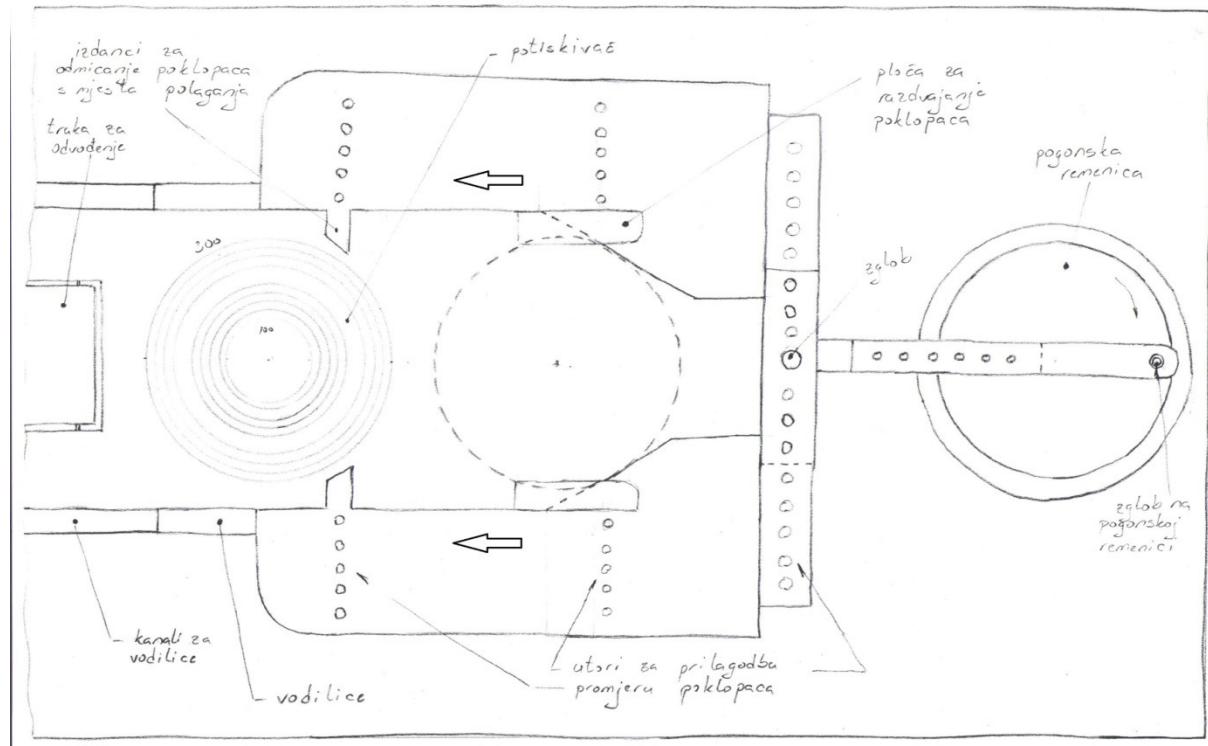
Poklopci se stavljuju u otvoreni spremnik koji ima mogućnost prilagodbe promjeru poklopaca. Prilagodba se vrši na način da je omogućen horizontalni pomak graničnika spremnika. Dodavač poklopaca u gibanju prema naprijed (horizontalno gibanje ulijevo) gura poklopac prema podizaču, a u gibanju prema natrag (horizontalno gibanje udesno) gornja ploča dodavača odvaja jedan poklopac od iz spremnika, te se taj poklopac postavlja ispred donje ploče dodavača. Ploče dodavača se gibaju po vodilicama za koje su pričvršćene vijcima. Na taj način je omogućena prilagodba promjeru poklopaca. Dodavač je pogonjen prijenosnim mehanizmom od strane motora gdje se gibanje prenosi na pogonsku remenicu prikazanu na [Slika 21]. Tu se ostvaruje gibanje slično gibanju kod klipnog mehanizma motora s unutrašnjim izgaranjem. Poluga koja povezuje pogonsku remenicu i ploče dodavača također ima mogućnost prilagodbe promjeru poklopaca na način da se produljuje odnosno skraćuje. Podizač poklopaca sastavljen je od prstenova na način da se omogući prilagodba promjeru poklopaca, kako je prikazano na [Slika 23]. S gornje strane podizač ima utore u koje upada poklopac te se na taj način osigurava njegov položaj prilikom vrtnje odnosno polaganja brtvene mase. Kada je podizač u svom donjem položaju štrcanje brtvene mase nije aktivirano. Štrcanje brtvene mase se aktivira kada je podizač u svojem gornjem položaju. U tom trenutku podizač podigne aktivacijski prsten, te aktivacijska poluga podigne iglu u pištolju za štrcanje [Slika 19,Slika 20]. Sve dok je podizač podignut štrcanje je aktivirano i odvija se polaganje brtvene mase na poklopac. Hod podizača osigurava zupčanik s grebenom prikazan na [Slika 22]. Nakon završetka polaganja brtvene mase poklopci se s mjesta polaganja odvode pomoću dva izdanka na donjoj ploči dodavača. Oni guraju poklopce na koje je nanesena brtvena masa na traku koja ih odvodi na daljnju obradu ili u spremnik. Pištolj za štrcanje brtvene mase se može horizontalno pomicati na način da se otpusti sigurnosni vijak te se poluga pomakne na željeno mjesto. Kako bi se omogućilo podešavanje stroja prije početka rada stroj je opremljen kolom koje omogućuje ručno okretanje cijelog mehanizma. Osim toga stroj ima i sklopku kojom se uključuje gibanje dodavača i podizača odnosno čitavog sustava za polaganje brtvene mase.



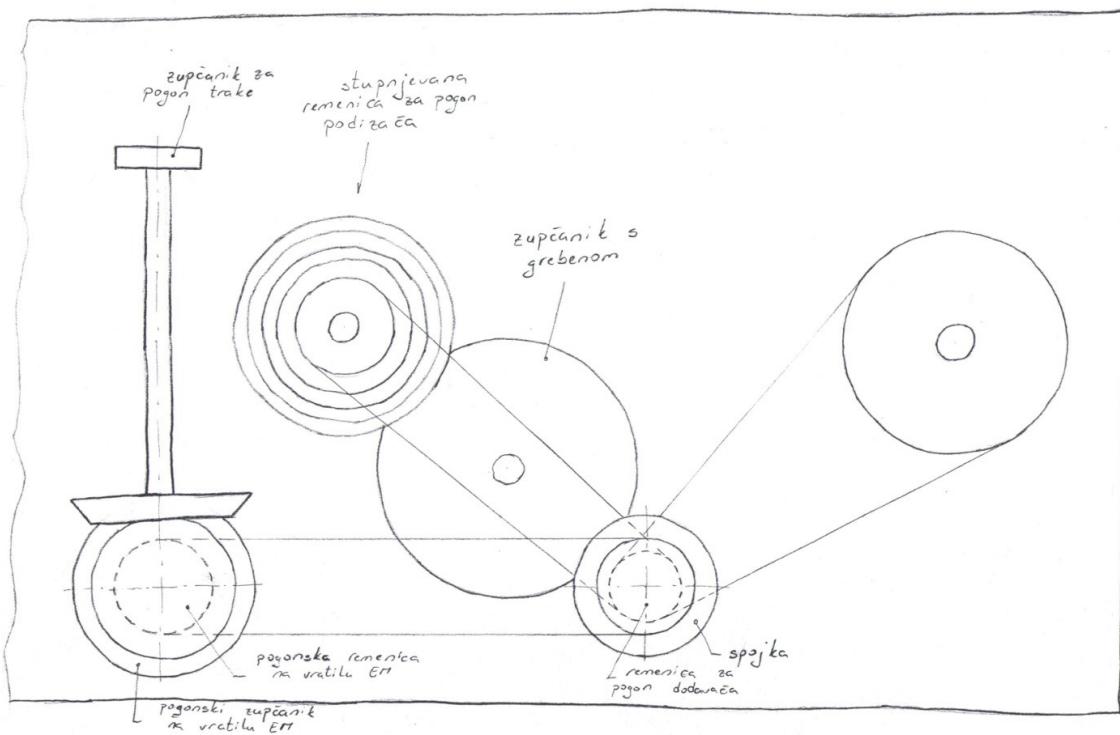
Slika 19: Nacrt gornje ploče stroja koncepta 1



Slika 20: Tlocrt gornje ploče stroja koncepta 1



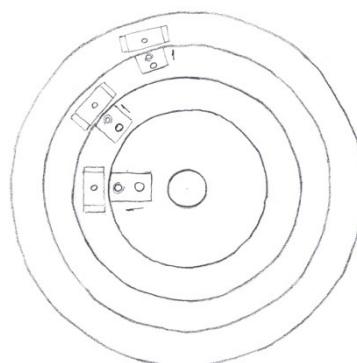
Slika 21: Radna ploča stroja koncepta 1



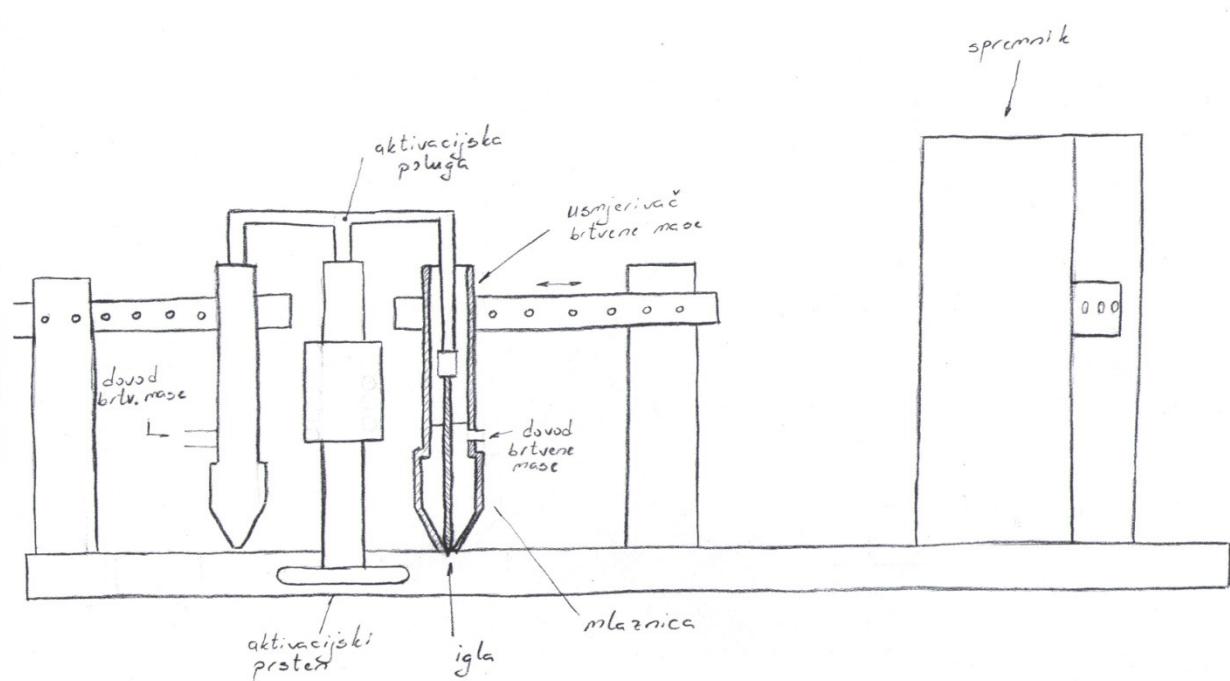
Slika 22: Pogon stroja koncepta 1

6.2. Koncept 2

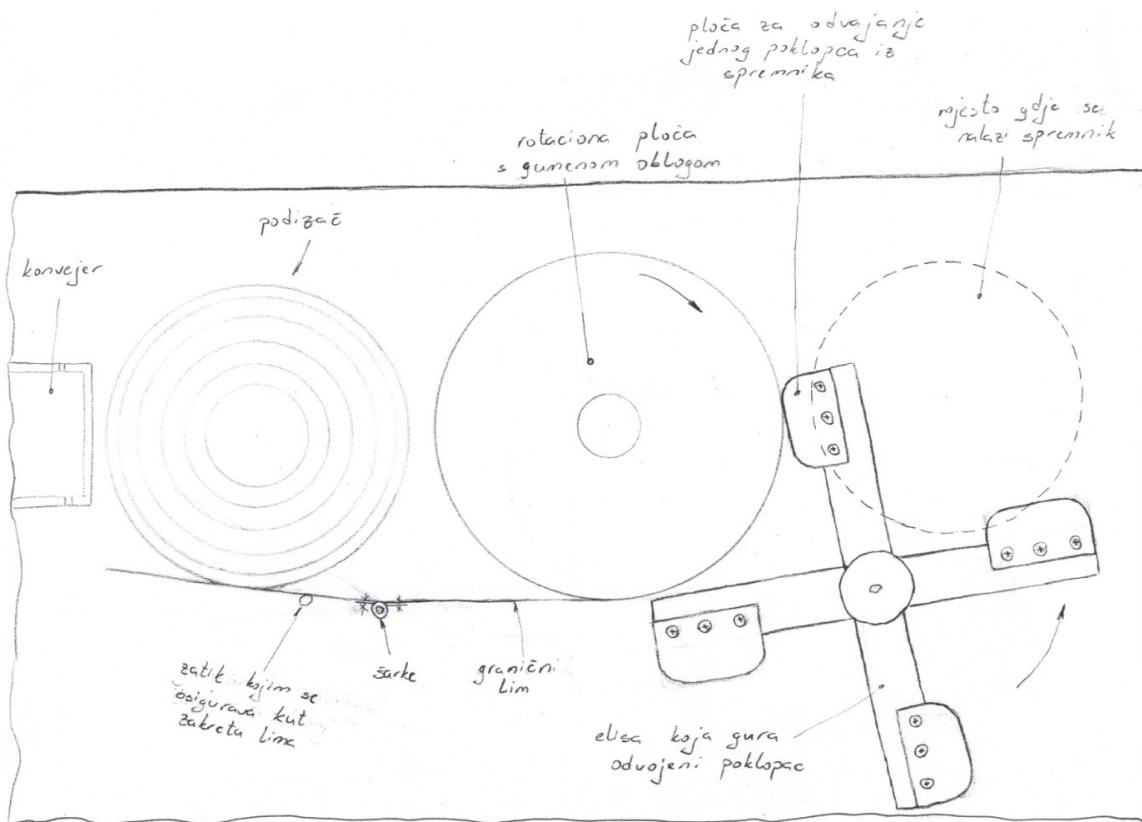
Kod ovog se koncepta poklopci stavljuju u zatvoreni spremnik načinjen od lima. Podešavanje veličine spremnika izvedeno je preklopom lim te osiguravanjem položaja pomoću vijka. Spremnik nije po cijelom obodu pričvršćen za gornju ploču stroja, jer bi se onda onemogućila prilagodba veličine. Jedan se poklopac odvaja rotacijom elisa na koje su pričvršćene ploče za odvajanje [Slika 25]. One odvajaju jedan poklopac, a elisa ga gura do rotacione ploče s gumenom oblogom. Rotaciona ploča odvodi poklopce prema podizaču. Prije podizača se nalazi lim koji se namješta ovisno o promjeru poklopca koji omogućava dolazak poklopaca točno na mjesto predviđeno za polaganje brtvene mase. Polaganje brtvene mase započinje kada se podizač podigne u svoj gornji položaj. U tom trenutku pritisne aktivacijski prsten i koji preko aktivacijske poluge podiže igle u pištoljima [Slika 24]. Kako su kod ovog stroja 2 pištolja za štrcanje brtvene mase poklopci se moraju zavrtjeti samoj jedan puni okret kako bi se brtvena masa ravnomjerno rasporedila. Nedostatak ovog koncepta u odnosu na prethodni je manja centrifugalna sila (zbog manje rotacije poklopca) što rezultira lošijom raspodjelom brtvene mase na rub poklopca. Podizač se podiže uslijed rotacije zupčanika s grebenom te aktivira polaganje brtvene mase. Stroj sadrži glavnu spojku kojom se može uključiti odnosno isključiti čitavi mehanizam za polaganje brtvene mase. Poklopci se odvode s mjesta polaganja pomoću trake konvejera koja pogon dobiva od stožastog zupčaničkog para [Slika 26]. Prilagodba podizača promjeru poklopaca je izvedena kako je prikazano na [Slika 23]. Podizač poklopaca se sastoji od prstena čiji su rubovi točno oblikovani prema poklopcima kako bi se prilikom rotacije spriječio njihov pomak. Ručno namještanje stroja može se provesti rotacijom elisa koje služe za guranje odvojenog poklopca pri čemu se pomiče čitavi mehanizam za polaganje brtvene mase.



