

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Пренос снаге флуидом

Број индекса: 55/2015

Никола М. Трајковић Конструктивно-техничке карактеристике зупчасте пумпе са спољним озубљењем

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Душан Гордић

2. _____

3. _____

Датум

одбране: _____

Оцена: _____

Садржај

Резиме	2
Abstract	2
Списак коришћених ознака.....	3
1.0 Уводне напомене.....	4
1.1 Историјски развој	4
1.2 Дефиниција i класификација пумпи	4
1.3 Запреминске пумпе	4
1.4 РАДНИ ПАРАМЕТРИ ПУМПИ.....	6
2. Механизми и ограничења пумпи.....	9
2.1 КАРАКТЕРИСТИЧНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ПУМПИ	9
2.2 ОГРАНИЧЕЊА У РАДУ ПУМПИ.....	10
3. ЗУПЧАСТЕ ПУМПЕ	10
3.1 Дефиниција, подела и примена.....	10
3.2 ЗУПЧАСТЕ ПУМПЕ СА СПОЉНИМ ОЗУБЉЕЊЕМ	13
3.3 ЗУПЧАСТА ПУМПА СА УНУТРАШЊИМ ОЗУБЉЕЊЕМ	15
4. Конструктивно техничке карактеристике зупчaste пумпе са спољним озубљењем ..	18
4.1 Зупчаници	19
4.2 Кућиште	22
4.3 Остали конструктивни делови пумпе	24
5. Експлатационе карактеристике зупчaste пумпе са спољним озубљењем	28
5.1 Најоптерећенији делови	28
5.2 Век коришћења.....	28
5.3 Проблеми при раду пумпе.....	29
5.3.1 Кавитација у пумпи.....	30
5.3.2 Растворен ваздух и аерација.....	32
5.3.3 Запрљана радна течност	33
5.3.4 Неадекватна радна течност	33
Закључак	34
Литература.....	35

Резиме

Предмет овог рада израда конструктивно техничке документације зупчасте пумпе са спољним озубљењем. У првом делу је дата дефиниција хидрауличних машина као и њихова подела затим су приказане запреминске машине као посебна група хидрауличних машина ,дата је њихова подела и главне карактеристике као и радни параметри. У другом делу је приказана систематизација зупчастих пумпи са акцентом на зупчасте пумпе са спољним озубљењем .У трећем делу приказани су 3-Д модели и радионички цртежи радних органа пумпе као и осталих елемената конструкције.Израда цртежа рађена је у Catia V5 софтверу .

Abstract

The subject of this work is the production of a constructive technical documentation of a gear pump with an external toothing. In the first part, the definition of hydraulic machines as well as their division is presented, then positive displacement machines are shown as a separate group of hydraulic machines, their division and main characteristics as well as the operating parameters are presented. In the second part the systematization of gear pumps with emphasis on gear pumps with external toothing is presented. In the thirdpart, 3-D models and workshop drawings of the pumps working bodies as well as other structural elements are shown.The drawings are made in the Catia V5 software.

Списак коришћених ознака

$P_{hp}[W]$	-хидраулична снага пумпе
$Q_p[m^3/s]$	-запремински проток пумпе
$Q_{tp}[m^3/s]$	-теоријски проток пумпе
$q_p [m^3/o]$	-специфични проток пумпе
$\omega_p[o/min]$	-угаона брзина пумпе
$K_p[-]$	-коефицијент поправке
$m[m]$	-модул зупчаника
$D_o[m]$	-пречник подеоног круга зупчаника
$b[m]$	-ширина зупчаника
$z[-]$	-број зубаца зупчаника
$\eta_{vp}[-]$	-запремински степен корисности
$K_{cp}[m^3/s*Pa]$	-коефицијент цурења
$P_{mp}[W]$	-механичка снага пумпе
$M_p[N*m]$	-обртни момент
$M_{tp} [N*m]$	-теоријски обртни момент

Индекси

v_p - запремински

m_p -механичка

c_p -цурење

t_p -teorijski

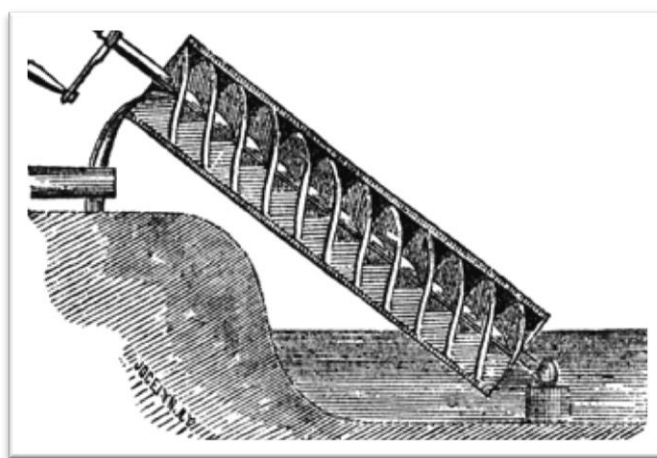
max - максимални

min - минимални

1.0 Уводне напомене

1.1 Историјски развој

Првом пумпом се сматра Архимедов завртањ из трећег века пре нове ере који се у Асирији користио чак четири века, иако су прве пумпе вероватно и раније настале у Старом Египту и користиле се у сврху наводњавања. Тек касније 1698 настала је прва пумпа на парни погон, коришћена је за испумпавање из рударских бушотина. Пумпа је са лакоћом могла подизати воду и до 24 метара висине, али због тада слабих конструкција судова под притиском на висинама од 6-7 метара долазило је до експлозија па је њено коришћење било ограничено. Након открића парне машине следила су и открића електричне енергије и електромотора чиме су се димензије пумпе знатно смањиле.



Слика 1.1: Архимедов завртањ

1.2 Дефиниција и класификација пумпи

Хидрауличне машине служе за претварање једног облика енергије у други, ако су у питању пумпе онда се механичка енергија претвара у енергију струјања радне течности а у обрнутом случају односно претварању енергије струјања радне течности у механички рад онда су у питању хидромотори. Према начину трансформације енергије разликују се:

- 1) Запреминске (хидростатичке, притисне)
- 2) Турбо (хидродинамичке, лопатичне) машине.

У системима хидрауличног преноса снаге највише се користе запреминске машине док се турбомашине углавном користе код турбомањача и турбоспојница

1.3 Запреминске пумпе

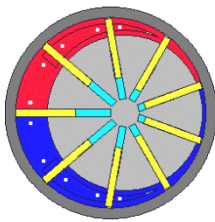
Код запреминских машина промена нивоа енергије струјања радне течности се обавља периодичном променом радне запремине пумпе а радну запремину обухватају сви ограничени и изоловани простори које образују покретни радни елементи машине са свим њеним покретним и непокретним конструкцијским деловима. У току сваког

радног циклуса радна течност се у запреминску машину усисава при повећању и потискује при смањивању радне запремине. Запреминске пумпе своју механичку енергију добијају од мотора СУС или електро мотора.[1]

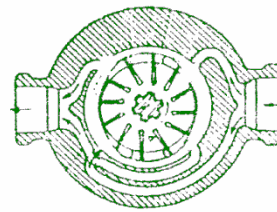
Према конструктивном извођењу радних органа могу се поделити на:

КЛИПНЕ	МЕМБРАНСКЕ	КРИЛНЕ	ЗУПЧАСТЕ	ЗАВОЈНЕ
--------	------------	--------	----------	---------

Крилне пумпе

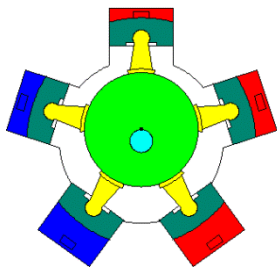


са крилцима у ротору једноструког дејства

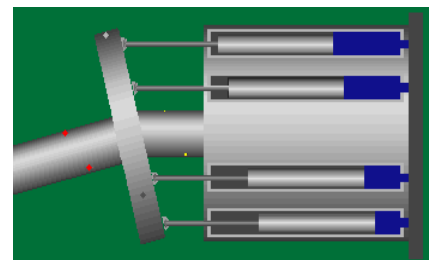


са крилцима у ротору двоструког дејства

Клипне пумпе

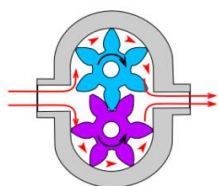


клипно радијална



клипно аксијална

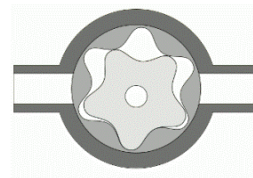
Зупчасте пумпе



са спољашњим
озубљењем



са унутрашњим
озубљењем



героторске



завојна

1.4 РАДНИ ПАРАМЕТРИ ПУМПИ

Параметри хидрауличне снаге пумпе

Напор запреминских хидрауличних машина код пумпи представља повећање енергије струјања радне течности и он је практично једнак разлици притисака на излазу и улазу у пумпу Δp_p (Pa), па се за хидрауличну снагу пумпе P_{hp} (W) може написати:

$$P_{hp} = Q_p \cdot \Delta p_p$$

Где је:

Q_p – запремински проток на излазу из пумпе

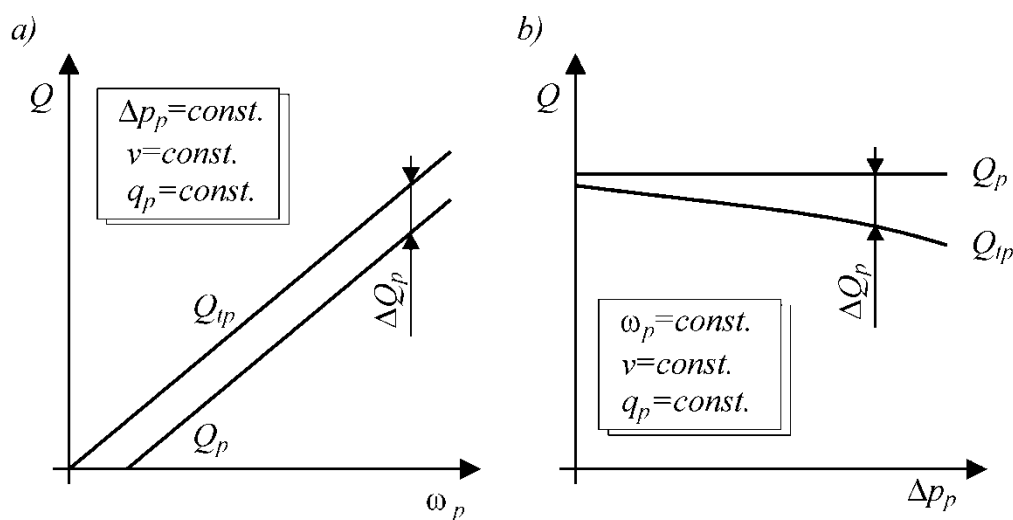
Пораст притиска који ствара запреминска пумпа у хидрауличном систему зависи од спољашњег оптерећења хидромотора и отпора насталих у хидрауличном систему услед трења радне течности. Радна течност се пумпи доводи из резервоара у коме је најчешће притисак радне течности атмосферски (1 bar) па се при прорачуну снаге пумпе притисак на улазу у пумпу занемарује у односу на притисак на излазу из пумпе p_p (Pa).

$$P_{hp} = Q_p \cdot p_p$$

Запремински проток пумпе представља количину радне течности која у јединици времена излази из пумпе док теоријски (геометријски) проток пумпе Q_{tp} представља промену њене радне запремине у јединици времена. Теоријски проток се дефинише као производ специфичног протока пумпе q_p и угаоне брзине вратила пумпе ω_p .

$$Q_{tp} = q_p \cdot \omega_p$$

При чему се под специфичним протоком пумпе подразумева укупна промена њене радне запремине при једном обртају вратила тј када се вратило окрене за 1 рад (радијан). [1]



Слика 1.2 зависност протока од а) угаоне брзине и б) разлике притисака

Специфични проток зупчасте пумпе са спољним озубљењем:

$$q = 2 \cdot K_p \cdot m \cdot D_o \cdot b = 2 \cdot K_p \cdot m^2 \cdot z \cdot b$$

где су:

$K_p[-]$ - коефицијент поправке

$m[m]$ - модул зупчаника

$D_o[m]$ - пречник подеоног круга зупчаника

$b[m]$ - ширина зупчаника

$z[-]$ -број зубаца зупчаника

Вредност K_p се одређује емпиријски.

Код пумпи са некоригованим зупцима и бројем зуба $z=6-12$, $K_p = 3,5$, а код пумпи са коригованим зупчаницима $K_p=4,7$

Специфични проток зупчасте пумпе са унутрашњим озубљењем:

$$q = 7 \cdot m \cdot D_o \cdot b = 7 \cdot m^2 \cdot z \cdot b$$

где су:

$m[m]$ - модул зупчаника

$D_o[m]$ - пречник подеоног круга зупчаника са унутрашњим озубљењем

$b[m]$ -ширина зупчаника

$z[-]$ - број зубаца зупчаника са унутрашњим озубљењем

Запремински губици код пумпи

Они не зависе само од конструкцијских карактеристика пумпе већ и од услова рада и стања радне течности. Због постојања запреминских губитака ΔQ_p стварни проток пумпе се разликује од њеног теоријског протока. Стварни проток је увек мањи од њеног теоријског протока

$$Q_p = Q_{tp} - \Delta Q_p$$

Запремински губици се изражавају запреминским степеном корисности (η_{yp})

$$\eta_{yp} = Q_p / Q_{tp}$$

Према начину настајања запремински губици хидрауличне машине могу бити:

- 1) Губици протока због цурења течности кроз зазоре из области вишег притиска у област нижег притиска.
- 2) Губици протока због непопуњености радне запремине односно волуметријско-кавитациони, настају само код запреминских пумпи и константни су до одређеног броја обртаја вратила пумпе а након тога расту.
- 3) Губици протока због стишљивости течности који се са инжењерског становишта практично могу занемарити.

Када се занемаре губици протока због непопуњености радне запремине, запремински губици настају само због цурења, па се за коефицијент цурења пумпе κ_{cp} може писати

$$\kappa_{cp} = \Delta Q_p / \Delta P_p$$

Тренутне вредности протока варирају око поменутих средњих вредности протока (до сада помињани протоци). Неравномерност тренутног протока пумпе се дефинише степеном неравномерности протока пумпе δ_p .

$$\delta_p = (Q_{pmax} - Q_{pmin}) / Q_p$$

Где су Q_{pmax} , Q_{pmin} – тренутни максимални и минимални проток пумпе.

Параметри механичке снаге пумпе

Механичка снага пумпе P_{mp} (W) је снага која се на вратило пумпе доводи из погонског агрегата који може бити мотор SUS или електромотор и дефинише се изразом

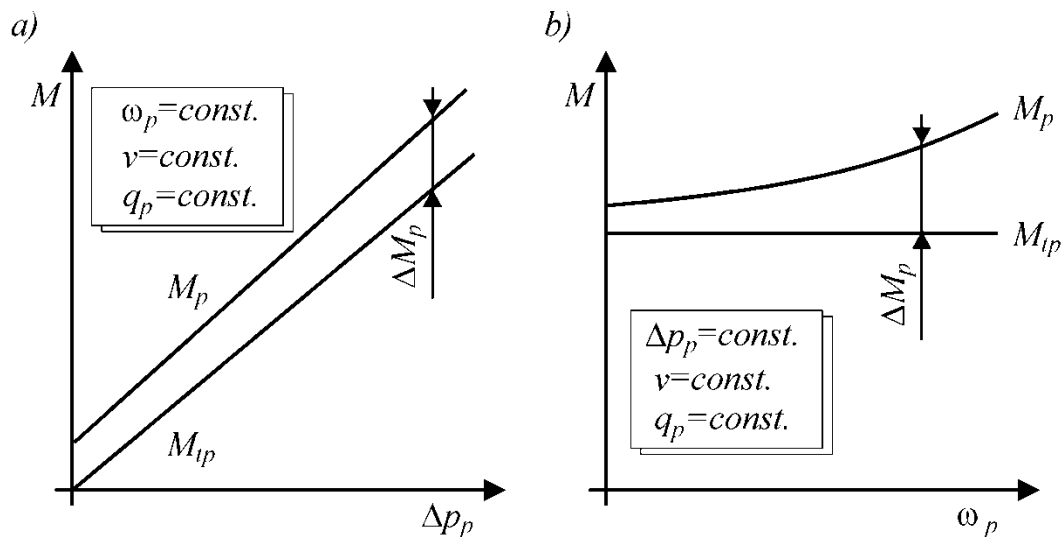
$$P_{mp} = M_p \cdot \omega_p$$

Где је:

M_p (N*m) – обртни момент на вратилу пумпе.

Обртни момент на вратилу пумпе је момент који је потребан за њен погон и он се разликује од њеног теоријског обртног момента M_{tp} (N*m) за износ губитака обртног момента пумпе ΔM_p (N*m):

$$M_p = M_{tp} + \Delta M_p$$



Слика 1. Зависност обртног момента од а) разлике притисака и б) угаоне брзине

Губици обртног момента настају као последица:

- 1) Хидрауличних губитака и вискозног трења између покретних делова хидрауличне машине,
- 2) Сувог трења између покретних делова хидрауличне машине
- 3) Деформација делова машине које настају услед притиска радне течности.