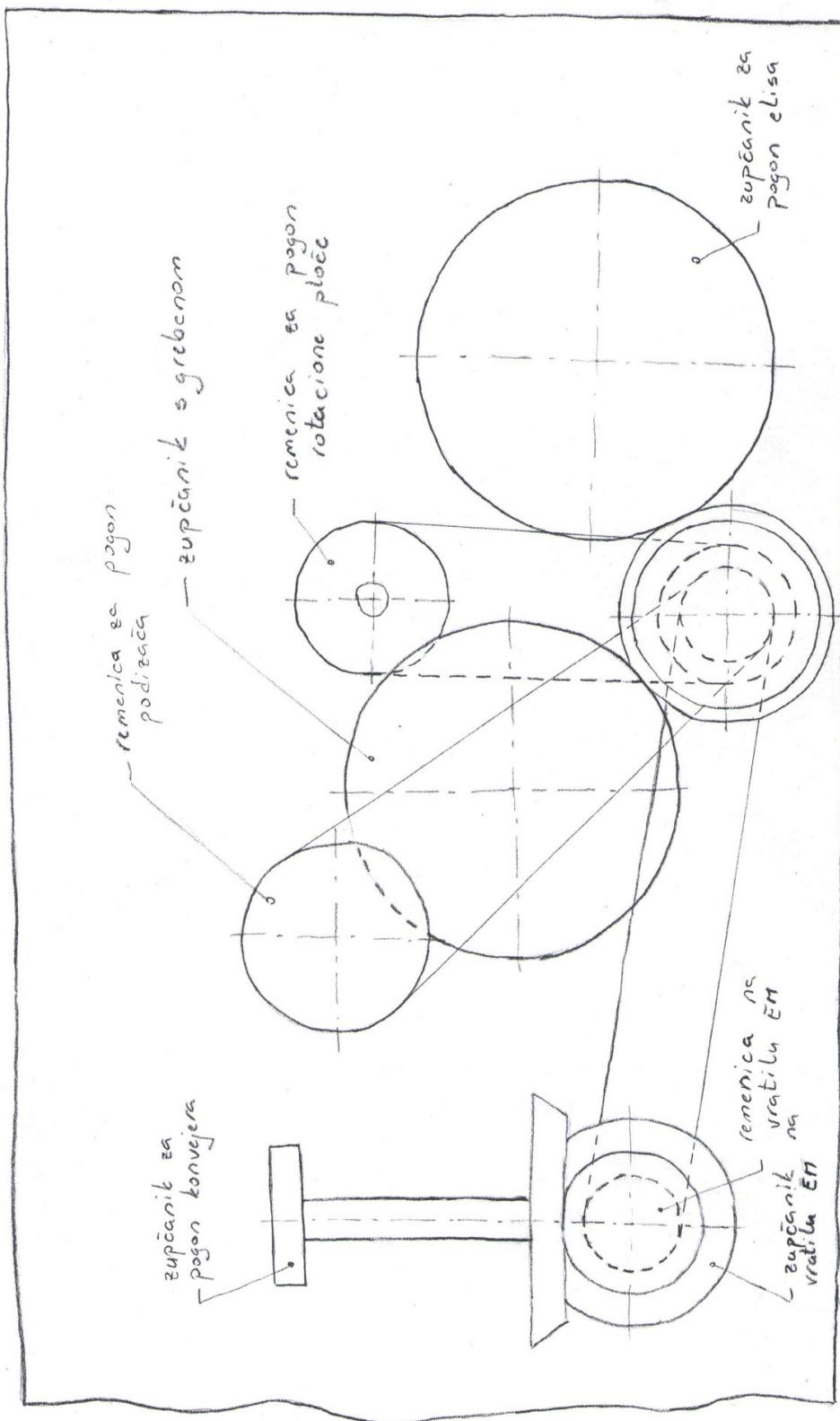
Slika 23: Detalj prilagodbe podizača različitim promjerima poklopaca



Slika 24: Gornja ploča stroja koncepta 2



Slika 25: Radna ploča stroja koncepta 2



Slika 26: Pogon stroja koncepta 2

6.3. Vrednovanje koncepata

Tablica 10 prikazuje karakteristike koje bi uređaj trebao ispuniti. Ako ih uređaj odnosno koncept ispunjava dobiva oznaku „+“ što znači da je ta funkcija zadovoljavajuće riješena kod spomenutog koncepta. Ako je oznaka za pojedinu funkciju „+/-“ znači da ona nije najbolje riješena, ali je još uvijek dovoljno dobra za ispunjenje osnovne funkcije. Oznaka „-“ predstavlja loše rješenje funkcije, što je moguće zbog uvjeta koje predstavljaju druge funkcije.

Tablica 10: Ispunjenošć karakteristika pojedinih koncepata

	Koncept 1	Koncept 2
Regulacija debljine sloja brtvene mase	+	+
Mogućnost nanošenja mase na poklopce različitih promjera	+	+/-
Visoka produktivnost stroja	+	+/-
Mala potrošnja električne energije	+/-	+/-
Taktnost nanošenja brtvene mase i dolaska poklopaca	+	+/-
Ostvarivanje potrebnog pritiska brtvene mase	+	+
Sprečavanje kapanja mase za brtvljenje	+/-	+/-
Niska cijena	-	-
Mogućnost prenošenja stroja	+/-	+/-
$\sum +$	8	8
$\sum -$	4	7
>	+4	+1

Legenda	
Dobro	+
Osrednje	-/+
Loše	-

Regulacija debljine sloja brtvene mase te ostvarivanje potrebnog pritiska brtvene mase je ocijenjena dobro kod oba koncepta zato jer je na oba koncepta kvalitetno riješena. Regulacija debljine sloja brtvene mase je jednostavno riješena namještanjem igle u pištolju za štrcanje. Potrebni pritisak brtvene mase ostvaruje se stlačivanjem brtvene mase u kompresijskoj posudi uz pomoć stlačenog zraka iz vanjskog izvora (kompresora u proizvodnoj hali). Kod koncepta 1 je mogućnost nanošenja mase na poklopce različitih promjera ocijenjena bolje nego kod koncepta 2 zato što je ostvarena jednostavnija prilagodba promjeru poklopaca. Funkcija visoke produktivnosti stroja je kod koncepta 1 bolje ocijenjena jer koncept 1 omogućuje brža gibanja poklopaca nego koncept 2. Mala potrošnja energije je kod oba koncepta ocijenjena osrednje jer je razmjer utrošene energije i otpora gibanju poprilično velik, a također, sve dijelove pogoni samo jedan pogonski stroj. Taktnost nanošenja brtvene mase i dolaska poklopaca je također bolje riješena kod koncepta 1 jer se dolazak poklopaca kod koncepta 1 jednostavnije prilagođava nego kod koncepta 2. Kod koncepta 2 može doći do nagomilavanja poklopaca ispred dodavača što rukovatelju stroja može zadavati dodatni posao. Sprečavanje kapanja mase za brtvljenje je ocijenjeno ocjenom osrednje kod oba koncepta, jer se koristi isti princip za polaganje mase za brtvljenje. Može se desiti da se igla ne zatvoriti dovoljno brzo pa mala količina brtvene mase može kapnuti na poklopac ili na sam podizač. Mogućnost prenošenja stroja također je ocijenjena ocjenom osrednje, jer su strojevi koje opisuju oba koncepta relativno velike mase.

Nakon vrednovanja obaju koncepata po istim kriterijima dolazi se do zaključka da bi temeljem predloženih kriterija vrednovanja trebalo izabrati **koncept 1** za daljnju razradu.

7. RAZRADA KONCEPTA 1

Kako je kroz vrednovanje koncept 1 dobio bolje ocjene pristupa se daljnjoj razradi tog koncepta. Daljnja razrada sastoji se od proračuna i odabira standardnih komponenata, te proračuna ostalih komponenata potrebnih za konstrukcijsko oblikovanje stroja. Osnovni podsustavi stroja koje je potrebno razraditi su:

- Remenski prijenos između vratila elektromotora i vratila spojke kojim se prenosi gibanje s elektromotora na ostale rotirajuće dijelove
- Remenski prijenos između vratila spojke i vratila dodavača kojim se omogućuje pomak dodavača poklopaca
- Remenski prijenos između vratila spojke i vratila podizača kojim se omogućuje gibanje poklopaca prilikom nanošenja brtvene mase
- Zupčanički prijenos između vratila spojke i vratila grebena kojim se ostvaruje vertikalni pomak podizača i na taj način uključuje nanošenje brtvene mase
- Zupčanički i remenski prijenos između vratila elektromotora i vratila trake koji služe za pogon pokretne trake za odvođenje poklopaca.

Približan geometrijski raspored prethodno opisanih podsustava prikazuje Slika 22

7.1. Proračun prijenosnih omjera remenskih i zupčaničkih parova

Proračun prijenosnih omjera provodi se prema odabranim prijenosnim elementima na [Slika 22]. Kako bi se moglo započeti s proračunom potrebno je unaprijed odabrati elektromotor. Prema matrici potrebe-mjere gdje je definirano kako mora biti jedan pogonski stroj snage veće od jednog kW, uzimajući u obzir potrebe korisnika navedene u analizi tržišta, te definiranih tehničkih karakteristika odabire se trofazni asinkroni motor prema [12]:

SIEMENS 1PC1001-1AD421-DA4.

Karakteristike tog motora su:

- Snaga: $P=1,5 \text{ kW}$
- Frekvencija: $f=50 \text{ Hz}$
- Sinkrona brzina vrtnje: $n_{EM} = 700 \text{ min}^{-1}$
- Broj polova: 8

Kako bi se ostvarilo kvalitetno nanošenje brtvene mase na lim te produktivnost od jednog poklopca po sekundi odabire se brzina vrtnje podizača $n_P = 2$ okretaja u sekundi, odnosno $n_P = 120 \text{ min}^{-1}$.

7.1.1. Određivanje dimenzija remenskog prijenosa između vratila elektromotora i vratila spojke, te vratila spojke i vratila podizača

$$n_S = 120 \text{ o/min} - \text{odabрано}$$

$$i_{R_1} = \frac{n_{EM}}{n_S} = \frac{d_{RS}}{d_{REM}} = \frac{700}{120} = 5,8\dot{3} \quad (1)$$

$$d_{REM} = 60 \text{ mm} - \text{odabрано}$$

$$i_{R_1} = \frac{d_{RS}}{d_{REM}} \Rightarrow d_{RS} \quad (2)$$

$$d_{RS} = d_{REM} \cdot i_{R_1} = 60 \cdot 5,83 = 350 \text{ mm} \quad (3)$$

$$i_{R_2} = \frac{n_S}{n_P} = \frac{120}{120} = 1 \quad (4)$$

$$i_{R_2} = \frac{d_{GRP}}{d_{PRP}} \Rightarrow d_{GRP} \quad (5)$$

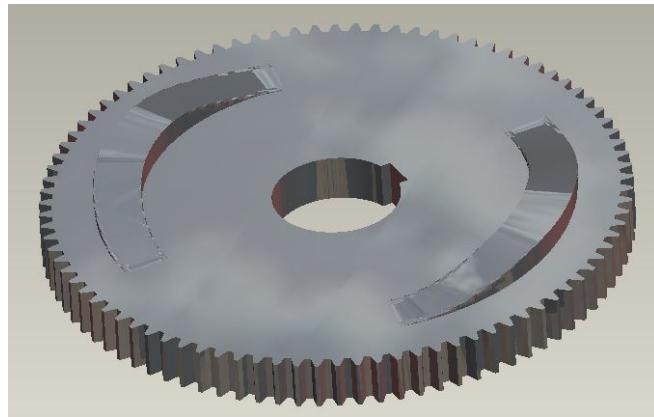
$$d_{PRP} = 80 \text{ mm} - \text{odabрано}$$

$$d_{GRP} = d_{PRP} \cdot i_{R_2} = 80 \cdot 1 = 80 \text{ mm} \quad (6)$$

$$i_{Z_1} = \frac{n_S}{n_{GR}} = \frac{120}{30} = 4 \quad (7)$$

$$n_{GR} = 0,5 \text{ o/s} = 30 \text{ min}^{-1} - \text{odabрано}$$

Odabrana brzina vrtnje grebena iznosi 30 min^{-1} jer se radi o zupčaniku koji na svojem čelu ima 2 grebena koja služe za ostvarivanje pomaka podizača [Slika 27].



Slika 27: Čelnik s grebenima

$$T_{EM} = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot n_{EM}} = \frac{30 \cdot 1500}{\pi \cdot 700} = 20,5 \text{ Nm} = 20500 \text{ Nmm ,} \quad (8)$$

$$i_{R_1} = \frac{T_S}{T_{EM} \cdot \eta_{R_1}} \Rightarrow T_S \quad (9)$$

$$\eta_{R_1} = 0,8 - \text{odabрано}$$

$$T_S = T_{EM} \cdot \eta_{R_1} \cdot i_{R_1} = 20500 \cdot 0,8 \cdot 5,83 = 95667 \text{ Nmm} \quad (10)$$

7.1.2. Određivanje dimenzija para čelnika

$$T_{Z_1} = T_S = 95667 \text{ Nmm} \quad (11)$$

Materijal manjeg čelnika: Ck 60 poboljšan ($\sigma_{Hlim} = 620 \text{ N/mm}^2$) prema [13]

Prema [14] za:

$$n < 3000 \text{ min}^{-1}$$

$$i = 4$$

$$tvrdoća < 300 \text{ HB}$$

Broj zubi manjeg čelnika iznosi $z_{C_1} = 24$ zuba kako je prikazano na [Slika 28].

**Slika 28: Manji čelnik**

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_H} = \frac{620}{1,5} = 413,3 \text{ N/mm}^2 \quad (12)$$

$$S_H = 1,5 - \text{odabrano prema [13]}$$

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{u+1}{u} \cdot \frac{2T_{1max}}{\lambda z_1^2 \cdot \sigma_{HP}^2} \cdot K_{H\alpha} \cdot Z_M^2 \cdot Z_H^2 \cdot Z_\epsilon^2} \quad (13)$$

$$\lambda = 15 - \text{odabrano prema [13]} \quad (14)$$

$$K_{H\alpha} = 1 \quad (15)$$

$$Z_M = 189,5 \sqrt{\text{N/mm}^2} \quad (16)$$

$$Z_H = 2,4 \quad (17)$$

$$Z_\epsilon = 1 \quad (18)$$

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{4+1}{4} \cdot \frac{2 \cdot 95667}{15 \cdot 24^2 \cdot 413,3^2} \cdot 1 \cdot 189,5^2 \cdot 2,4^2 \cdot 1^2} \quad (19)$$

$$m \geq 3,31$$

$$m = 4 \text{ mm} - \text{prema [15]} \quad (20)$$

$$i_{Z_1} = \frac{z_{\check{c}_2}}{z_{\check{c}_1}} \Rightarrow z_{\check{c}_2} \quad (21)$$

$$z_{\check{c}_2} = z_{\check{c}_1} \cdot i_{Z_1} = 24 \cdot 4 = 96 \text{ zubi} \quad (22)$$

$$d_{\check{c}_1} = z_{\check{c}_1} \cdot m = 24 \cdot 4 = 96 \text{ mm} \quad (23)$$

$$d_{a\check{c}_1} = d_{\check{c}_1} + 2 \cdot m = 96 + 2 \cdot 4 = 104 \text{ mm} \quad (24)$$

$$d_{f\check{c}_1} = d_{\check{c}_1} - 2,5 \cdot m = 96 - 2,5 \cdot 4 = 86 \text{ mm} \quad (25)$$

$$d_{\check{c}_2} = z_{\check{c}_2} \cdot m = 96 \cdot 4 = 368 \text{ mm} \quad (26)$$

$$d_{a\check{c}_2} = d_{\check{c}_2} + 2 \cdot m = 368 + 2 \cdot 4 = 376 \text{ mm} \quad (27)$$

$$d_{f\check{c}_2} = d_{\check{c}_2} - 2,5 \cdot m = 368 - 2,5 \cdot 4 = 358 \text{ mm} \quad (28)$$

7.1.3. Određivanje dimenzija para stožnika

Stožnički par je odabran, jer je potrebno ostvariti grananje snage pod kutom od 90° . Manji stožnik se ugrađuje na vratilo elektromotora, a veći stožnik služi za pokretanje trake koja odvodi poklopce na koje je nanesena brtvena masa. [Slika 29 i Slika 30] prikazuju kako stožnici izgledaju. Iz tih se slika također može vidjeti broj zubi manjeg i većeg stožnika.