Губитак обртног момента пумпе се одређује механичким степеном корисности пумпе и дефинише се изразом: $\eta_{mp} = M_{tp} / M_p$

Често се у анализи биланса снага пумпи користи појам теоријске снаге пумпе тј она снага која је еквивалентна теоријском протоку при датој промени притиска пумпе. Израз за теоријску снагу пумпе P_{tp} (W) гласи: [1]

$$P_{tp} = Q_{tp} \cdot \Delta P_p = M_{tp} \cdot \omega_p$$

2. Механизми и ограничења пумпи

2.1 КАРАКТЕРИСТИЧНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ПУМПИ

Данас постоји велики број различитих конструкција пумпи али све оне морају имати механизам за потискивање и механизам за развођење а поред ових могу имати механизам за управљање радних параметара пумпе

Механизам за потискивање предаје механичку енергију радној течности тачније претвара механичку енергију у енергију струјања радне течности односно хидрауличну.

Механизам за развођење служи за одвајање течности односно одвајање зоне ниског притиска на улазу и високог на излазу из пумпе.

Механизам за управљање омогућава промену радних параметара пумпе (проток и притисак). Код зупчастих пумпи имамо ротационо кретање механизма за потискивање течности, због тог ротационог кретања потребан је механизам за претварање ротационог у праволинијско кретање.[3]

2.2 ОГРАНИЧЕЊА У РАДУ ПУМПИ

Ограничења броја обртаја вратила пумпи последица је конструкцијских решења. При минималном броју обртаја пумпе проток пумпе је једнак суми протока губитка, па корисног протока нема. При повећању броја обртаја вратила пумпе повећава се отпор струјања течности у усисном каналу, смањује се проток и постоји опасност од појаве кавитације. Уколико пумпа ради на мањем броју обртаја повећава јој се век трајања док се при већем броју обртаја век трајања смањује због трошења делова.

Кавитација у пумпи је последица ниског притиска у усисном воду пумпе. Има три фазе и манифестује се шумовима и буком и као последица настају оштећења на деловима пумпе. Избегавањем конструкције наглих прелаза смањује се опасност од кавитације. Могућност појаве кавитације је такође одређена и висином са које пумпа усисава радну течност.

Ограничење притиска

Притисак у пумпи може теоретски бити било који иограничен је могућношћу заптивања радних комора и саме пумпе. Повећање притиска значи повећање снаге и смањење масе и габарита пумпе али и смањење века трајања пумпе.

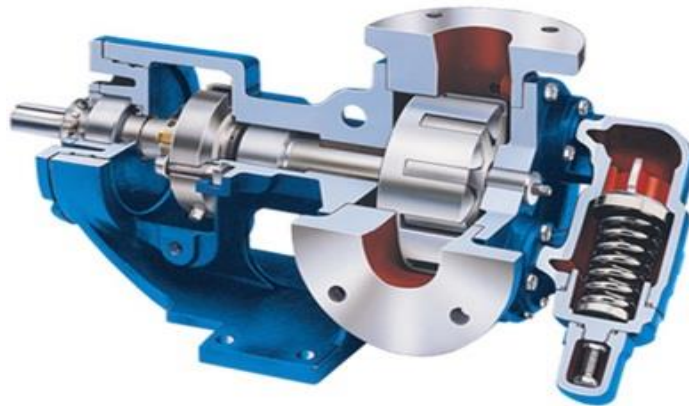
Неравномерност протока и притиска у пумпи је такође последица конструкцијског решења. Ако се проток пумпе мења од Q_{min} до Q_{max} а средња вредност је Q_r , коефицијент неравномерности протока је $b_p = (Q_{r_{max}} - Q_{r_{min}}) / Q_r$. Неравномерност протока код савремених пумпи износи око 20 %. Неравномерност притиска није само последица пулзације протока већ и лоше конструкције механизма за развођење течности и то у моменту прелаза из зоне усисавања у зону потискивања.[3]

3. ЗУПЧАСТЕ ПУМПЕ

3.1 Дефиниција, подела и примена

Зупчaste пумпе спадају у групу запреминских пумпи код којих су радни елементи за потискивање течности зуби зупчаника. Запремина течности која се потискује је ограничена бројем и величином међузубља зупчаника и бројем обртаја зупчаника у јединици времена. Један од два зупчаника је погонски и он погон добија најчешће од електромотора а може још добити и од мотора SUS. Зупчаници су међусобно спрегнути и крећу се зависно један од другог у супротним смеровима. Смер обртања зупчаника одређује усисну и потисну страну пумпе. До усисавања течности у усисном делу долази због стварања подпритиска (вакума) а затим се преко међузубља погонског и погоњеног зупчаника транспортује до потисног дела. Притисак течности током целог

њеног пута расте, најнижи је у међузубљу у уписном делу а највиши када дође до потисног дела тј излази из пумпе.[2]



Слика 3.1) Пресек зупчасте пумпе

Зупчасте пумпе могу бити:

1) Са спољашњим озубљењем

2) Са унутрашњим озубљењем



Главне карактеристике зупчастих пумпи:

- 1) Једноставна конструкција (2 ротирајућа елемента)
- 2) Једноставно одржавање
- 3) Велики капацитет
- 4) Чврста конструкција
- 5) Пумпање течности различитог вискозитета

Примена

Зупчасте пумпе имају велику примену у свим областима индустрије.[4]

Петрохемијска индустрија



Зупчасте пумпе имају велику примену петрохемијској индустрији. Пумпе са великим капацитетом се користе и за истовар цистерни са минералним уљима, асфалтом, асфалтном емулзијом. Могу се користити за транспорт течног уља до котлова

Хемијска индустрија



Зупчасте пумпе се користе за транспорт вискозних течности (сапуна, шампона, крема), за транспорт течности у производњи АБС киселина, алкохола и силицијума. Такође се користе и за пумпање лепка и смоле који се користе у производњи дрвених панела. Неке пумпе се користе и за транспорт угљених хидрата, синтетичке смоле и стаклене воде.

Прехрамбена индустрија

Користе се углавном за: транспортуља, масти, желатина, чоколаде, ликера, карамеле, меда, пудинга, раствор шећера, глукозе сирупа ...





Графичка индустрија

Процес припреме одговарајуће боје настаје мешањем специфичних боја или пигмената у специфичним пропорцијама. Зупчасте пумпе су савршене у процесу пумпања различитих пигмената.

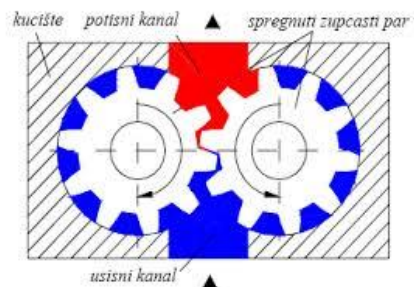
Производња битумена

Користе се за производњу битуменских емулзија постоје пумпе за чист битумен и са еластомерима. Током процеса рада пумпа не мења структуру течности. Посебно су погодне за дистрибуцију битумена због константног и равномерног протока, могућности регулисања капацитета. [4]



3.2 ЗУПЧАСТЕ ПУМПЕ СА СПОЉНИМ ОЗУБЉЕЊЕМ

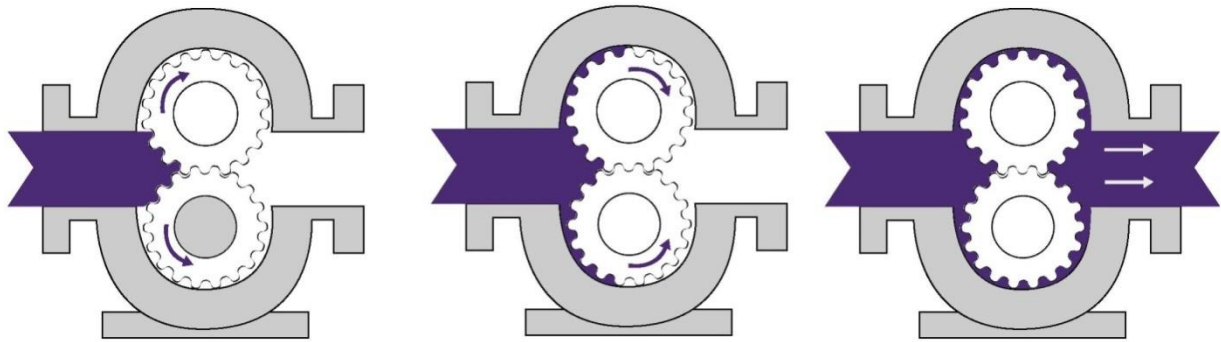
Зупчаста пумпа са спољним озубљењем је шематски приказана на слици 3.2. Главни механизам за потискивање течности чине два зупчаника која су спрегнута и која се обрћу у супротним смеровима. Радну комору чини простор између зуба и равна површина којом је тај простор затворен са задње и предње стране и део цилиндричне површине кућишта који тај простор затвара по ободу зуба. [3]



Слика 3.2 Шематски приказ зупчасте пумпе са спољним озубљењем

Принцип рада се састоји из три корака:

- 1) Због излаза зубаца из захвата пумпе на усисном делу се ствара подпритисак, затим течност улази у шупљине и остаје заробљена зубцима зупчаника док се ротирају.
- 2) Течност путује око унутрашњости кућишта у џеповима између зуба и кућишта, не пролази између зупчаника.
- 3) Течност ношена ротацијом спрегнутих зуба долази до потисног дела где се истискује у потисни вод.



Иако су зупчасте пумпе израђене тако да делују да могу вршити транспорт течности у оба смера, постојеће пумпе су изведене конструктивно за само један смер ротације, потисна страна пумпе је профилисана тако да се може извести ефикасно одвођење течности и на тај начин растерети корен међузубља док је усисна страна израђена да су губици енергије минимални а зона усисавања довољно велика. [3]

Препоручене вредности радног притиска крећу се до 200 bar, број обртаја се креће од 1000–2000 o/min. Ниво буке превазилази 70 dB (децибела) и последица је конструкције пумпе.

Предности су:

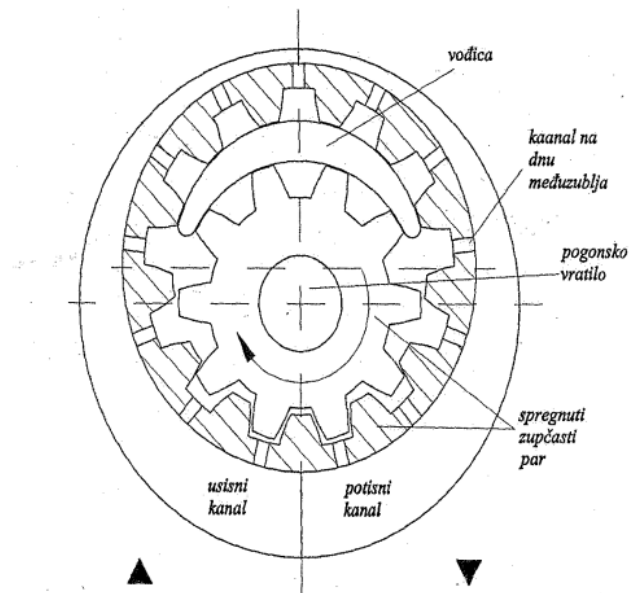
- 1) Велика брзина
- 2) Висок притисак
- 3) Вема оптерећења носивости
- 4) Релативно тих рад

Основни недостаци ових зупчастих пумпи су:

- 1) Веома се тешко уграђују елементи за регулацију капацитета
- 2) Имају нагли пад коефицијента корисног дејства код пораста температуре
- 3) Висок степен неравномерног потискивања флуида.

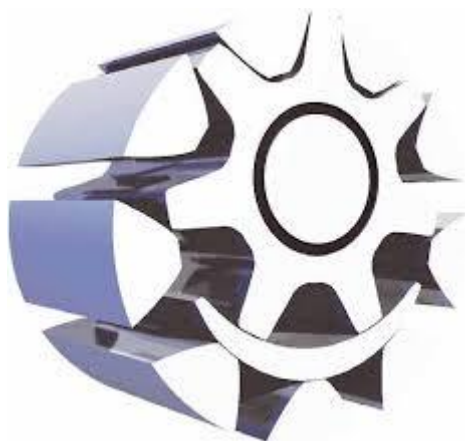
3.3 ЗУПЧАСТА ПУМПА СА УНУТРАШЊИМ ОЗУБЉЕЊЕМ

Зупчаста пумпа са унутрашњим озубљењем остварује запреминско потискивање помоћу једног зупчаника са унутрашњим озубљењем који је већег обима унутар којег се обрће мањи зупчаник са спољашњим озубљењем. Основни делови зупчасте машине су приказани на шематском приказу зупчасте пумпе



Слика 3.3 Шематски приказ зупчасте пумпе са унутрашњим озубљењем

Мотор у комори пумпе покреће већи зупчаник са унутрашњим озубљењем који покреће помоћу зубаца у њиховој додирној тачки, ексцентрично позициониран мањи зупчаник са спољашњим озубљењем. Усисавање, пренос и потискивање течности се врши на исти начин као и код зупчастих пумпи са спољашњим озубљењем.



Слика 3.4 Зупчаница са унутрашњим озубљењем



Резултат конструкције ове пумпе доводи до способности усисавања односно пуњења главе пумпе. Приликом обртања оба зупчаника течност се потискује са стране усисне стране према потисној грани у међузупчаним просторима зупчаника. Део овог механизма је и преграда у облику полумесеца који је смештен насупрот малог зупчаника унутар коморе пумпе, та преграда помаже у заробљавању течности између зубаца зупчаника и спречава њен повратак у усисни део коморе. Течност излази из главе пумпе захваљујући притиску који је генерисан од стране ротора и зупчаника.

Ова пумпа нема механизам за управљање што значи да се смер потискивања, величина протока и радни притисак не могу у току рада мењати односно ово је пумпа константне радне запремине. Имају миран и тих рад али због сложене технологије израде и самим тим веће цене налазе мању примену од зупчастих пумпи са спољним озубљењем.

Постоје испецијалне изведбе зупчастих пумпи као што су зупчасте пумпе са три зупчаника од којих је један погонски а два погоњена. Имају две усисне (P) и две потисне (P) стране које међусобно могу бити и спојене и одвојене.

Карактеристика зупчастих пумпи типа PL су дате у табели 3.1. У колико би потребан проток за неки хидраулични систем био 30 l/min а максимални притисак 170 bar, док се пумпа погони 1440 o/min . Потребно је одабрати зупчасту пумпу према подацима који су дати у табели.

Табела 3.1 Карактеристика зупчастих пумпи типа PL

Pumpa	Specificna zapremina	Maksimalni pritisak (bar)	Br obrtaja vratila, min	Br obrtaja vratila, max	Protok pumpe pri 1500 min ⁻¹
OPL 003	1,22	280	500	4000	1,5
OPL 004	1,63	280	500	4000	1,95
OPL 006	2,18	280	500	4000	2,91
OPL 008	2,87	280	500	4000	3,95
OPL 011	3,81	280	500	4000	5,32
OPL 013	4,46	280	500	4000	6,27
OPL 015	5,14	280	500	4000	11,73
1 PL 020	7,02	250	500	3000	10,13
1 PL 028	16,76	250	500	3000	24,5
1 PL 060	19,2	250	500	3000	28,1
1 PL 072	22,84	210	500	3000	33,6
1 PL 090	22,71	250	500	2500	33,45
2PL 090	28,77	250	500	2500	42,45
2PL 105	33,23	250	500	2500	49,1
2PL 120	37,65	250	500	2500	55,91
2PL 146	45,5	210	500	2500	67,32
2PL 158	49,35	210	500	2500	73,05
3PL 150	47,08	250	500	2500	68,9
3PL 180	56,2	250	500	2500	82,5
3PL 210	65,26	250	500	2500	96,1
3PL 250	77,19	250	500	2500	114,1
3PL 300	92,08	175	500	2500	136,6
3PL 330	101,77	160	500	2250	150,9
3PL 380	116,85	140	500	2250	173,5

Решење

Потребни теоријски проток је $Q_{tp}=30 \text{ l/min}$

Стварни проток пумпе је увећан за 10 % и има вредност $Q_p=30+3=33 \text{ l/min}$

Максимални радни притисак је 170 bar, а вентил сигурности се поставља на 10% већу вредност: $P_v=170+17=187 \text{ bar}$.

На основу ових параметара мора се одабрати пумпа са протоком приближно 33 l/min, код броја обртаја 1440 о/мин и са радним притиском од 187 bar.

У табели су приказане вредности протока за број обртаја 1500 о/мин. Еквивалентни проток Q_{pe} за погон при 1440 о/мин има вредност:

$$Q_{pe}=Q_p \cdot 1500/1440=33 \cdot 1500/1440=34,375$$

Према подацима из табеле 2 пумпе могу задовољити постављене захтеве:

-1PL072 са номиналним протоком 33,6 l/min при 1500 о/мин - што значи да ће код 1440 о/мин имати 32,256 l/min.

-1 PL090 са номиналним протоком 33,45 l/min при 1500 о/мин - што значи да ће код 1440 о/мин имати 33,072 l/min.