$$m = 4 \text{ mm} - \text{odabrano} \quad (29)$$

$$z_{S_1} = 15 \text{ zubi} - \text{odabrano} \quad (30)$$

$$\Sigma = 90^\circ \quad (31)$$

$$tg \delta_1 = \frac{1}{i_{Z_2}} = \frac{1}{4} = 0,25 \quad (32)$$

$$\delta_1 = arctg 0,25 = 14^\circ 2' \quad (33)$$

$$\delta_2 = \Sigma - \delta_1 = 90^\circ - 14^\circ 2' = 75^\circ 58' \quad (34)$$

$$d_{S_1} = z_{S_1} \cdot m = 15 \cdot 4 = 60 \text{ mm} \quad (35)$$

$$d_{aS_1} = d_{S_1} + 2 \cdot m \cdot \cos \delta_1 = 60 + 2 \cdot 4 \cdot \cos 14^\circ 2' = 67,76 \text{ mm} \quad (36)$$

$$d_{fS_1} = d_{S_1} - 2,5 \cdot m \cdot \cos\delta_1 = 60 - 2,5 \cdot 4 \cdot \cos 14^\circ 2' = 50,29 \text{ mm} \quad (37)$$

$$d_{S_2} = z_{S_2} \cdot m = 60 \cdot 4 = 240 \text{ mm} \quad (38)$$

$$d_{aS_2} = d_{S_2} + 2 \cdot m \cdot \cos\delta_2 = 240 + 2 \cdot 4 \cdot \cos 75^\circ 58' = 241,94 \text{ mm} \quad (39)$$

$$d_{fS_2} = d_{S_2} - 2,5 \cdot m \cdot \cos\delta_2 = 240 - 2,5 \cdot 4 \cdot \cos 75^\circ 58' = 237,51 \text{ mm} \quad (40)$$

$$n_{S_1} = n_{EM} = 720 \text{ min}^{-1} \quad (41)$$

$$i_{Z_2} = \frac{n_{S_1}}{n_{S_2}} \Rightarrow n_{S_2} \quad (42)$$

$$n_{S_2} = \frac{n_{S_1}}{i_{Z_2}} = \frac{720}{4} = 180 \text{ min}^{-1} \quad (43)$$

7.1.4. Određivanje dimenzija remenskog prijenosa između vratila spojke i vratila dodavača

$$n_{GRD} = 1 \text{ o/s} = 60 \text{ min}^{-1} - \text{odabrano} \quad (44)$$

$$n_{PRD} = n_S = 120 \text{ min}^{-1} \quad (45)$$

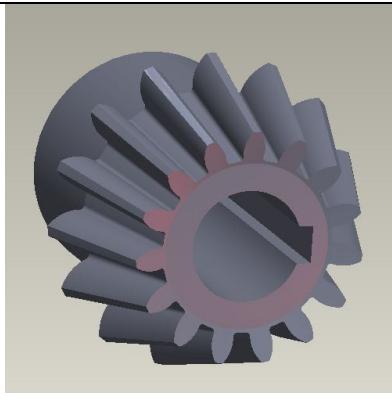
$$d_{PRD} = 230 \text{ mm} - \text{odabrano} \quad (46)$$

$$i_{R_3} = \frac{n_{PRD}}{n_{GRD}} = \frac{120}{60} = 2 \quad (47)$$

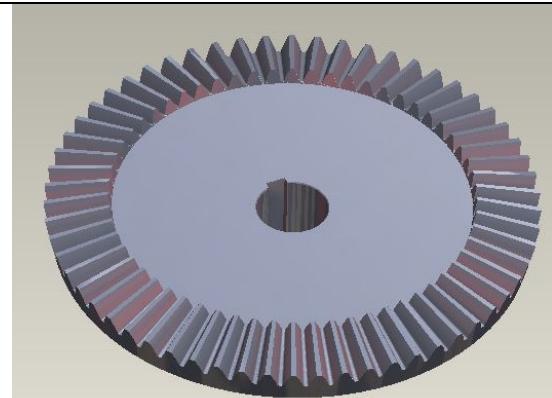
$$i_{R_3} = \frac{d_{GRD}}{d_{PRD}} \Rightarrow d_{PRD} \quad (48)$$

$$d_{PRD} = \frac{d_{GRD}}{i_{R_3}} = \frac{230}{2} = 115 \text{ mm} \quad (49)$$

Brzina vrtnje gonjene remenice dodavača je odabrana na temelju potrebne produktivnosti stroja. Produktivnost stroja mora biti 1 komad u sekundi što znači da vratilo dodavača mora napraviti 1 puni okretaj u sekundi.



Slika 29: Manji stožnik



Slika 30: Veći stožnik

7.1.5. Određivanje dimenzija remenskog prijenosa između vratila stožnika i vratila trake

$$n_{\text{PRT}} = n_{S_2} = 180 \text{ min}^{-1} \quad (50)$$

$$i_{R_4} = \frac{n_{\text{PRT}}}{n_{\text{GRT}}} = \frac{180}{180} = 1 \quad (51)$$

$$i_{R_4} = \frac{d_{\text{GRT}}}{d_{\text{PRT}}} \Rightarrow d_{\text{PRT}} \quad (52)$$

$$d_{\text{GRT}} = 60 \text{ mm} - \text{odabрано} \quad (53)$$

$$d_{\text{PRT}} = \frac{d_{\text{GRT}}}{i_{R_4}} = \frac{60}{1} = 60 \text{ mm} \quad (54)$$

7.2. Dimenzioniranje grebena

Greben se konstruira kao krivuljni mehanizam u kojem sudjeluju pomicaljka, koja je u ovom slučaju vratilo podizača, te sam greben koji svojim oblikom ostvaruje pomak vratila. Vrlo je bitno ostvariti stalni dodir između pomicaljke i grebena. U ovom slučaju je odabran klinasti greben, jer se radi o rotaciji zupčanika na čijem čelu je smješten profil grebena. Stalan dodir između pomicaljke i grebena se ostvaruje oprugom koja se ugrađuje na vratilo podizača. Općenito gibanje krivuljnog mehanizma prikazano je na [Slika 31].

Na [Slika 31] se može vidjeti da je greben konstruiran na način da pomicaljka izvodi podizanje prema unaprijed definiranom zakonu, potom neko vrijeme miruje u svom gornjem položaju, te se potom spušta u donji položaj prema unaprijed definiranom zakonu, nakon čega miruje u svom donjem položaju. Pritom je pomicaljka ostvarila put h , a greben se zakrenuo za kut 2π .

Gibanje pomicaljke opisano je prema [16] sljedećim izrazima:

$$y = y(\varphi) \quad (55)$$

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{dy}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \omega \cdot \frac{dy}{d\varphi} \quad (56)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \omega^2 \cdot \frac{d^2y}{d\varphi^2} \quad (57)$$

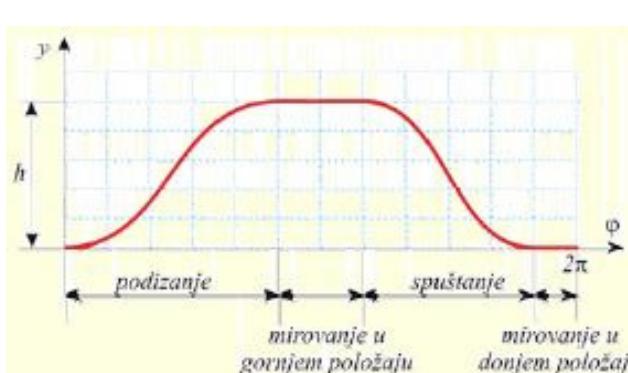
Iz zahtjeva koji stroj postavlja na konstrukciju odabrana su dva jednaka grebena, što znači da se u jednom ciklusu gibanja pomicaljke greben ne može zakrenu za više od 180° . Odabire se kako će se dizanje pomicaljke ostvariti na kutu zakreta od 45° , pomicaljka miruje u gornjem položaju za kut zakreta grebena od 30° , te se potom spušta prilikom kuta zakreta grebena od 45° .

Također se odabire da će se dizanje odnosno spuštanje pomicaljke izvoditi prema harmonijskom zakonu prikazanom na [Slika 32] i opisanom izrazima:

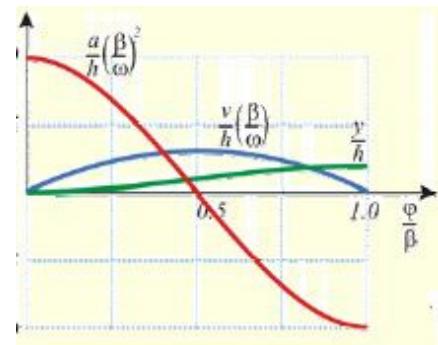
$$s = \frac{h}{2} \left[1 - \cos \left(\pi \frac{\varphi}{\beta} \right) \right] \quad (58)$$

$$v = \frac{h}{2} \cdot \frac{\pi}{\beta} \sin \left(\pi \frac{\varphi}{\beta} \right) \quad (59)$$

$$a = \frac{h}{2} \cdot \frac{\pi^2}{\beta^2} \cos \left(\pi \frac{\varphi}{\beta} \right) \quad (60)$$



Slika 31: Općenito gibanje krivuljnog mehanizma



Slika 32: Gibanje po harmonijskom zakonu

$$\beta = 45^\circ = \frac{\pi}{4}$$

Tablica 11: Put pomicaljke u odnosu na kut zakreta grebena

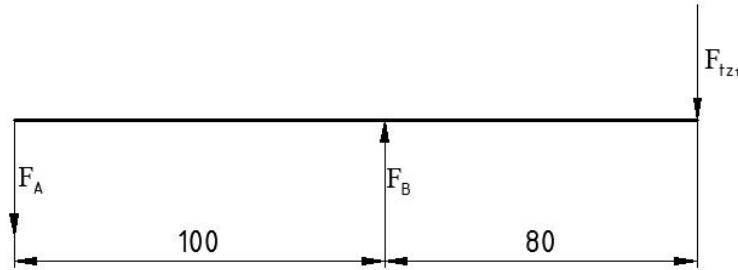
$\varphi [^{\circ}]$	$\varphi [rad]$	s [mm] kod dizanja	s [mm] kod spuštanja
0	0	0	15
5	$0,02\dot{7}\pi$	0,45	14,55
10	$0,05\dot{5}\pi$	1,75	13,25
15	$0,08\dot{3}\pi$	3,75	11,25
20	$0,1\dot{1}\pi$	6,19	8,8
25	$0,13\dot{8}\pi$	8,8	6,19
30	$0,1\dot{6}\pi$	11,25	3,75
35	$0,19\dot{4}\pi$	13,25	1,75
40	$0,2\dot{2}\pi$	14,55	0,45
45	$0,025\pi$	15	0

Tablica 11 daje prikaz vrijednosti puta pomaka pomicaljke u ovisnosti o kutu zakreta grebena. U njoj su prikazane vrijednosti puta prilikom podizanja i spuštanja pomicaljke. Te vrijednosti su simetrične, jer je odabранo spuštanje i podizanje po harmonijskom zakonu.

7.3. Proračun vratila

7.3.1. Vratilo grebena

Na vratilo grebena djeluje obodna sila prvog zupčaničkog para (para čelnika). Radi pojednostavljenja proračuna uzima se da ta sila djeluje u vertikalnoj ravnini kako je prikazano na [Slika 33].



Slika 33: Prikaz sila koje opterećuju vratilo grebena

$$T_{Z_1} = T_S = 95667 \text{ Nmm} \quad (61)$$

$$i_{Z_1} = \frac{T_{Z_2}}{T_{Z_1} \cdot \eta_{Z_1}} \Rightarrow T_{Z_2} \quad (62)$$

$$\eta_{Z_1} = 0,9 \quad (63)$$

$$T_{Z_2} = i_{Z_1} \cdot T_{Z_1} \cdot \eta_{Z_1} = 4 \cdot 95667 \cdot 0,9 = 344400 \text{ Nmm} \quad (64)$$

$$F_{tz_1} = \frac{2T_{Z_2}}{d_{\zeta_2}} = \frac{2 \cdot 344400}{368} = 1872 \text{ N} \quad (65)$$

$$\Sigma(F) = 0 \Rightarrow F_A - F_B + F_{tz_1} = 0 \quad (66)$$

$$\Sigma(M_A) = 0 \Rightarrow F_B \cdot 100 - F_{tz_1} \cdot 180 = 0 \quad (67)$$

$$F_B = \frac{F_{tz_1} \cdot 180}{100} = \frac{1872 \cdot 180}{100} = 3370 \text{ N} \quad (68)$$

$$F_A = F_B - F_{tz_1} = 3370 - 1872 \cong 1500 \text{ N} \quad (69)$$

7.3.1.1. Ležajevi**Ležaj oslonca A**

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

$$L_h = 8000 \text{ h}$$

$$n = 30 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{prema [17]: } \frac{C}{P} = 2,4 \quad (70)$$

$$P_0 = F_A = 1500 \text{ N} \quad (71)$$

$$C_1 = P_0 \cdot \frac{C}{P} = 1500 \cdot 2,4 = 3600 \text{ N} \quad (72)$$

Prema [17] odabire se jednoredni kuglični ležaj:

61810 [Slika 34]

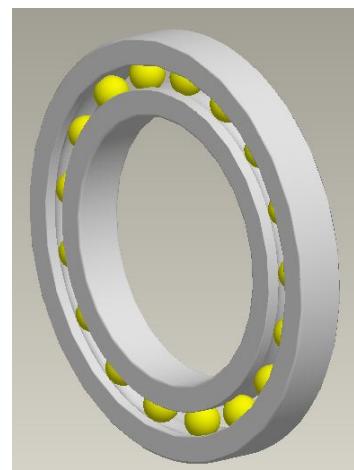
d/DxB=50/65x7

$$C_0 = 4750 \text{ N}$$

$$C_1 = 6240 \text{ N}$$



Slika 34: Ležaj 61810



Slika 35: Ležaj 16012

Ležaj oslonca B

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$L_h = 8000 \text{ h}$$

$$n = 30 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{prema [17]: } \frac{C}{P} = 2,4 \quad (73)$$

$$P_0 = F_B = 3370 \text{ N} \quad (74)$$

$$C_1 = P_0 \cdot \frac{C}{P} = 3370 \cdot 2,4 = 8088 \text{ N} \quad (75)$$

Prema [17] odabire se jednoredni kuglični ležaj:

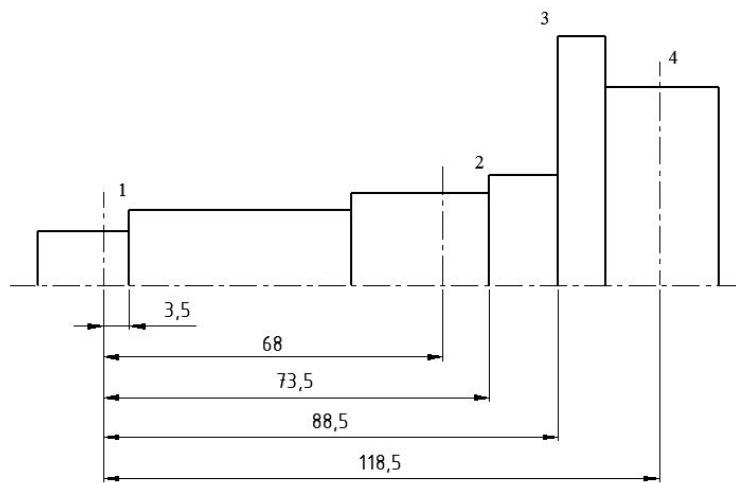
16012 [Slika 35]

$$d / D \times B = 60/95 \times 11$$

$$C_0 = 15000 \text{ N}$$

$$C_1 = 19900 \text{ N}$$

7.3.1.2. Kontrola presjeka



Slika 36: Presjeci vratila grebena

Potrebno je kontrolirati promjer vratila u presjecima u kojima postoji najveća mogućnost loma. Ta mogućnost kod ovog vratila postoji u presjecima 1 i 3.