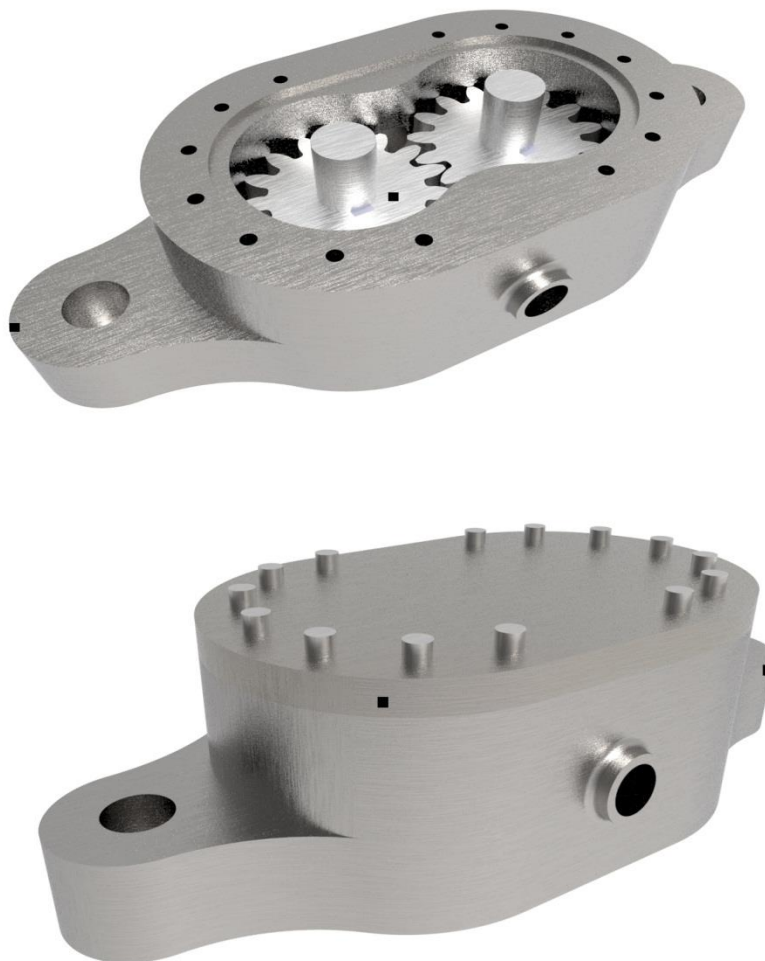
4.Конструктивно техничке карактеристике зупчасте пумпе са спољним озубљењем

У овом одељку биће приказани сви радни органи пумпе као што су зупчаници,кућиште,вратило и клин.

При изради овог дипломског рада коришћен је програм Catia V5 помоћу којег је могуће израдити 3-D модел зупчасте пумпе као и дати 2-D приказ цртежа са комплетном документацијом.[5]

CATIA-ComputerAidedThreeDimensionalInteractiveApplication

(рачунаром подржан тродимензионални програмски пакет)



Слика4.13-Д приказ пумпе рађен у програмима Catiaи Keyshot

4.1 Зупчаници

Зупчаници су главни радни елемент зупчастих пумпи, они су спрегнути и окрећу се зависно један о другом и на тај начин врше потискивање течности. Код зупчастих пумпи користе се цилиндрични зупчаници и за њихову израду користе се две методе:

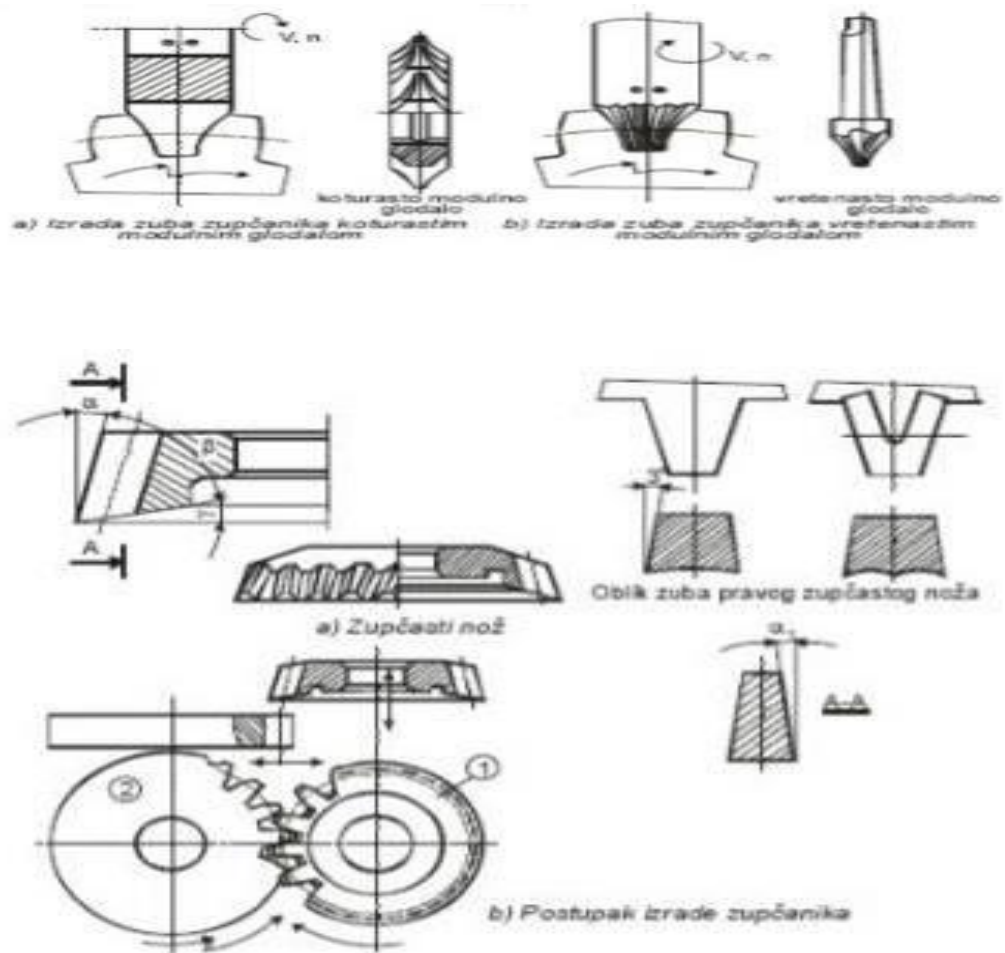
1) Појединачним резањем (зуб по зуб) и

2) Релативним котрљањем

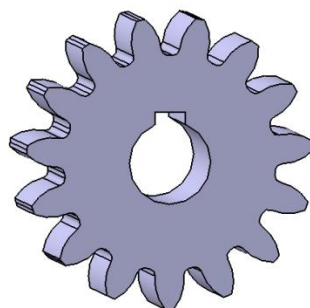
Метод појединачне израде зупчаника користе се само у недостатку специјалних машина. Израду цилиндричних зупчаника појединачним резањем могуће је извршити на универзалним, хоризонталним или вертикалним глодалицама уз примену подеоног апарата. Као алат се користе модулна, вретенаста или катураста глодала. Профил алата одговара профили међузубља зуба зупчаника. Након израде једног међузубља предмет обраде се посредством подеоног апарата заокреће за један корак. Како се при истој вредности модула зупчаника, профил међузубља мења са бројем зуба зупчаника, теоријски би био потребан посебан алат за сваки модул и број зуба. У пракси се за одређени дијапазон бројева зуба зупчаника, при истој вредности модула, користи једно глодало. За сваку вредност модула зупчаника постоји одређена гарнитура глодала. Израда цилиндричних зупчаника рендисањем представља поступак који одликује већа тачност израде у односу на глодање али и мања продуктивност.

Када је у питању серијска производња зупчаника користе се методе засноване на релативном котрљању и то су Фелоуз и Маг метода. Фелоуз (Fellows) поступак израде цилиндричних зупчаника је поступак код кога се као алат користи кружни зупчасти нож који представља вишепрофилни алат у виду зупчаника. Алат 1 на слици б) изводи главно праволинијско кретање у вертикалном правцу уз истовремено помоћно обртно кретање. Предмет обраде (2) изводи континуално помоћно обртно кретање уз периодично праволинијско радијално кретање са циљем примицања предмета обраде и остваривања одговарајуће дубине резања, пре почетка радног хода, односно одмицања предмета обраде пре почетка повратног хода (елиминисање могућих оштећења обрађене површине).

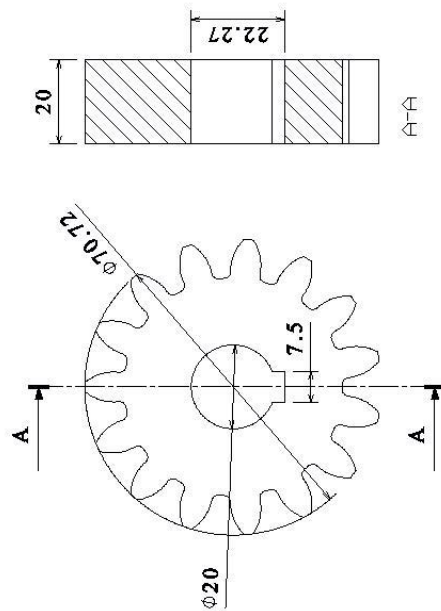
Зупчаници се најчешће израђују од нитрираног челика окаљеног после нитрирања на 750-800HV. Такође могу да се праве и од челика за цементирање.