Presjek 1

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(M_1 \cdot \beta_{\text{kf}})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{\text{kt}})^2} \quad (76)$$

$$M_1 = F_A \cdot 3,5 = 1500 \cdot 3,5 = 5250 \text{ Nmm} \quad (77)$$

$$T = T_{Z_2} = 344400 \text{ Nmm} \quad (78)$$

$$\beta_{\text{kf}} = 1,9 - \text{prema [18]}$$

$$\beta_{\text{kt}} = 1,8 - \text{prema [18]}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{f_{DN}}}{1,73 \cdot \tau_{t_{DI}}} \quad (79)$$

$$\text{Za S 275 JR } \sigma_{f_{DN}} = 210 \text{ N/mm}^2, \tau_{t_{DI}} = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha_0 = \frac{210}{1,73 \cdot 160} = 0,76 \quad (80)$$

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(5250 \cdot 1,9)^2 + 0,75(0,76 \cdot 344400 \cdot 1,8)^2} \quad (81)$$

$$M_{\text{red}_1} = 408140 \text{ Nmm} \quad (82)$$

$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{M_{\text{red}_1}}{W_1} \quad (83)$$

$$W_1 = \frac{d_1^3 \cdot \pi}{32} \cong 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 50^3 = 12500 \text{ mm}^3 \quad (84)$$

$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{408140}{12500} = 32,65 \text{ MPa} \quad (85)$$

$$S_1 = \frac{\sigma_{DN}}{\sigma_{\text{red}_1}} = \frac{200}{32,65} = 6,12 \quad (86)$$

ZADOVOLJAVA

Presjek 3

$$M_{\text{red}_3} = \sqrt{(M_3 \cdot \beta_{\text{kf}})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{\text{kt}})^2} \quad (87)$$

$$M_3 = F_A \cdot 88,5 - F_B \cdot 20,5 = 1500 \cdot 88,5 - 3370 \cdot 20,5 = 63665 \text{ Nmm} \quad (88)$$

$$M_{\text{red}_3} = \sqrt{(63665 \cdot 1,9)^2 + 0,75(0,76 \cdot 344400 \cdot 1,8)^2} \quad (89)$$

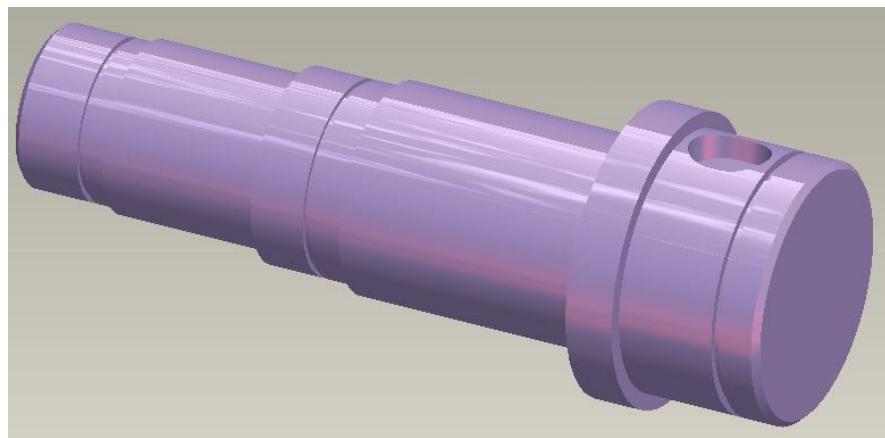
$$M_{\text{red}_3} = 408018 \text{ Nmm} \quad (90)$$

$$\sigma_{\text{red}_3} = \frac{M_{\text{red}_3}}{W_3} \quad (91)$$

$$W_3 = 0,1 \cdot d_3^3 = 0,1 \cdot 65^3 = 27462,5 \text{ mm}^3 \quad (92)$$

$$\sigma_{\text{red}_3} = \frac{408018}{27462,5} = 14,87 \text{ MPa} \quad (93)$$

$$S_3 = \frac{\sigma_{\text{DN}}}{\sigma_{\text{red}_3}} = \frac{200}{14,87} = 13,4 \quad (94)$$

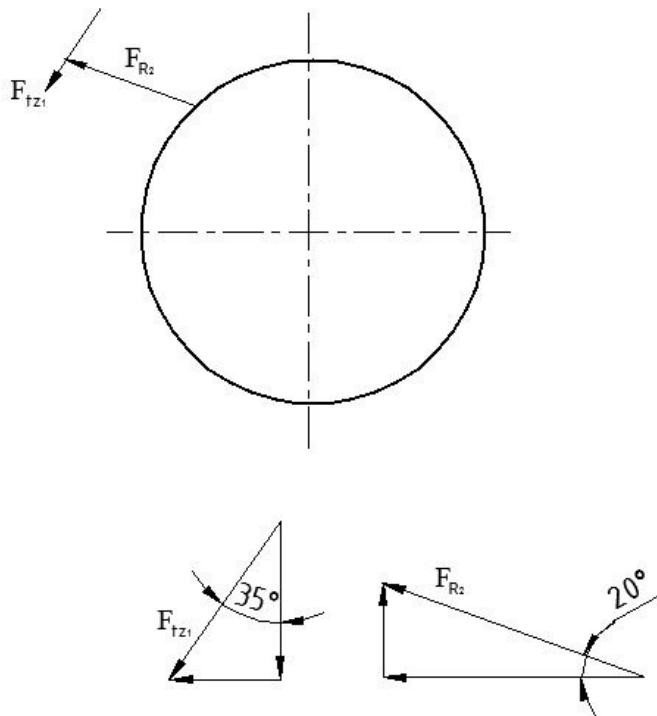
ZADOVOLJAVA

Slika 37: Konačni izgled vratila grebena

[Slika 37] prikazuje kako je dimenzionirano vratilo grebena na osnovu provedenog proračuna. Na njemu se nalazi veći čelnik s grebenom te dva prethodno opisana ležaja.

7.3.2. Donje vratilo spojke

Na donje vratilo spojke kao opterećenja djeluje obodna sila prvog zupčaničkog para (para čelnika), te sila remenskog prijenosa 2 (prijenos gibanja na vratilo podizača) kako prikazuje [Slika 38].



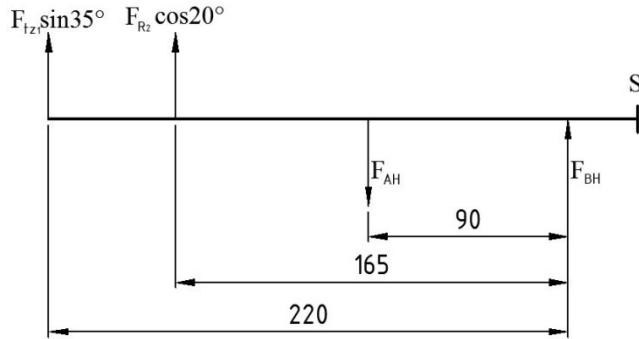
Slika 38: Prikaz sila koje djeluju na donje vratilo spojke

$$T_S = 95667 \text{ Nmm} \quad (95)$$

$$F_{R_2} = \frac{2T_S}{d_{PRP}} = \frac{2 \cdot 95667}{80} = 2392 \text{ N} \quad (96)$$

$$F_{tz_1} = \frac{2T_S}{d_{\check{c}_1}} = \frac{2 \cdot 95667}{96} = 1994 \text{ N} \quad (97)$$

Kako sile ne djeluju ni u horizontalnoj ni u vertikalnoj ravnini u odnosu na presječne osi vratila [Slika 38] u osloncima se javljaju horizontalne i vertikalne komponente reakcija, odnosno potrebno je promotriti reakcije u horizontalnoj te u vertikalnoj ravnini.



Slika 39: Prikaz djelovanja sila u horizontalnoj ravnini donjem vratila spojke

$$\Sigma(F) = 0 \Rightarrow F_{AH} - F_{BH} - F_{tz_1} \sin 35^\circ - F_{R_2} \cos 20^\circ = 0 \quad (99)$$

$$\Sigma(M_B) = 0 \Rightarrow F_{AH} \cdot 90 - F_{R_2} \cos 20^\circ \cdot 165 - F_{tz_1} \sin 35^\circ \cdot 220 = 0 \quad (100)$$

$$F_{AH} = \frac{F_{R_2} \cos 20^\circ \cdot 165 + F_{tz_1} \sin 35^\circ \cdot 220}{90} \quad (101)$$

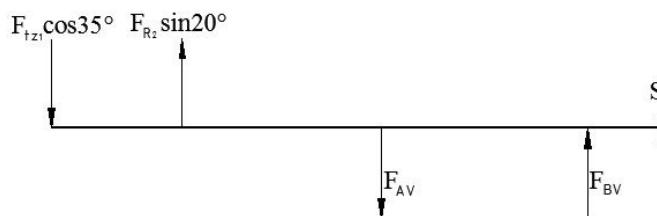
$$F_{AH} = \frac{2392 \cdot \cos 20^\circ \cdot 165 + 1994 \cdot \sin 35^\circ \cdot 220}{90} \quad (102)$$

$$F_{AH} = 7040 \text{ N} \quad (103)$$

$$F_{BH} = F_{AH} - F_{tz_1} \sin 35^\circ - F_{R_2} \cos 20^\circ \quad (104)$$

$$F_{BH} = 7040 - 2392 \cdot \sin 35^\circ - 1994 \cdot \cos 20^\circ \quad (105)$$

$$F_{BH} = 3090 \text{ N} \quad (106)$$



Slika 40: Prikaz djelovanja sila u vertikalnoj ravnini donjem vratila spojke

$$\Sigma(F) = 0 \Rightarrow F_{AV} - F_{BV} + F_{tz_1} \cos 35^\circ - F_{R_2} \sin 20^\circ = 0 \quad (106)$$

$$\Sigma(M_B) = 0 \Rightarrow F_{AV} \cdot 90 - F_{R_2} \sin 20^\circ \cdot 165 + F_{tz_1} \cos 35^\circ \cdot 220 = 0 \quad (107)$$

$$F_{AV} = \frac{F_{R_2} \sin 20^\circ \cdot 165 - F_{tz_1} \cos 35^\circ \cdot 220}{90} \quad (108)$$

$$F_{AV} = \frac{2392 \cdot \sin 20^\circ \cdot 165 - 1994 \cdot \cos 35^\circ \cdot 220}{90} \quad (109)$$

$$F_{AV} = -2492 \text{ N} \quad (110)$$

$$F_{BV} = F_{AV} + F_{tz_1} \cos 35^\circ - F_{R_2} \sin 20^\circ \quad (111)$$

$$F_{BV} = -2492 + 2392 \cdot \cos 35^\circ - 1994 \cdot \sin 20^\circ \quad (112)$$

$$F_{BV} = -1215 \text{ N} \quad (113)$$

$$F_A = \sqrt{F_{AH}^2 + F_{AV}^2} = \sqrt{7040^2 + 2492^2} \quad (114)$$

$$F_A = 7470 \text{ N} \quad (115)$$

$$F_B = \sqrt{F_{BH}^2 + F_{BV}^2} = \sqrt{3090^2 + 1215^2} \quad (116)$$

$$F_B = 3320 \text{ N} \quad (117)$$

7.3.2.1. Ležajevi

Odabiru se klizni ležajevi unutarnjeg promjera $d_l = 50 \text{ mm}$ i širine $b_l = 15 \text{ mm}$.

Materijal: PCuSn14

$$p_{\text{dop}} = 5 \div 25 \text{ MPa}, \text{ odabrano } p_{\text{dop}} = 15 \text{ MPa}$$

$$\theta = 0,6 \div 1, \text{ odabrano } \theta = 0,77$$

$$\theta = \frac{d_l}{d_{l_1}} \Rightarrow d_{l_1} \quad (118)$$

$$d_{l_1} = \frac{d_l}{\theta} = \frac{50}{0,77} = 65 \text{ mm} \quad (119)$$

Kontrola ležaja

- Ležaj oslonca A

$$p_{sr_A} = \frac{F_A}{b_l \cdot d_l} = \frac{7470}{15 \cdot 50} = 9,96 \text{ MPa} \quad (120)$$

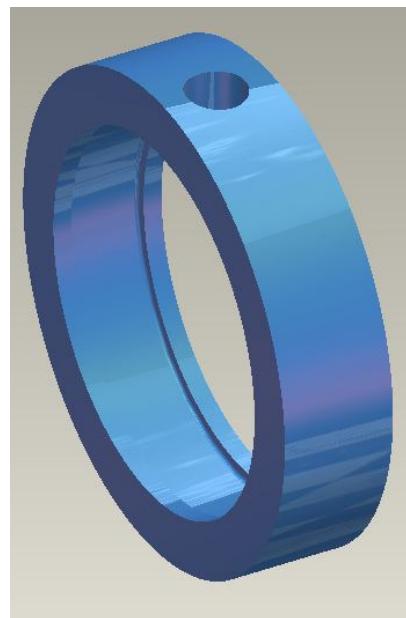
$$p_{sr_A} = 9,96 \text{ MPa} < p_{dop} = 15 \text{ MPa} \quad (121)$$

ZADOVOLJAVA

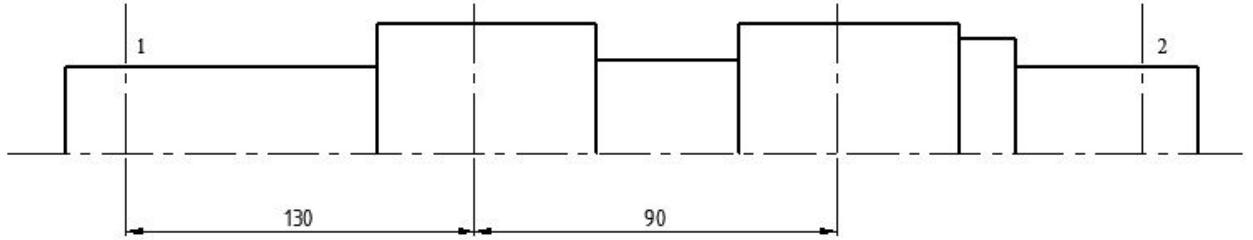
- Ležaj oslonca B

$$p_{sr_B} = \frac{F_B}{b_l \cdot d_l} = \frac{3320}{15 \cdot 50} = 4,43 \text{ MPa} \quad (122)$$

$$p_{sr_B} = 4,43 \text{ MPa} < p_{dop} = 15 \text{ MPa} \quad (123)$$

ZADOVOLJAVA

Slika 41: Klizni ležaj donjeg vratila spojke

 7.3.2.2. Kontrola presjeka


Slika 42: Presjeci donjeg vratila spojke

Presjek 1

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(M_1 \cdot \beta_{\text{kf}})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{\text{kt}})^2}$$

$$M_1 = F_B \cdot 240 - F_A \cdot 75 = 3320 \cdot 240 - 7470 \cdot 75 = 236550 \text{ Nmm} \quad (124)$$

$$T = T_S = 95667 \text{ Nmm} \quad (125)$$

$$\beta_{\text{kf}} = 1,9 - \text{prema [18]}$$

$$\beta_{\text{kt}} = 1,8 - \text{prema [18]}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{f_{DN}}}{1,73 \cdot \tau_{t_{DI}}}$$

$$\text{Za S 275 JR } \sigma_{f_{DN}} = 210 \text{ N/mm}^2, \tau_{t_{DI}} = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha_0 = \frac{210}{1,73 \cdot 160} = 0,76$$

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(236550 \cdot 1,9)^2 + 0,75(0,76 \cdot 95667 \cdot 1,8)^2} \quad (126)$$

$$M_{\text{red}_1} = 463515 \text{ Nmm} \quad (127)$$

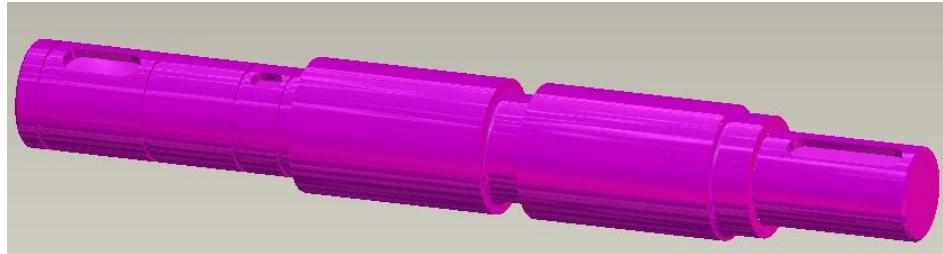
$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{M_{\text{red}_1}}{W_1}$$

$$W_1 = \frac{d_1^3 \cdot \pi}{32} \cong 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 40^3 = 6400 \text{ mm}^3 \quad (128)$$

$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{463515}{6400} = 72,42 \text{ MPa} \quad (129)$$

$$S_1 = \frac{\sigma_{\text{DN}}}{\sigma_{\text{red}_1}} = \frac{200}{72,42} = 2,76 \quad (130)$$

ZADOVOLJAVA

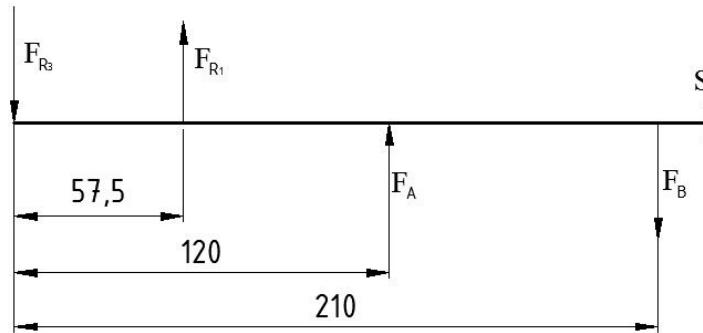


Slika 43: Konačni izgled donjeg vratila spojke

[Slika 43] prikazuje konačni oblik donjeg vratila spojke. Na njemu se nalaze manji čelnik, remenica za pogon podizača (na lijevoj strani vratila) koji su osigurani perom, spojka (na desnoj strani vratila) te prethodno opisani ležajevi.