Слика4.2Поступакизраде зупчаника



Слика4.33-Д модел зупчаника



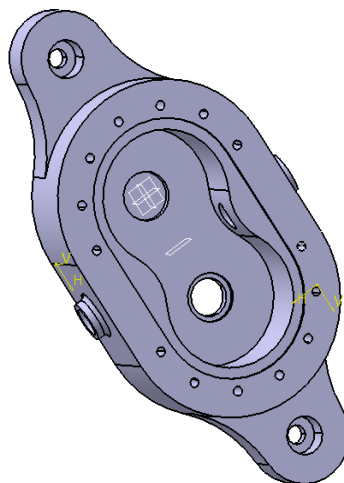
Подаци о зупчанику	У mm
Број зубаца	15
Модул	4,16
Угао нагиба профила зубаца	20 степени
Угао доларације	20 степени
Пречник подножног круга	58,65
Пречник теменог круга	70,72
Пречник основног круга	58,64
Пречник подножног круга	52
Осно растојање	70

Титул-страница (содержит номер)		Центральная заглавная		Центральная заглавная	
Информация				Титул-страница	
				Формат Мат. Размер 1:2	
		Други Оформ. 06.10.2016 г. Ниналға Тұрғынбай		Жаннет Зұпчанник	
		Смарт. Смартф.			
		Оформление (картинка, текст) картинка		Оформление Жаннет	
С.ж.	Писарев	Други	Имя	Имя код	Знаменит.

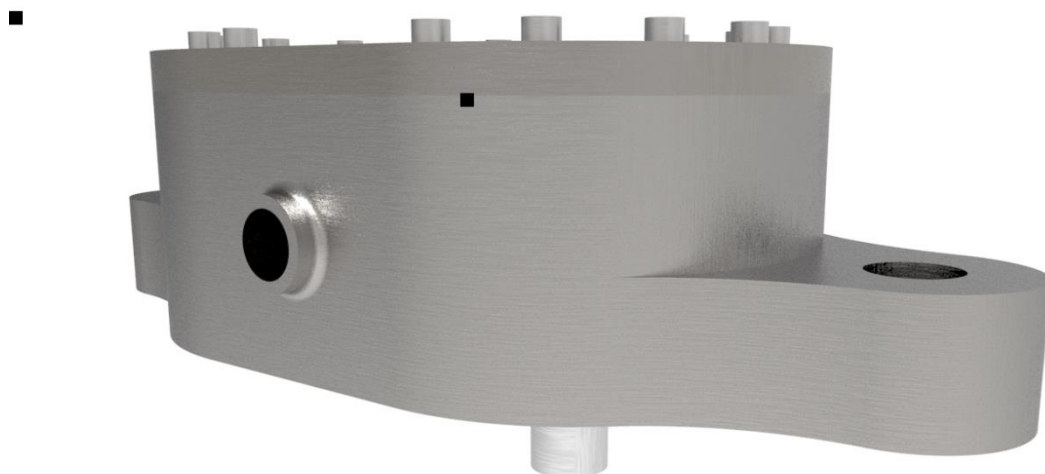
Слика4.4 Радионички цртеж зупчаника

4.2 Кућиште

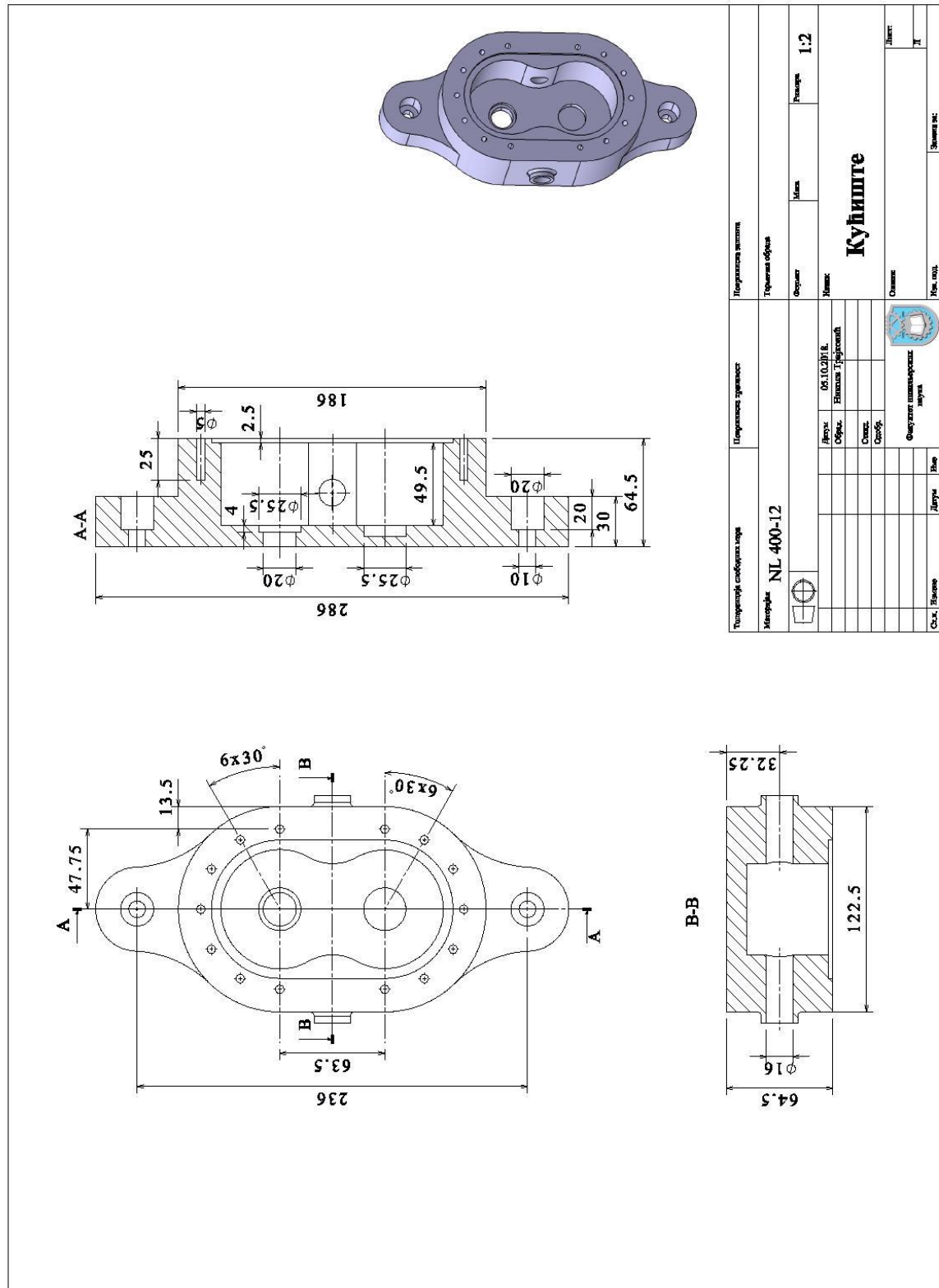
Кућиште пумпе се најчешће израђује од сивог гвожђа.



Слика4.5: *Кућиште зупчасте пумпе*



Слика4.6 *Кућиште са поклопцем у Keyshot програму*



Слика4.7 Радионички цртеж кућишта

4.3 Остали конструктивни делови пумпе

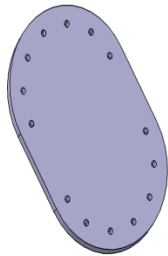
Остали делови конструкције неће бити детаљније излагани већ само побројани са својим основним улогама и 3-Д моделима са радионичким цртежима.

Вратило је елемент преко којег се доводи обртни момент од погонског уређаја

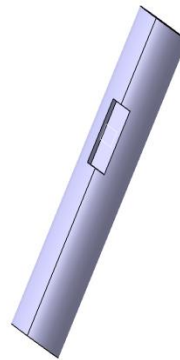
Клин обезбеђује круту везу и служе за спајање, вођење, подешавање и осигуравање делова и склопова машина.

Поклопац има улогу да додатно спречи цурење течности

Заптивке такође имају улогу да спрече истицање течности



Слика4.8Поклопац



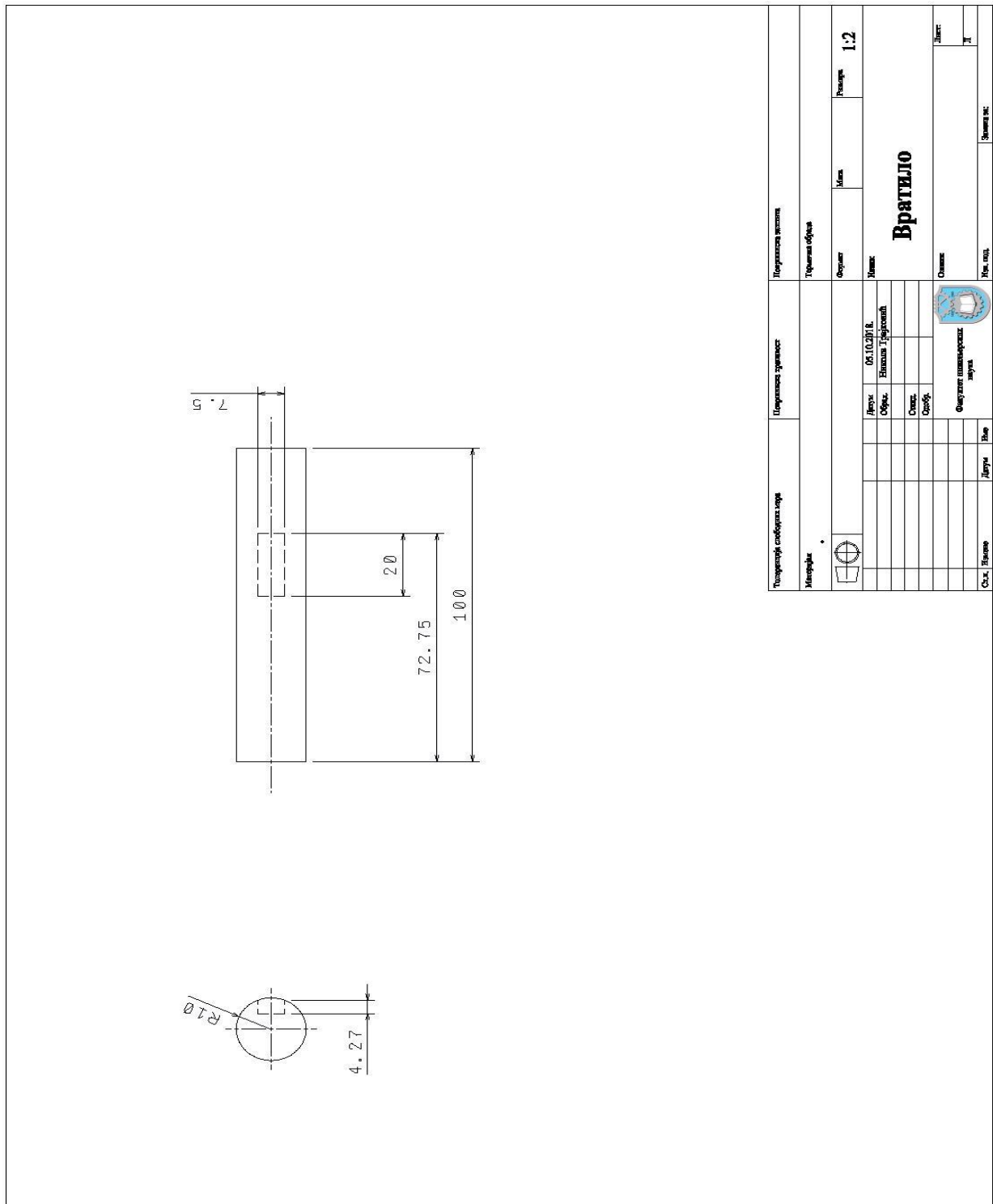
Слика4.9Вратило



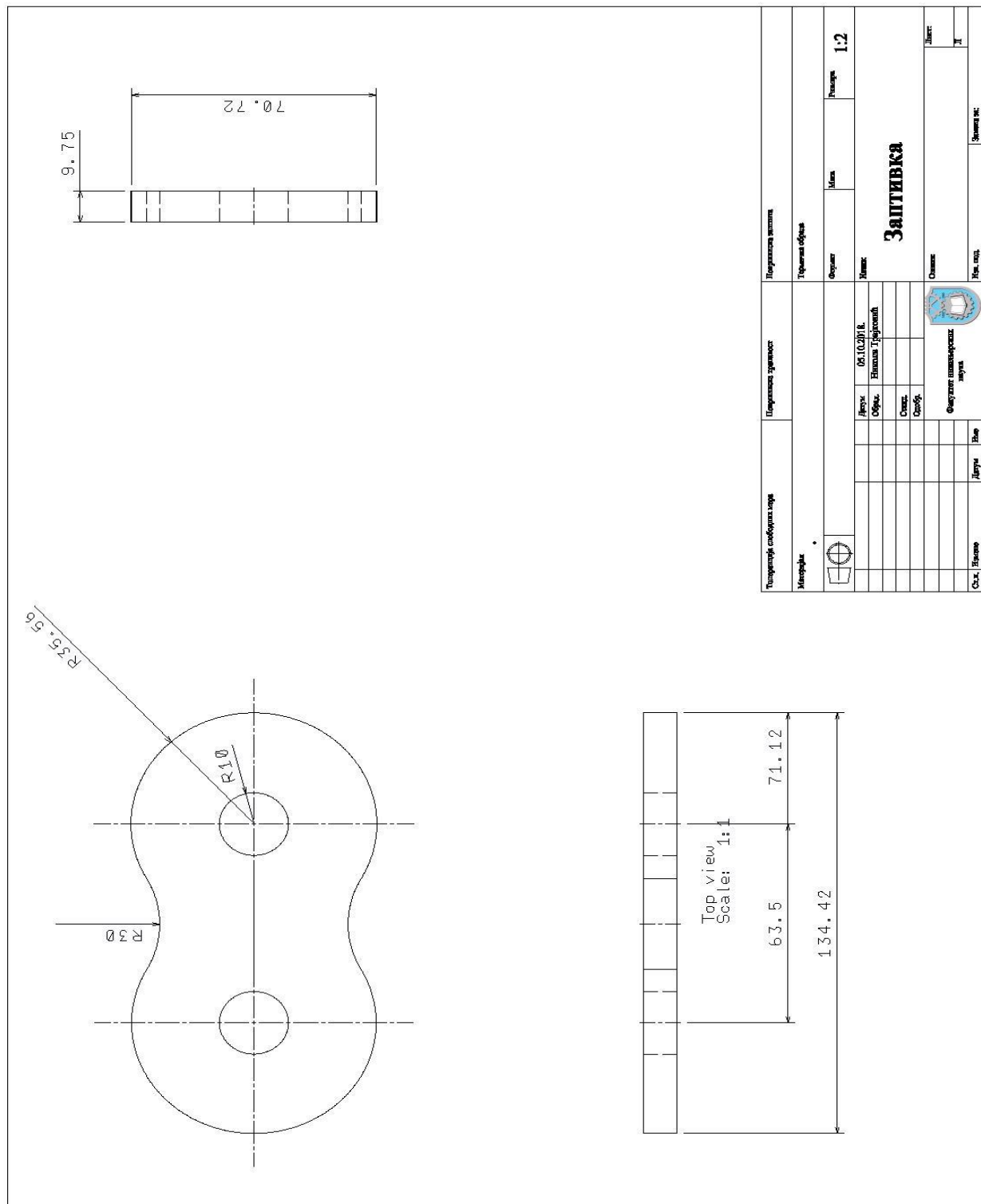
Слика4.10Заптивка



Слика4.11Клин



Слика4.12 Радионички цртеж вратила



Слика 4.13 Радионички цртеж заптивке

4. Експлоатационе карактеристике зупчасте пумпе са спољним озубљењем

5.1 Најоптерећенији делови

Најоптерећенији делови зупчастих пумпи су котрљајућа и клизна лежишта. Оптерећења се јављају услед деловања радијалних сила притисака флуида на зупчанике и деловањем механичких сила које су проузроковане реакцијом на обртни момент. До повећања оптерећење долази код пумпи са високим притиском када долази до захвата уља у међузубљу на местима где зупчаници долазе у захват. Тада врх зуба врши притисак на течност која се налази у међузубљу, стварајући у уљу притисак који је пропорционалан интензитету силе оптерећења и величине површине на коју притисак делује. Сила се преноси на лежаче а долази и до оптерећења зупчаника као и вратила и то моће довести до разарања тих материјала услед замора материјала. Притисак који делује на зупчанике ствара силу чија величина зависи од површине на коју делује тај притисак и тако је по интензитету та сила најмања код усисне а највећа код потисне коморе. [2]

5.2 Век коришћења

Век трајања пумпе је дефинисан као животи век хидрауличних компоненти и функција је брзина, притиска система као и других параметара као што је чистоћа уља. Висок притисак смањује радни век пумпе. Радни век зупчасте пумпе у највећој мери зависи од дефинисаног века најоптерећенијих делова а то су у највећој мери зупчаници. На скраћење радног века пумпе утичу и неодговарајуће карактеристике уља.