7.3.3. Gornje vratilo spojke

Na gornje vratilo spojke kao opterećenja djeluju sile prvog remenskog prijenosa (prijenos gibanja s vratila elektromotora na vratilo spojke) te sila trećeg remenskog prijenosa (prijenos gibanja s vratila spojke na vratilo dodavača). Sile koje djeluju na to vratilo prikazane su na [Slika 44].



Slika 44: Prikaz sila koje djeluju na gornje vratilo spojke

$$T_S = 95667 \text{ Nmm}$$

$$F_{R_3} = \frac{2T_S}{d_{\text{PRD}}} = \frac{2 \cdot 95667}{115} = 1664 \text{ N} \quad (131)$$

$$F_{R_1} = \frac{2T_S}{d_{GREM}} = \frac{2 \cdot 95667}{350} = 547 \text{ N} \quad (132)$$

$$\Sigma(F) = 0 \Rightarrow F_{R_3} - F_{R_1} - F_A + F_B = 0 \quad (133)$$

$$\Sigma(M_B) = 0 \Rightarrow F_A \cdot 90 + F_{R_1} \cdot 152,5 - F_{R_3} \cdot 210 = 0 \quad (134)$$

$$F_A = \frac{F_{R_3} \cdot 210 - F_{R_1} \cdot 152,5}{90} = \frac{1664 \cdot 210 - 547 \cdot 152,5}{90} = 2955 \text{ N} \quad (135)$$

$$F_B = F_A - F_{R_3} + F_{R_1} = 2955 - 1664 + 547 = 1838 \text{ N} \quad (136)$$

7.3.3.1. Ležajevi

Ležaj oslonca A

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

$$L_h = 8000 \text{ h}$$

$$n = 120 \text{ min}^{-1}$$

$$prema [17]: \frac{C}{P} = 4$$

$$P_0 = F_A = 2955 \text{ N} \quad (137)$$

$$C_1 = P_0 \cdot \frac{C}{P} = 2955 \cdot 4 = 11820 \text{ N} \quad (138)$$

Prema [17] odabire se jednoredni kuglični ležaj:

6010 [Slika 45]

$$d/DxB=50/80x16$$

$$C_0 = 16000 \text{ N}$$

$$C_1 = 21600 \text{ N}$$

Ležaj oslonca B

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$L_h = 8000 \text{ h}$$

$$n = 120 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{prema [17]: } \frac{C}{P} = 4$$

$$P_0 = F_B = 1840 \text{ N} \quad (139)$$

$$C_1 = P_0 \cdot \frac{C}{P} = 1840 \cdot 4 = 7360 \text{ N} \quad (140)$$

Prema [17] odabire se jednoredni kuglični ležaj:

16008 [Slika 46]

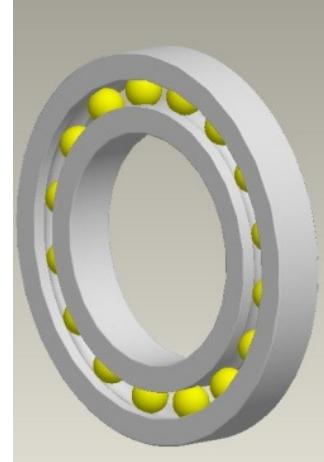
d/DxB=40/68x9

$$C_0 = 9150 \text{ N}$$

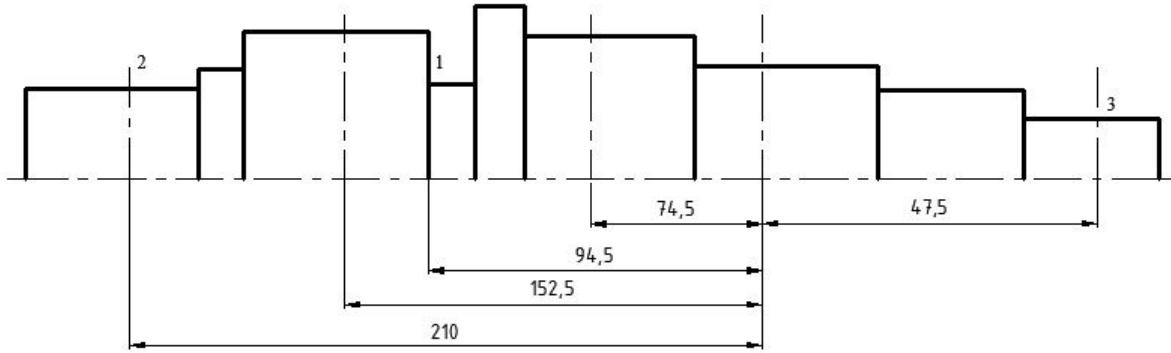
$$C_1 = 13300 \text{ N}$$



Slika 45: Ležaj 6010



Slika 46: Ležaj 16008

 7.3.3.2. Kontrola presjeka


Slika 47: Presjeci gornjeg vratila spojke

Presjek 1

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(M_1 \cdot \beta_{\text{kf}})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{\text{kt}})^2}$$

$$M_1 = F_B \cdot 94,5 - F_A \cdot 20 = 1838 \cdot 94,5 - 2955 \cdot 20 = 114590 \text{ Nmm} \quad (141)$$

$$T = T_S = 95667 \text{ Nmm}$$

$$\beta_{\text{kf}} = 1,9 - \text{prema [18]}$$

$$\beta_{\text{kt}} = 1,8 - \text{prema [18]}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{f_{DN}}}{1,73 \cdot \tau_{t_{DI}}}$$

$$\text{Za S 275 JR } \sigma_{f_{DN}} = 210 \text{ N/mm}^2, \tau_{t_{DI}} = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha_0 = \frac{210}{1,73 \cdot 160} = 0,76$$

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(114590 \cdot 1,9)^2 + 0,75(0,76 \cdot 95667 \cdot 1,8)^2} \quad (142)$$

$$M_{\text{red}_1} = 245455 \text{ Nmm} \quad (143)$$

$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{M_{\text{red}_1}}{W_1}$$

$$W_1 = \frac{d_1^3 \cdot \pi}{32} \cong 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 40^3 = 6400 \text{ mm}^3 \quad (144)$$

$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{245455}{6400} = 38,35 \text{ MPa} \quad (145)$$

$$S_1 = \frac{\sigma_{\text{DN}}}{\sigma_{\text{red}_1}} = \frac{200}{38,35} = 5,21 \quad (146)$$

ZADOVOLJAVA

Presjek 2

$$M_{\text{red}_2} = \sqrt{(M_2 \cdot \beta_{\text{kf}})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{\text{kt}})^2}$$

$$M_2 = F_A \cdot 135,5 + F_{R_1} \cdot 57,5 - F_B \cdot 210 \quad (147)$$

$$M_2 = 2955 \cdot 135,5 + 547 \cdot 57,5 - 1838 \cdot 210 \quad (148)$$

$$M_2 = 45875 \text{ Nmm} \quad (149)$$

$$T = T_S = 95667 \text{ Nmm}$$

$$\beta_{\text{kf}} = 1,9 - \text{prema [18]}$$

$$\beta_{\text{kt}} = 1,8 - \text{prema [18]}$$

$$M_{\text{red}_2} = \sqrt{(45875 \cdot 1,9)^2 + 0,75(0,76 \cdot 95667 \cdot 1,8)^2} \quad (150)$$

$$M_{\text{red}_2} = 142980 \text{ Nmm} \quad (151)$$

$$\sigma_{\text{red}_2} = \frac{M_{\text{red}_2}}{W_2}$$

$$W_2 = \frac{d_2^3 \cdot \pi}{32} \cong 0,1 \cdot d_2^3 = 0,1 \cdot 40^3 = 6400 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{\text{red}_2} = \frac{142980}{6400} = 22,34 \text{ MPa} \quad (152)$$

$$S_2 = \frac{\sigma_{\text{DN}}}{\sigma_{\text{red}_2}} = \frac{200}{22,34} = 8,9 \quad (153)$$

ZADOVOLJAVA

Presjek 3

$$M_{\text{red}_3} = \sqrt{(M_3 \cdot \beta_{\text{kf}})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{\text{kt}})^2}$$

$$M_3 = F_B \cdot 47,5 + F_{R_3} \cdot 257,5 - F_A \cdot 122 - F_{R_1} \cdot 200 \quad (154)$$

$$M_3 = 1838 \cdot 47,5 + 1664 \cdot 257,4 - 2955 \cdot 122 - 547 \cdot 200 \quad (155)$$

$$M_3 = 45708 \text{ Nmm} \quad (156)$$

$$T = T_S = 95667 \text{ Nmm}$$

$$\beta_{\text{kf}} = 1,9 - \text{prema [18]}$$

$$\beta_{\text{kt}} = 1,8 - \text{prema [18]}$$

$$M_{\text{red}_3} = \sqrt{(45708 \cdot 1,9)^2 + 0,75(0,76 \cdot 95667 \cdot 1,8)^2} \quad (157)$$

$$M_{\text{red}_3} = 142786 \text{ Nmm} \quad (158)$$

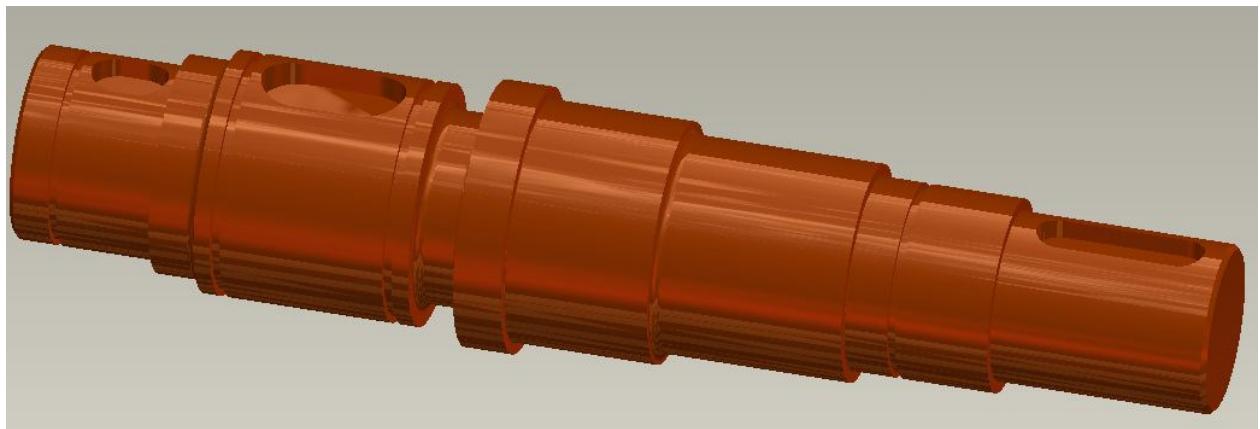
$$\sigma_{\text{red}_3} = \frac{M_{\text{red}_3}}{W_2}$$

$$W_3 = \frac{d_3^3 \cdot \pi}{32} \cong 0,1 \cdot d_3^3 = 0,1 \cdot 35^3 = 4287,5 \text{ mm}^3 \quad (159)$$

$$\sigma_{\text{red}_3} = \frac{142786}{4287,5} = 33,3 \text{ MPa} \quad (160)$$

$$S_3 = \frac{\sigma_{\text{DN}}}{\sigma_{\text{red}_3}} = \frac{200}{33,3} = 6 \quad (161)$$

ZADOVOLJAVA

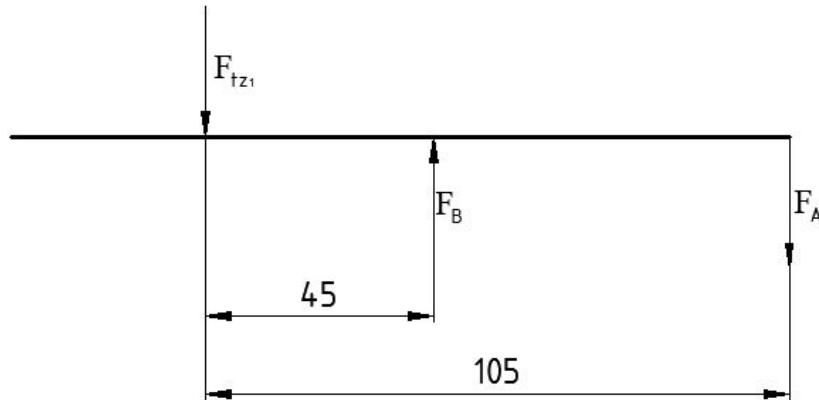


Slika 48: Konačni izgled gornjeg vratila spojke

[Slika 48] prikazuje konačni oblik gornjeg vratila spojke koje je opterećeno na prethodno opisani način. Na tom vratilu se nalaze pogonska remenica dodavača te gonjena remenica spojke preko koje se gibanje prenosi s elektromotora na vratilo spojke. Osim toga na njemu se nalazi i spojka te prethodno opisani ležajevi.

7.3.4. Vratilo dodavača

Na vratilo dodavača kao opterećenje djeluje sila trećeg remenskog prijenosa (prijenos gibanja s vratila spojke na vratilo dodavača). Sile koje djeluju na to vratilo prikazane su na [Slika 49].



Slika 49: Prikaz sila koje opterećuju vratilo dodavača

$$T_S = 95667 \text{ Nmm}$$

$$i_{R_3} = \frac{T_D}{T_S \cdot \eta_{R_3}} \Rightarrow T_D \quad (162)$$

$$\eta_{R_3} = 0,8 \quad (163)$$

$$T_D = i_{R_3} \cdot T_S \cdot \eta_{R_3} = 2 \cdot 95667 \cdot 0,8 = 153067 \text{ Nmm} \quad (164)$$

$$F_{R_3} = \frac{2T_D}{d_{GRD}} = \frac{2 \cdot 153067}{230} = 1331 \text{ N} \quad (165)$$

$$\Sigma(F) = 0 \Rightarrow F_B - F_{R_3} - F_A = 0 \quad (166)$$

$$\Sigma(M_A) = 0 \Rightarrow F_B \cdot 60 - F_{R_3} \cdot 105 = 0 \quad (167)$$

$$F_B = \frac{F_{R_3} \cdot 105}{60} = \frac{1331 \cdot 105}{60} = 2330 \text{ N} \quad (168)$$

$$F_A = F_B - F_{R_3} = 2330 - 1331 \cong 1000 \text{ N} \quad (169)$$

7.3.4.1. Ležajevi

Ležaj oslonca A

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

$$L_h = 8000 \text{ h}$$

$$n = 60 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{prema [17]: } \frac{c}{P} = 3,2$$

$$P_0 = F_A = 1000 \text{ N} \quad (170)$$

$$C_1 = P_0 \cdot \frac{c}{P} = 1000 \cdot 3,2 = 3200 \text{ N} \quad (171)$$

Prema [17] odabire se jednoredni kuglični ležaj:

61810 [Slika 34]

$$D/DxB=50/65x7$$

$$C_0 = 4750 \text{ N}$$

$$C_1 = 6240 \text{ N}$$

Ležaj oslonca B

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$L_h = 8000 \text{ h}$$

$$n = 60 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{prema [17]: } \frac{C}{P} = 3,2$$

$$P_0 = F_B = 2330 \text{ N} \quad (172)$$

$$C_1 = P_0 \cdot \frac{C}{P} = 2330 \cdot 3,2 = 7456 \text{ N} \quad (173)$$

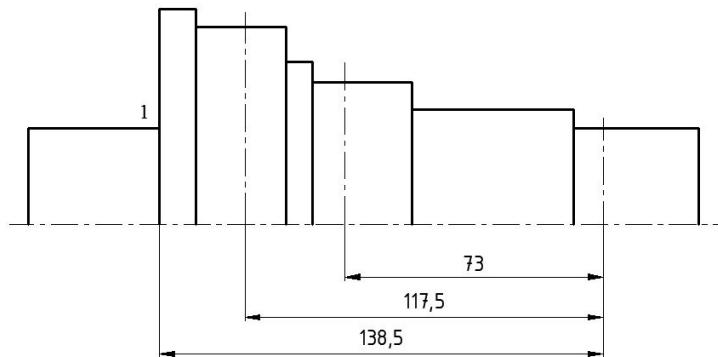
Prema [17] odabire se jednoredni kuglični ležaj:

16012 [Slika 35]

$$d/DxB=60/95x11$$

$$C_0 = 15000 \text{ N}$$

$$C_1 = 19900 \text{ N}$$

 7.3.4.2. Kontrola presjeka


Slika 50: Presjeci vratila dodavača

Presjek 1

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(M_1 \cdot \beta_{\text{kf}})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{\text{kt}})^2}$$

$$M_1 = F_A \cdot 138,5 - F_B \cdot 65,5 + F_{R_3} \cdot 21 \quad (174)$$

$$M_1 = 1000 \cdot 138,5 - 2330 \cdot 65,5 + 1331 \cdot 21 \quad (175)$$

$$M_1 = 13836 \text{ Nmm} \quad (176)$$

$$T = T_D = 153067 \text{ Nmm} \quad (177)$$

$$\beta_{\text{kf}} = 1,9 - \text{prema [18]}$$

$$\beta_{\text{kt}} = 1,8 - \text{prema [18]}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{f_{DN}}}{1,73 \cdot \tau_{t_{DI}}}$$

$$\text{Za S 235 JR } \sigma_{f_{DN}} = 190 \text{ N/mm}^2, \tau_{t_{DI}} = 140 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha_0 = \frac{190}{1,73 \cdot 140} = 0,785 \quad (178)$$

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(13836 \cdot 1,9)^2 + 0,75(0,785 \cdot 153067 \cdot 1,8)^2} \quad (179)$$

$$M_{\text{red}_1} = 189143 \text{ Nmm} \quad (180)$$

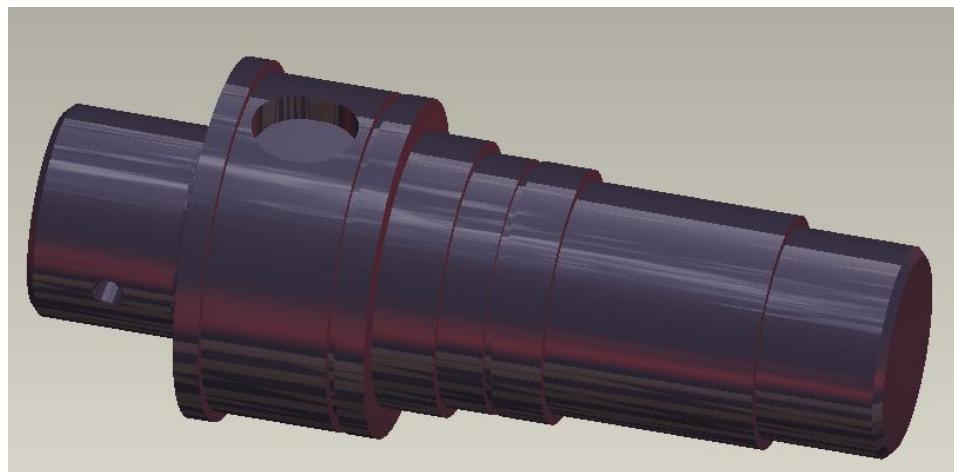
$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{M_{\text{red}_1}}{W_1}$$

$$W_1 = \frac{d_1^3 \cdot \pi}{32} \cong 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 50^3 = 12500 \text{ mm}^3 \quad (181)$$

$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{189143}{12500} = 15,13 \text{ MPa} \quad (182)$$

$$S_1 = \frac{\sigma_{\text{DN}}}{\sigma_{\text{red}_1}} = \frac{170}{15,13} = 11,23 \quad (183)$$

ZADOVOLJAVA

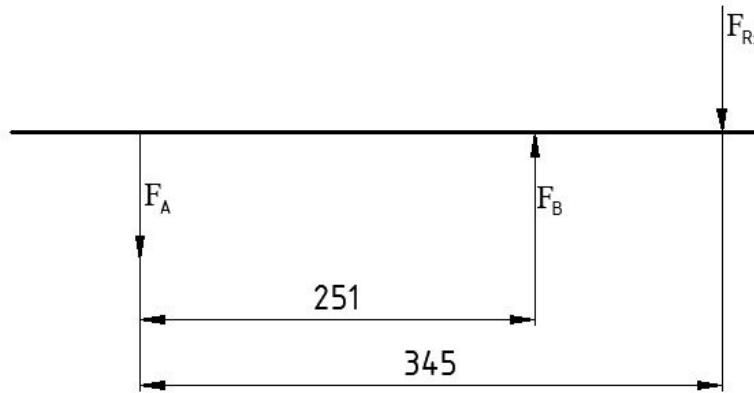


Slika 51: Konačni izgled vratila dodavača

[Slika 51] prikazuje konačni oblik vratila dodavača koje je opterećeno silom remenskog prijenosa kojim se prenosi gibanje s vratila spojke na vratilo dodavača. Vratilo je uležišteno na dva ležaja koji su opisani u prethodnom tekstu.

7.3.5. Vratilo podizača

Na vratilo dodavača kao opterećenje djeluje sila drugog remenskog prijenosa (prijenos gibanja s vratila spojke na vratilo podizača) kako je prikazano na [Slika 52]



Slika 52: Prikaz sila koje opterećuju vratilo podizača

$$T_S = 95667 \text{ Nmm}$$

$$i_{R_2} = \frac{T_P}{T_S \cdot \eta_{R_2}} \Rightarrow T_P$$

$$\eta_{R_3} = 0,8$$

$$T_P = i_{R_2} \cdot T_S \cdot \eta_{R_2} = 1 \cdot 95667 \cdot 0,8 = 76534 \text{ Nmm} \quad (184)$$

$$F_{R_2} = \frac{2T_P}{d_{PRP}} = \frac{2 \cdot 76534}{80} = 1913 \text{ N} \quad (185)$$

$$\Sigma(F) = 0 \Rightarrow F_B - F_{R_2} - F_A = 0 \quad (186)$$

$$\Sigma(M_A) = 0 \Rightarrow F_B \cdot 251 - F_{R_2} \cdot 345 = 0 \quad (187)$$

$$F_B = \frac{F_{R_2} \cdot 345}{251} = \frac{1913 \cdot 345}{251} = 2630 \text{ N} \quad (188)$$

$$F_A = F_B - F_{R_2} = 2630 - 1913 = 717 \text{ N} \quad (189)$$

7.3.5.1. Ležajevi

Odabiru se klizni ležajevi unutarnjeg promjera $d_l = 55$ mm i širine $b_l = 20$ mm.

Materijal: PCuSn14

$$p_{\text{dop}} = 5 \div 25 \text{ MPa}, \text{ odabrano } p_{\text{dop}} = 15 \text{ MPa}$$

$$\theta = 0,6 \div 1, \text{ odabrano } \theta = 0,73 \quad (190)$$

$$\theta = \frac{d_l}{d_{l_1}} \Rightarrow d_{l_1}$$

$$d_{l_1} = \frac{d_l}{\theta} = \frac{55}{0,73} = 75 \text{ mm} \quad (191)$$

Kontrola ležaja

- **Ležaj oslonca A**

$$p_{\text{sr}_A} = \frac{F_A}{b_l \cdot d_l} = \frac{717}{20 \cdot 55} = 0,65 \text{ MPa} \quad (192)$$

$$p_{\text{sr}_A} = 0,65 \text{ MPa} < p_{\text{dop}} = 15 \text{ MPa} \quad (193)$$

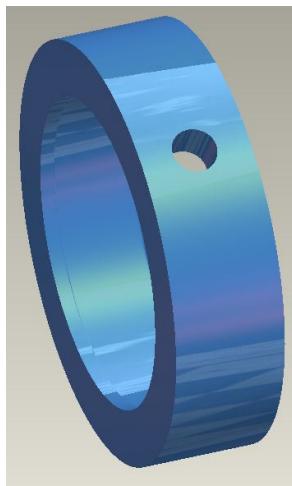
ZADOVOLJAVA

- **Ležaj oslonca B**

$$p_{\text{sr}_B} = \frac{F_B}{b_l \cdot d_l} = \frac{2630}{20 \cdot 55} = 2,39 \text{ MPa} \quad (194)$$

$$p_{\text{sr}_B} = 2,39 \text{ MPa} < p_{\text{dop}} = 15 \text{ MPa} \quad (195)$$

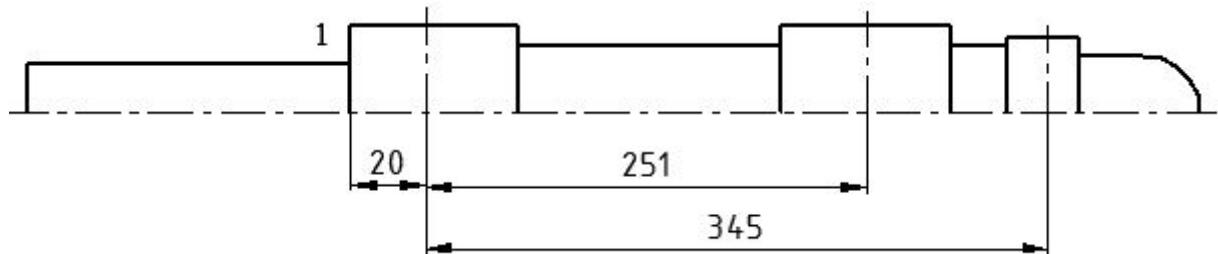
ZADOVOLJAVA



Slika 53: Ležajna čahura vratila podizača

[Slika 53] prikazuje ležajnu čahuru kliznog ležaja vratila podizača. Slika prikazuje kako je ležajna čahura oblikovana na način da sadrži kanal kojim se omogućuje podmazivanje ležaja. Podmazivanje ležaja je moguće kroz provrt koji prolazi kroz ležajno mjesto i ležajnu čahuru.

7.3.5.2. Kontrola presjeka



Slika 54: Presjeci vratila podizača

Presjek 1

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(M_1 \cdot \beta_{\text{kf}})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{\text{kt}})^2}$$

$$M_1 = F_{R_2} \cdot 295 - F_B \cdot 201 \quad (196)$$

$$M_1 = 1913 \cdot 295 - 2630 \cdot 201 \quad (197)$$

$$M_1 = 35705 \text{ Nmm} \quad (198)$$

$$T = T_P = 76534 \text{ Nmm}$$

$$\beta_{kf} = 1,9 - prema [18]$$

$$\beta_{kt} = 1,8 - prema [18]$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{f_{DN}}}{1,73 \cdot \tau_{t_{DI}}}$$

Za S 235 JR $\sigma_{f_{DN}} = 190 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{t_{DI}} = 140 \text{ N/mm}^2$

$$\alpha_0 = \frac{190}{1,73 \cdot 140} = 0,785$$

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(35705 \cdot 1,9)^2 + 0,75(0,785 \cdot 76534 \cdot 1,8)^2} \quad (199)$$

$$M_{\text{red}_1} = 115643 \text{ Nmm} \quad (200)$$

$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{M_{\text{red}_1}}{W_1}$$

$$W_1 = \frac{d_1^3 \cdot \pi}{32} \cong 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 45^3 = 9112,5 \text{ mm}^3 \quad (201)$$

$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{115643}{9112,5} = 12,69 \text{ MPa} \quad (202)$$

$$S_1 = \frac{\sigma_{DN}}{\sigma_{\text{red}_1}} = \frac{170}{12,69} = 13,4 \quad (203)$$

ZADOVOLJAVA



Slika 55: Konačni izgled vratila podizača

7.3.6. Vratilo stožnika

Kao opterećenje na vratilo stožnika djeluje obodna sila stožničkog para, te obodna sila četvrtog remenskog prijenosa (prijenos gibanja s vratila stožnika na vratilo trake) kako je prikazano na [Slika 56].

$$T_{EM} = 20500 \text{ Nmm}$$

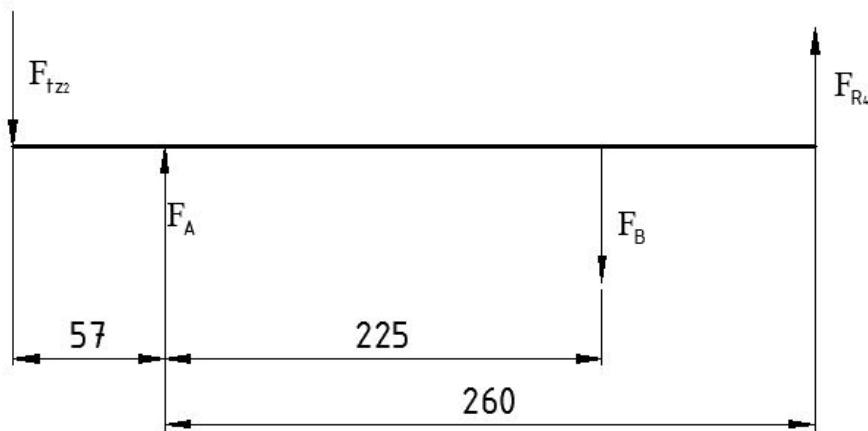
$$i_{z_2} = \frac{T_{St}}{T_{EM} \cdot \eta_{z_2}} \Rightarrow T_{St} \quad (204)$$

$$\eta_{z_2} = 0,9 - \text{odabрано} \quad (205)$$

$$T_{St} = T_{EM} \cdot \eta_{z_2} \cdot i_{z_2} = 20500 \cdot 0,9 \cdot 4 = 73800 \text{ Nmm} \quad (206)$$

$$F_{R_4} = \frac{2T_{St}}{d_{PRT}} = \frac{2 \cdot 73800}{60} = 2460 \text{ N} \quad (207)$$

$$F_{tz_2} = \frac{2T_{St}}{d_{S_2}} = \frac{2 \cdot 73800}{240} = 615 \text{ N} \quad (208)$$



Slika 56: Sile koje opterećuju vratilo stožnika

$$\Sigma(F) = 0 \Rightarrow F_B - F_{R_4} - F_A + F_{tz_2} = 0 \quad (209)$$

$$\Sigma(M_A) = 0 \Rightarrow F_B \cdot 225 - F_{R_4} \cdot 260 - F_{tz_2} \cdot 57 = 0 \quad (210)$$

$$F_B = \frac{F_{R_4} \cdot 260 + F_{tz_2} \cdot 57}{225} = \frac{2460 \cdot 260 + 615 \cdot 57}{225} = 2798 \text{ N} \quad (211)$$

$$F_A = F_B - F_{R_4} + F_{tz_2} = 2798 - 2460 + 615 = 953 \text{ N} \quad (212)$$

7.3.6.1. Ležajevi

Ležaj oslonca A

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$L_h = 8000 \text{ h}$$

$$n = 180 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{prema [17]: } \frac{C}{P} = 4 \quad (213)$$

$$P_0 = F_A = 953 \text{ N} \quad (214)$$

$$C_1 = P_0 \cdot \frac{C}{P} = 953 \cdot 4 = 3812 \text{ N} \quad (215)$$

Prema [17] odabire se jednoredni kuglični ležaj:

61812 [Slika 57]

$$d/DxB=60/78x10$$

$$C_0 = 11400 \text{ N}$$

$$C_1 = 11900 \text{ N}$$

Ležaj oslonca B

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$L_h = 8000 \text{ h}$$

$$n = 180 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{prema [17]: } \frac{C}{P} = 4$$

$$P_0 = F_B = 2798 \text{ N} \quad (216)$$

$$C_1 = P_0 \cdot \frac{c}{P} = 2798 \cdot 4 = 11192 \text{ N} \quad (217)$$

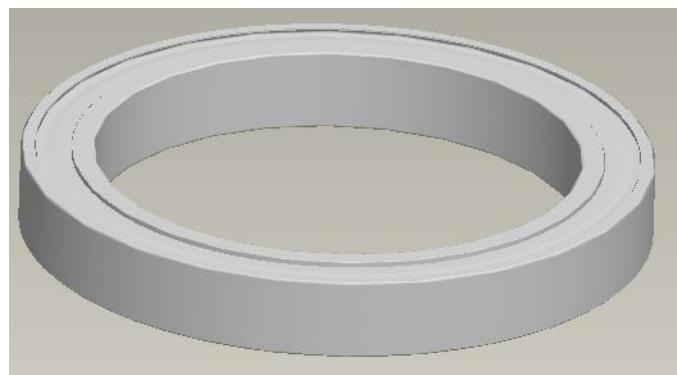
Prema [17] odabire se jednoredni kuglični ležaj:

61812 [Slika 57]

d/DxB=60/78x10

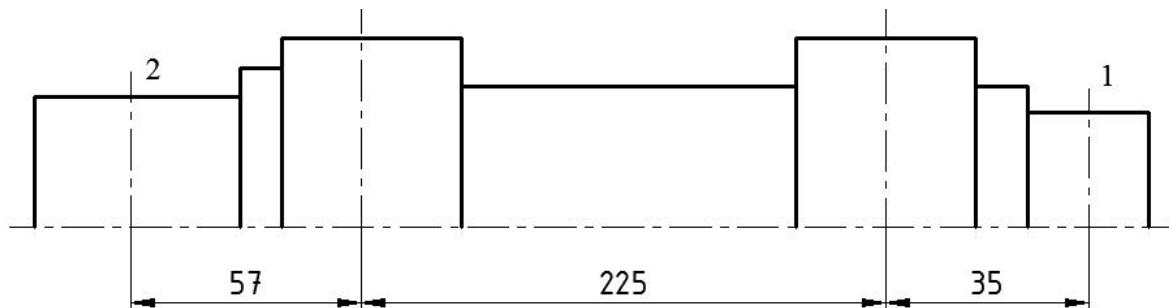
$$C_0 = 11400 \text{ N}$$

$$C_1 = 11900 \text{ N}$$



Slika 57: Ležaj 61812

7.3.6.2. Kontrola presjeka



Slika 58: Presjeci vratila stožnika

Presjek I

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(M_1 \cdot \beta_{\text{kf}})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{\text{kt}})^2}$$

$$M_1 = F_B \cdot 35 - F_A \cdot 260 + F_{tz_2} \cdot 317 \quad (218)$$

$$M_1 = 2798 \cdot 35 - 953 \cdot 260 + 615 \cdot 317 \quad (219)$$

$$M_1 = 45105 \text{ Nmm} \quad (220)$$

$$T = T_{\text{St}} = 73800 \text{ Nmm}$$

$$\beta_{\text{kf}} = 1,9 - \text{prema [18]}$$

$$\beta_{\text{kt}} = 1,8 - \text{prema [18]}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{f_{DN}}}{1,73 \cdot \tau_{t_{DI}}}$$

$$\text{Za S 235 JR } \sigma_{f_{DN}} = 190 \text{ N/mm}^2, \tau_{t_{DI}} = 140 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha_0 = \frac{190}{1,73 \cdot 140} = 0,785$$

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(45105 \cdot 1,9)^2 + 0,75(0,785 \cdot 73800 \cdot 1,8)^2} \quad (221)$$

$$M_{\text{red}_1} = 124500 \text{ Nmm} \quad (222)$$

$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{M_{\text{red}_1}}{W_1}$$

$$W_1 = \frac{d_1^3 \cdot \pi}{32} \cong 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 27^3 = 1968,3 \text{ mm}^3 \quad (223)$$

$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{124500}{1968,3} = 63,25 \text{ MPa} \quad (224)$$

$$S_1 = \frac{\sigma_{DN}}{\sigma_{\text{red}_1}} = \frac{170}{63,25} = 2,7 \quad (225)$$

ZADOVOLJAVA

Presjek 2

$$M_{\text{red}_2} = \sqrt{(M_2 \cdot \beta_{\text{kf}})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{\text{kt}})^2}$$

$$M_2 = F_A \cdot 57 + F_{R_4} \cdot 317 - F_B \cdot 282 \quad (226)$$

$$M_2 = 953 \cdot 57 + 2460 \cdot 317 - 2798 \cdot 282 \quad (227)$$

$$M_2 = 45105 \text{ Nmm} \quad (228)$$

$$T = T_{\text{St}} = 73800 \text{ Nmm}$$

$$\beta_{\text{kf}} = 1,9 - \text{prema [18]}$$

$$\beta_{\text{kt}} = 1,8 - \text{prema [18]}$$

$$M_{\text{red}_2} = \sqrt{(45105 \cdot 1,9)^2 + 0,75(0,76 \cdot 73800 \cdot 1,8)^2} \quad (229)$$

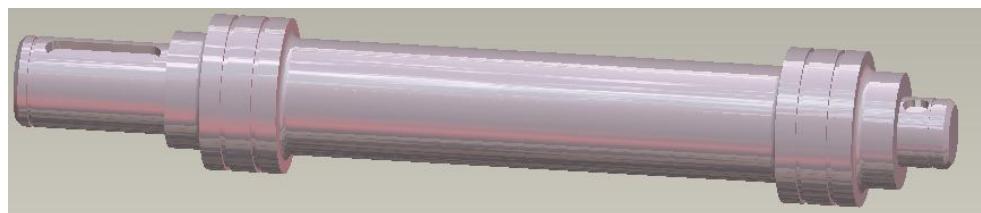
$$M_{\text{red}_2} = 124500 \text{ Nmm} \quad (230)$$

$$\sigma_{\text{red}_2} = \frac{M_{\text{red}_2}}{W_2}$$

$$W_2 = \frac{d_2^3 \cdot \pi}{32} \cong 0,1 \cdot d_2^3 = 0,1 \cdot 35^3 = 4287,5 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{\text{red}_2} = \frac{124500}{4287,5} = 29,04 \text{ MPa} \quad (231)$$

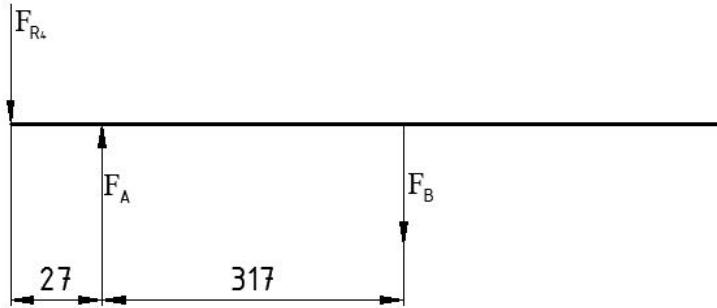
$$S_2 = \frac{\sigma_{\text{DN}}}{\sigma_{\text{red}_2}} = \frac{170}{29,04} = 5,8 \quad (232)$$

ZADOVOLJAVA

Slika 59: Konačni oblik vratila stožnika

7.3.7. Vratilo trake

Kao opterećenje na vratilo trake uzima se sila u četvrtom remenskom prijenosu preko kojeg se prenosi gibanje na traku od vratila stožnika. [Slika 60] prikazuje sile koje djeluju na vratilo trake.



Slika 60: Prikaz sila koje opterećuju vratilo trake

$$i_{R_4} = \frac{T_t}{T_{St} \cdot \eta_{R_4}} \Rightarrow T_t \quad (233)$$

$$\eta_{R_4} = 0,8 - \text{odabran}$$

$$T_t = T_{St} \cdot \eta_{R_4} \cdot i_{R_4} = 73800 \cdot 0,8 \cdot 1 = 59040 \text{ Nmm} \quad (234)$$

$$F_{R_4} = \frac{2T_t}{d_{GRT}} = \frac{2 \cdot 59040}{60} = 1968 \text{ N} \quad (235)$$

$$\Sigma(F) = 0 \Rightarrow F_B + F_{R_4} - F_A = 0 \quad (236)$$

$$\Sigma(M_A) = 0 \Rightarrow F_B \cdot 317 - F_{R_4} \cdot 27 = 0 \quad (237)$$

$$F_B = \frac{F_{R_4} \cdot 27}{317} = \frac{1968 \cdot 27}{317} = 168 \text{ N} \quad (238)$$

$$F_A = F_B + F_{R_4} = 168 + 1698 = 2136 \text{ N} \quad (239)$$

7.3.7.1. Ležajevi

Ležaj oslonca A

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$L_h = 8000 \text{ h}$$

$$n = 180 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{prema [17]: } \frac{C}{P} = 4$$

$$P_0 = F_A = 2136 \text{ N} \quad (240)$$

$$C_1 = P_0 \cdot \frac{C}{P} = 2136 \cdot 4 = 8544 \text{ N} \quad (241)$$

Prema [17] odabire se jednoredni kuglični ležaj:

6008 [Slika 61]

$$d/DxB=40/68x15$$

$$C_0 = 11600 \text{ N}$$

$$C_1 = 17800 \text{ N}$$

Ležaj oslonca B

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$L_h = 8000 \text{ h}$$

$$n = 180 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{prema [17]: } \frac{C}{P} = 4$$

$$P_0 = F_B = 168 \text{ N} \quad (242)$$

$$C_1 = P_0 \cdot \frac{C}{P} = 168 \cdot 4 = 672 \text{ N} \quad (243)$$

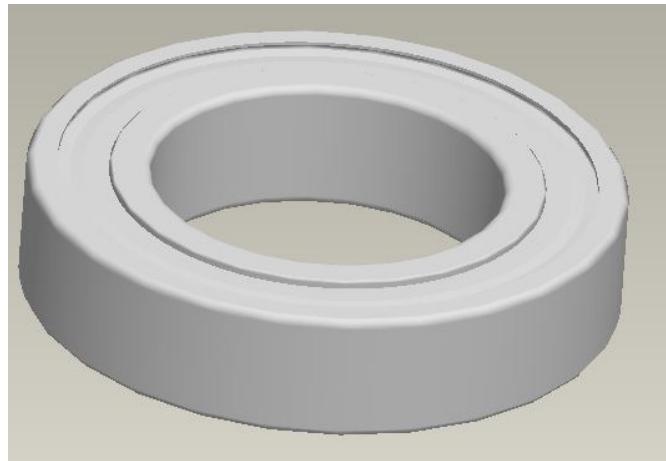
Prema [17] odabire se jednoredni kuglični ležaj:

6008

d/DxB=40/68x15

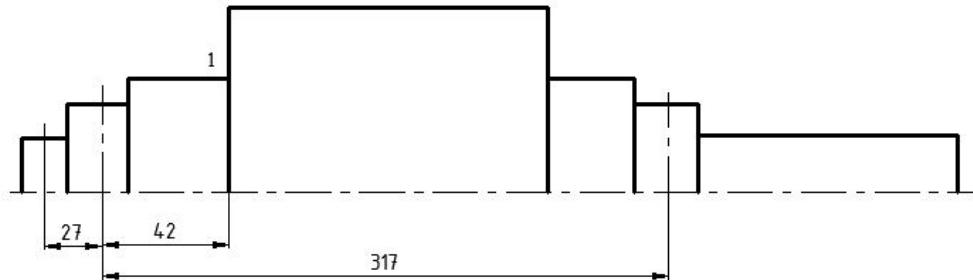
$$C_0 = 11600 \text{ N}$$

$$C_1 = 17800 \text{ N}$$



Slika 61: Ležaj 6008

7.3.7.2. Kontrola presjeka



Slika 62: Presjeci vratila trake

Presjek 1

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(M_1 \cdot \beta_{\text{kf}})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{\text{kt}})^2}$$

$$M_1 = F_{R_4} \cdot 69 - F_A \cdot 42 \quad (244)$$

$$M_1 = 1968 \cdot 69 - 2136 \cdot 42 \quad (245)$$

$$M_1 = 46080 \text{ Nmm} \quad (246)$$

$$T = T_t = 59040 \text{ Nmm}$$

$$\beta_{kf} = 1,9 - \text{prema [18]}$$

$$\beta_{kt} = 1,8 - \text{prema [18]}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{f_{DN}}}{1,73 \cdot \tau_{t_{DI}}}$$

Za S 235 JR $\sigma_{f_{DN}} = 190 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{t_{DI}} = 140 \text{ N/mm}^2$

$$\alpha_0 = \frac{190}{1,73 \cdot 140} = 0,785$$

$$M_{\text{red}_1} = \sqrt{(46080 \cdot 1,9)^2 + 0,75(0,785 \cdot 59040 \cdot 1,8)^2} \quad (247)$$

$$M_{\text{red}_1} = 113512 \text{ Nmm} \quad (248)$$

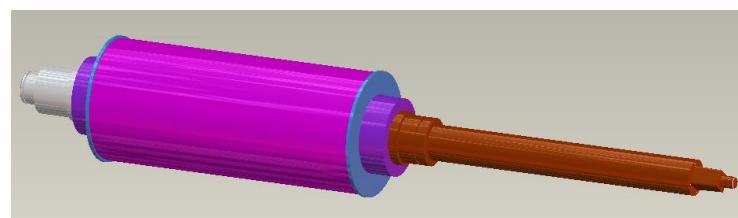
$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{M_{\text{red}_1}}{W_1}$$

$$W_1 = \frac{d_1^3 \cdot \pi}{32} \cong 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 45^3 = 9112,5 \text{ mm}^3 \quad (249)$$

$$\sigma_{\text{red}_1} = \frac{113512}{9112,5} = 12,46 \text{ MPa} \quad (250)$$

$$S_1 = \frac{\sigma_{DN}}{\sigma_{\text{red}_1}} = \frac{170}{12,46} = 13,6 \quad (251)$$

ZADOVOLJAVA

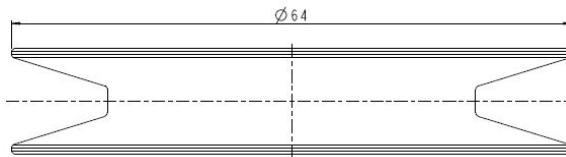


Slika 63: Konačni izgled vratila trake

7.4. Provjera elektromotora

Elektromotor mora imati dovoljno veliku snagu, odnosno okretni moment kako bi mogao pokrenuti sve okretne dijelove. Najveće opterećenje motora predstavlja inercija rotirajućih elemenata, posebice onih veće promjera. Iz tog se razloga provjerava da li je moment koji daj elektromotor veći od potrebnog momenta koji proizlazi iz momenata inercije pojedinih dijelova.

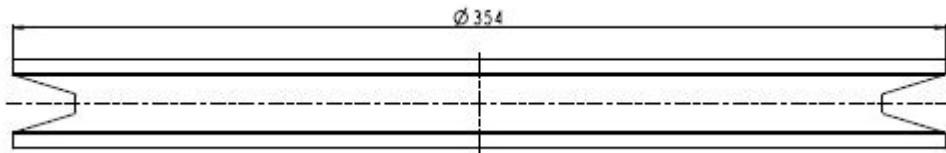
Remenica elektromotora



Slika 64: Remenica elektromotora

$$J_{REM} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,148 \cdot 0,032^2 = 7,577 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2 \quad (252)$$

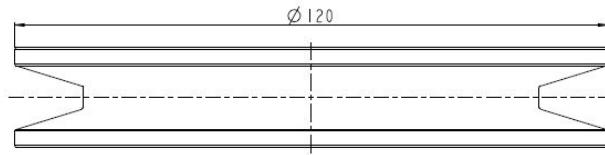
Pogonska remenica spojke



Slika 65: Pogonska remenica spojke

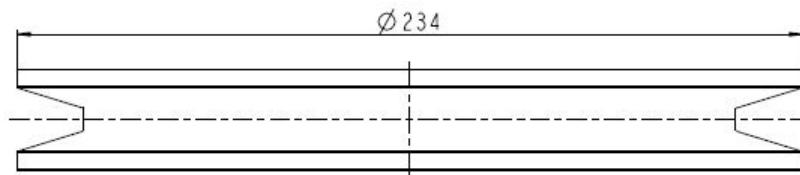
$$J_{PRS} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 22,83 \cdot 0,177^2 = 0,3576 \text{ kg m}^2 \quad (253)$$

Pogonska remenica dodavača



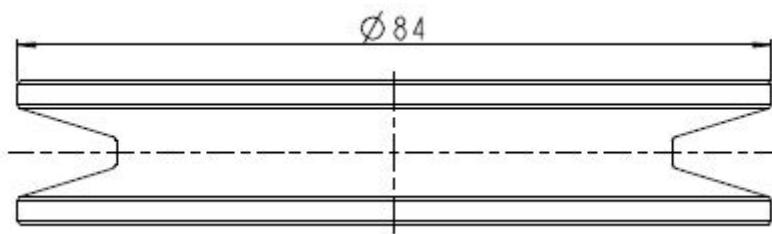
Slika 66: Pogonska remenica dodavača

$$J_{PRD} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 0,06^2 = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^2 \quad (254)$$

Gonjena remenica dodavača

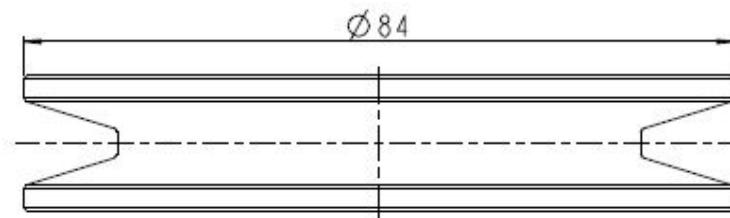
Slika 67: Gonjena remenica dodavača

$$J_{GRD} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 7,5 \cdot 117^2 = 0,0513 \text{ kg m}^2 \quad (255)$$

Pogonska remenica podizača

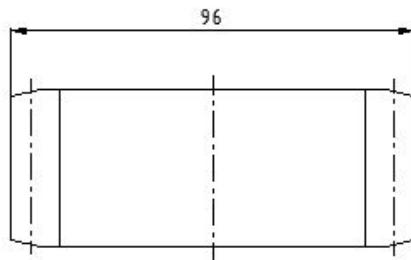
Slika 68: Pogonska remenica podizača

$$J_{PRP} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 0,042^2 = 3,528 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^2 \quad (256)$$

Gonjena remenica podizača

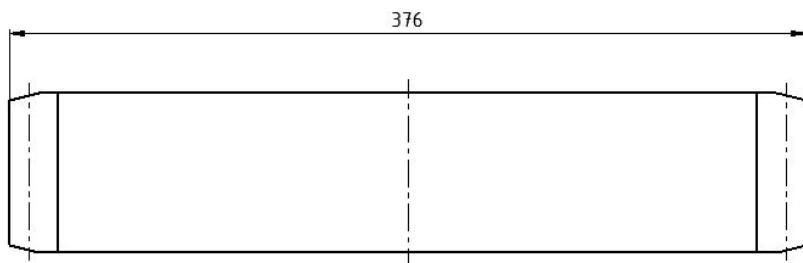
Slika 69: Gonjena remenica podizača

$$J_{PRD} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 0,042^2 = 3,528 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^2 \quad (257)$$

Manji čelnik

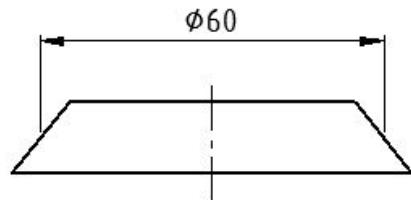
Slika 70: Manji čelnik

$$J_{Z_1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,8 \cdot 0,048^2 = 2,07 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^2 \quad (258)$$

Veći čelnik

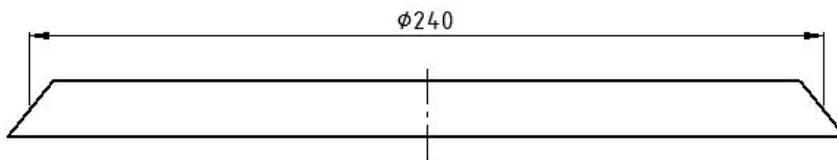
Slika 71: Veliki čelnik

$$J_{Z_2} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 22,64 \cdot 0,188^2 = 0,4 \text{ kg m}^2 \quad (259)$$

Manji stožnik

Slika 72: Mali stožnik

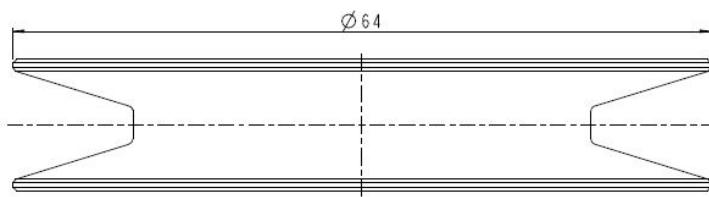
$$J_{S_1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,76 \cdot 0,03^2 = 3,42 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^2 \quad (260)$$

Veći stožnik

Slika 73: Veći stožnik

$$J_{S_2} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,29 \cdot 0,12^2 = 0,06689 \text{ kg m}^2 \quad (261)$$

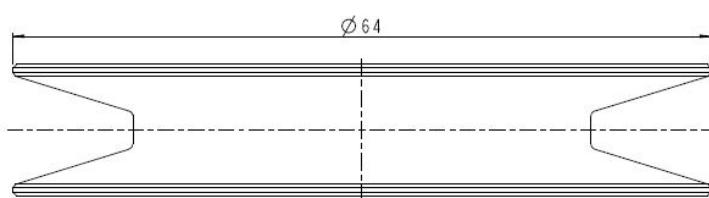
Pogonska remenica trake



Slika 74: Pogonska remenica trake

$$J_{PRT} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,15 \cdot 0,032^2 = 7,68 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2 \quad (262)$$

Gonjena remenica trake



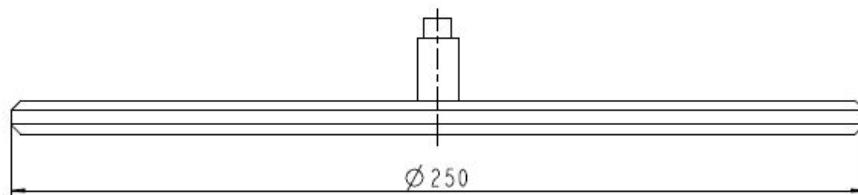
Slika 75: Gonjena remenica trake

$$J_{GRT} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,15 \cdot 0,032^2 = 7,68 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2 \quad (263)$$

Moment inercije vratila

Zbog sličnih dimenzija svih vratila korištenih kod ovog stroja radi pojednostavljenja računanja uzima se prosječna masa vratila od 3 kg i promjera 50 mm. Kako u stroju ima 9 vratila prosječni moment inercije vratila se množi s 9.

$$J_{VR} = 9 \cdot \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = 9 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 0,025^2 = 8,43 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^2 \quad (264)$$

Moment inercije prstena dodavača

Slika 76: Pogonski prsten dodavača

$$J_{PPD} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,8 \cdot 0,125^2 = 0,0297 \text{ kg m}^2 \quad (265)$$

Ukupni moment inercije rotirajućih masa

$$J_{rot} = J_{REM} + J_{PRS} + J_{PRD} + J_{GRD} + J_{PRP} + J_{PRD} + J_{Z_1} + J_{Z_2} + J_{S_1} + J_{S_2} + J_{PRT} + J_{GRT} + J_{VR} + J_{PPD}$$

$$\begin{aligned} J_{rot} = & 7,577 \cdot 10^{-5} + 0,3576 + 2,25 \cdot 10^{-3} + 0,0513 + 3,528 \cdot 10^{-4} + 3,528 \cdot 10^{-4} + \\ & + 2,07 \cdot 10^{-3} + 0,4 + 3,42 \cdot 10^{-4} + 0,06689 + 7,68 \cdot 10^{-5} + 7,68 \cdot 10^{-5} + 8,43 \cdot 10^{-3} + \\ & + 0,0297 \end{aligned}$$

$$J_{rot} = 0,9195 \text{ kgm}^2 \quad (266)$$

$$\omega_{EM} = 2 \cdot \pi \cdot n_{EM} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{700}{60} = 73,3 \text{ rad/s} \quad (267)$$

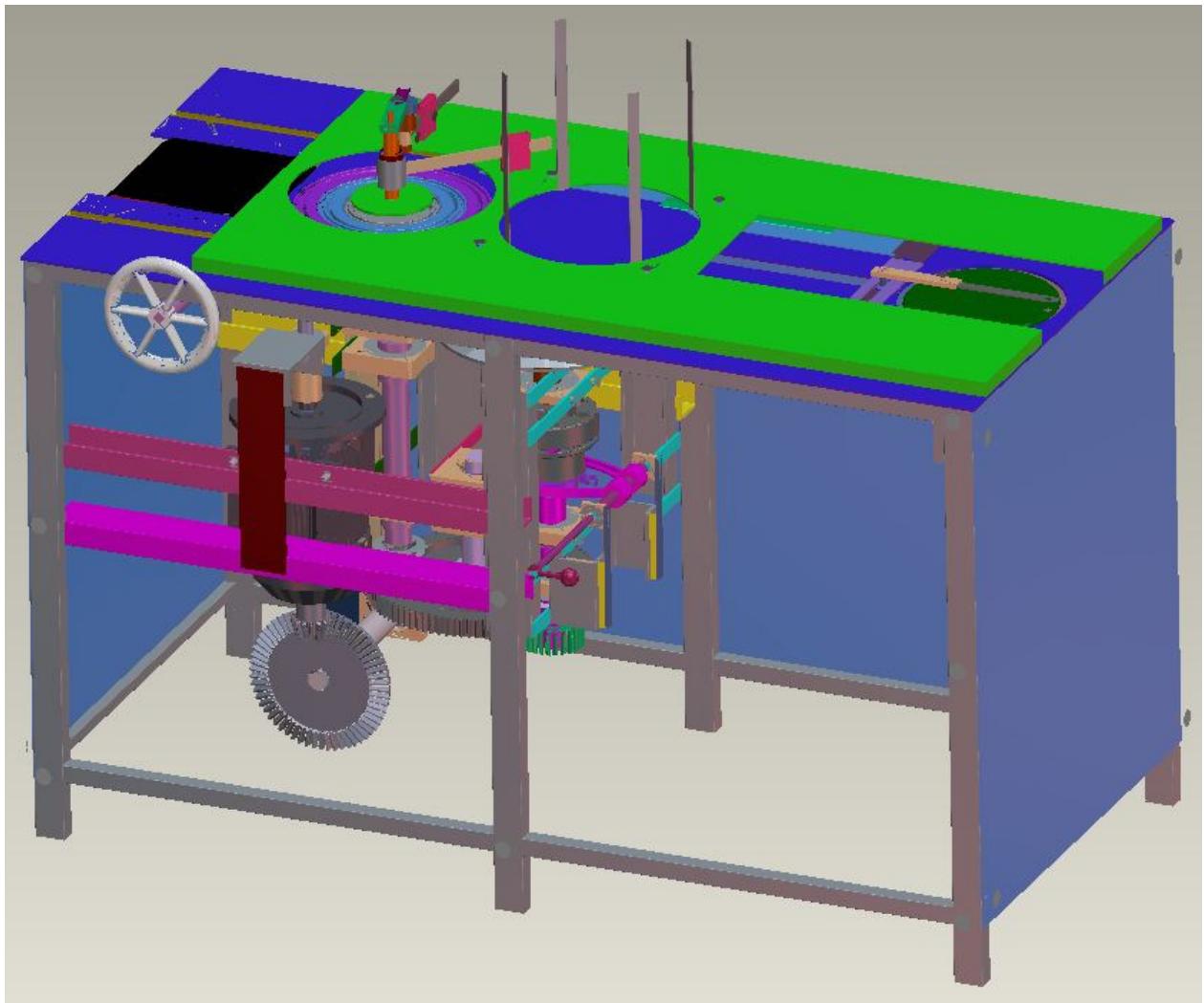
$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{0 - \omega_{EM}}{t_p} = \frac{73,3}{4} = 18,325 \quad (268)$$

$$M_{potr} = J_{rot} \cdot \frac{d\omega}{dt} = 0,9195 \cdot 18,325 = 16,85 \text{ Nm} \quad (269)$$

$$P_{potr} = M_{potr} \cdot \omega_{EM} = 16,85 \cdot 73,3 = 1235,1 \text{ W} \quad (270)$$

$$P_{\text{potr}} = 1,235 \text{ kW} < P_{\text{EM}} = 1,5 \text{ kW}$$

ZADOVOLJAVA



Slika 77: Konačni izgled uređaja

[Slika 77] prikazuje kako stroj izgleda nakon završetka konstrukcijske razrade. Donja strana uređaja je potpuno zatvorena kako bi se spriječilo moguće ozljedivanje korisnika. Zbog lakšeg prikaza na slici je sakrivena prednja ploča stroja.

8. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog diplomskog rada bio je koncipirati i konstruirati uređaj za nanošenje brtvene mase na ambalažni lim. Uređaj mora omogućiti prilagodbu nanošenja brtvene mase na okrugle poklopce i podove limenki promjera od 100 do 300 mm. Tim uređajem se ubrzava postupak izrade limene ambalaže, jer je nanošenje brtvene mase potpuno automatizirano.

Glavna prednost ovako koncipiranog uređaja je mogućnost nanošenja brtvene mase na ambalažni lim promjera većih od 100 mm te prilagodba uređaja različitim promjerima. Uređaj zadovoljava potrebu korisnika za što manjom potrošnjom električne energije jer je opremljen samo jednim pogonskim strojem snage 1,5 kW. Masa konstruiranog uređaja iznosi manje od 500 kg čime je omogućena mobilnost uređaja.

Novost ovakvog uređaja je mogućnost prilagodbe različitim promjerima ambalažnog lima. Uređaj se prilagođava različitim promjerima odvijanjem vijaka koji pridržavaju ploče dodavača, te zamjenom prstena podizača. Uređaji koji se mogu pronaći na tržištu imaju veću produktivnost od uređaja opisanog u ovom diplomskom radu, ali su većinom konstruirani za ambalažni lim manjih promjera.

Predviđena uporaba ovakvog uređaja je u proizvodnim pogonima kao dio proizvodne linije za proizvodnju limene ambalaže. Radnik koji opslužuje ovaj uređaj mora samo postaviti ambalažni lim u spremnik i predvidjeti kamo traka odvodi ambalažni lim s nanesenom brtvenom masom. Prilikom prilagodbe različitom promjeru ambalažnih limova mora obaviti odvijanje i pričvršćivanje vijaka kojima se omogućuje pomak ploča dodavača i vijka kojim se namješta položaj pištolja za nanošenje brtvene mase. Prednost pred ostalim uređajima također je ručno kolo kojim je omogućeno ručno pokretanje prilikom namještanja uređaja za različite promjere ambalažnog lima.

Strojem je ostvarena taktnost između dodavanja poklopaca i nanošenja brtvene mase. To je ostvareno proračunatim prijenosnim omjerima remenskih i zupčaničkih prijenosa. Nanošenje brtvene mase traje dok se poklopac zakrene za dva okretaja. Time se ostvaruje potrebna centrifugalna sila koja omogućuju dobro raspoređivanje brtvene mase po cijelom rubu poklopca.

Jedan od zahtjeva bio je kompaktnost konstrukcije, koji zbog geometrijskih ograničenja nije mogao biti zadovoljen ovakvom konstrukcijom. Stoga ovakav uređaj predstavlja potencijal za optimiranje, čime bi se ostvarila kompaktnija konstrukcija, a time bi bila omogućena još veća produktivnost stroja.

LITERATURA

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Tin_can; 02. kolovoz 2011
- [2] Katalog tehničkih podataka *LA ARTISTICA DE VIGO*, izdanje 1995
- [3] <http://www.fhnozzle.com>; 15. rujan 2011
- [4] <http://www.penalver.com/products.php>; 21. rujan 2011
- [5] <http://www.penalver.com/mer600.php>; 21. rujan 2011
- [6] <http://www.stollemachinery.com/en/products/rotary-compound-end-liners>; 21. rujan 2011
- [7] http://www.cevolani.com/Cev_prodotti.html; 21. rujan 2011
- [8] <http://www.patentgenius.com/patent/7134824.html>; 22. rujan 2011
- [9] <http://www.patentgenius.com/patent/5564877.html>; 22. rujan 2011
- [10] http://www.google.com/patents?id=ctdFAAAAEBAJ&pg=PA3&dq=compound+liner&hl=en&ei=ar9wTse4MeOC4gTzxciaCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ved=0CDcQ6AEwAw#v=onepage&q=compound%20liner&f=false; 22. rujan 2011
- [11] Marjanović, D.; Štorga, M.: Podloge za predavanja kolegija razvoj proizvoda, FSB Zagreb, 2006. godina
- [12] https://www.cee.siemens.com/web/at/de/industry/ia_dt/produkte-loesungen/antriebstechnik/motoren/Pages/Default.aspx; 10. listopad 2011
- [13] Opalić, M.; Rakamarić, P.: Reduktor, proračun i konstrukcija jednostupanjskog zupčanog prijenosnika, Zagreb, studeni 2001
- [14] Opalić, M.: Prijenosnici snage i gibanja, Zagreb 1998. godina
- [15] Decker, K.H.: Elementi strojeva, Golden marketing, Tehnička knjiga, Zagreb, 2006. god.
- [16] Eckhardt, H.D.: Kinematic design of machines and mechanisms, New York
- [17] <http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&newlink=first&lang=en>; 25. listopad 2011
- [18] Herold, Z. i suradnici : Vratilo- proračun; FSB Zagreb