5.3 Проблеми при раду пумпе

1.Абнормална бука-Ако је систем изложен буци то би могло бити узроковано аерацијом или кавитацијом.Аерација је технички термин који се користи када је хидраулична течност загађена ваздухом.Ако се то догоди онда ће систем вероватно створити гласно,агресивно ударање док се компресује или декомпресира течност.Други потенцијални симптоми аерације могу укључивати и пенушање течности или чак квар зупчастих пумпи.

Кавитација се јавља када одређена компонента не прими довољно хидрауличне течности.То може довести до тога да притисак у једном делу система падне испод притиска паре које захтева хидраулична течност.Кавитација може проузроковати еродирање метала,што може потом контаминирати довод течности система и довести до трајног оштећења хидрауличних компоненти.

2.Висока температура флуида- ако је температура хидрауличне течности превисока онда то може проузроковати трајно оштећење и убрзати нормалну деградацију самих течности.Тозначи да треба избегавати рад било ког хидрауличног система на температурама које превазилазе 820 степени целзијуса.Такође може проузроковати да одвојене компоненте система мењају температуру различитим брзинама што доводи до високих оштећења.Високе температуре могу бити узроковане било чим што смањује капацитет система за расипање топлоте.Већина система ће се ослањати на свој хидраулични резервоар како би смањили топлоту течности па је неопходно да се уверимо да се течност у резервоару надгледа и одржава на идеалном нивоу.

3.Спора операција-Један од највећих показатеља да нешто није у реду са системом је ако се учини да учинак система пада.Ово се може манифестовати као спорија просечна операција или дуже време циклуса.Важно је запамтити да је у хидрауличном систему ток који одређује брзину актуатора и одговор.Логично је онда губитак брзине и ефикасности једнак губитку протока.Најчешће постоје проблеми који настају као резултат спољашњег или унутрашњег цурења.Спољашње цурење је лако пронаћи,међутим унутар хидрауличне зупчасте пумпе или било ког прикључног вентила или актуатора може доћи до унутрашњег цурења.Оно што је погодно код унутрашњег цурења је то што пад притиска ствара топлоту тако да је инфрацрвени термометар непроцењив уређај у овој ситуацији.Хидраулични проточни ток може бити једнако користан а можда чак и прецизнији па је зато код унутрашњег цурења најпогодније користити оба мерна уређаја.[8]

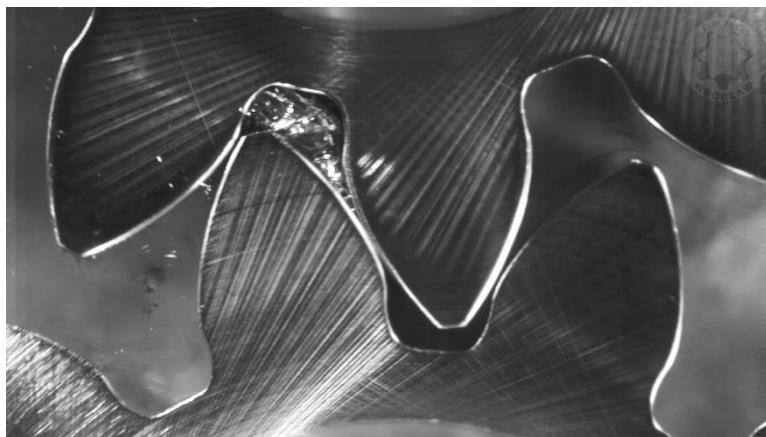
5.3.1 Кавитација у пумпи

Једно од најважнијих својства флуида је да могу да мењају своје агрегатно стање у зависности од спољашних услова којима су подвргнути. Када се флуиду при константном притиску снизи температура до тачке мржњења он ће прећи у чврсто агрегатно стање док се при повећању његове температуре до тачке кључања он прећи у гасовито стање.

Када притисак радне течности падне испод притиска који одговара тачки кључања (сваком притиску одговара тачно одређена температура) на том месту ће се појавити парна фаза (локално кључање). Тако створени мехурићи паре ће се кретати заједно са радном течношћу у зоне већег притиска при чему ће доћи до ишчезавања мехурића. Ова појава се назива кавитација и може да има три фазе:

- 1) Почетна кавитација – њу карактеришу мала висина шума, мала количина кавитацијских мехурова који образују нестационарну кавитацијску зону.
- 2) Делимично развијена кавитација – постојање стационарне кавитацијске зоне одређених размера, долази до повећања буке.
- 3) Потпуно развијена кавитација – долази до прекида рада пумпе, јављају се оштећења, значајно се повећавају шумови и бука.

Код зупчаних пумпи кавитација настаје на улазу у пумпу због пада притиска који стварају зубци зупчаника када излазе из захвата пумпе као и када зубац једног зупчаника излази из међузубља другог зупчаника као што је приказано на слици. [7]



Слика 5.1 Кавитација при спрезању зупчаника

У следећој табели ће бити изложени могући узроци кавитације као неки од решења њеног отклањања.[6]

Табела 5.1 *Узрок настанка и препорука отклањања кавитације*

КВАР	УЗРОК	ПРЕПОРУКА
КАВИТАЦИЈА	Усисни отвор је запушен или је премали	Очистити или заменити
	Пречник усисног вода је мали	Уградити цеви већег пречника
	Има сувише колена у усисном воду	Променити конструкцију усисног вода
	Усисна грана је предугачка	Смањити дужину или изабрати цеви са већим пречником
	Флуид је исувише хладан	Загрејати флуид до препоручене температуре
	Неодговарајући флуид	Заменити одговарајућим флуидом
	Ваздушни одушак је блокиран или је сувише мали	Очистити или заменити део
	Локални отпори у усисној грани, делимично затворен вентил или пуцање цеви	Отворити или подесити вентил, заменити црева...
	Отказ помоћне пумпе	Поправити или заменити помоћну пумпу
	Пумпа се обрће сувише брзо	Смањити на препоручену брзину
	Пумпа је уграђена исувише изнад нивоа уља	Подесити висину уградње

5.3.2 Растворен ваздух и аерација

Један од проблема код пумпи поред кавитације је и ослобађање раствореног ваздуха из раствора. Када се говори о раствореном ваздуху говори се о ваздуху који ми не можемо видети и који не додаје запремину радној течности нити утиче на њен масени коефицијент. Заузима простор између молекула радне течности.

Количина ваздуха коју одређена течност може држати у раствору је у функцији како притиска тако и температуре и представља физичку карактеристику тог флуида. Ниво вакума за пумпу зависи од произвођача због различитог дизајна приликом израде пумпе. Зато је најсигурнији начин да се верификује прихватљива вредност је да се погледају препоруке произвођача. Поред ваздуха постоји и аерација флуида, то је појава да се ваздух у пумпи појави у виду мехурића и следећом табелом ће бити приказани узроци појаве аерације као и препоруке њеног отклањања. [6]

Табела 5.2 Узрок и препорука отклањања аерације

КВАР	УЗРОК	ПРЕПОРУКА
АЕРАЦИЈА ФЛУИДА	Низак ниво флуида у резервосру	Допунити до потребног нивоа
	Лоша конструкција резервоара	Променити конструкцију
	Повратни вод је изнад нивоа радне течности	Продужити повратну цев испод нивоа флуида
	Неодговарајући флуид	Заменили одговарајућим флуидом
	Заптивач вратила пумпе је похабан или оштећен	Помоћни заптивач
	Спојеви на усисном воду пропуштају ваздух	Заменили или затегнути спојеве
	Порозно усисно црево	Променити црево
	Неодговарајући одушак	Подесити одушак

5.3.3 Запрљана радна течност

Зупчасте пумпе због своје једноставне конструкције и малог броја делова нису подложне кваровима осим када је у питању црпљење течности са абразивним нечистоћама и у том случају долази до трошења зупчаника и кућишта као и повећања зазора између њих. То доводи до смањења капацитета као и престанка рада пумпе. Због тог разлога се на уписном цевоводу пумпе налази филтер. Дакле један од основних проблема у раду са овим пумпама је запрљана радна течност. Чврсте честице у радној течности проузрокују хабање што повећава цурење и смањује ефикасност пумпе. Талог се формира хемијском реакцијом радне течности као резултат велике температурне промене или кондензације. Ваздух у води и топлота ће такође формирати талог кроз оксидацију што ће такође довести до смањења ефикасности пумпе. Вода у овим пумпама може да доведе до рђања, та рђа ће се касније љуштити у саму радну течност.

5.3.4 Неадекватна радна течност

У хидрауличним системима преноса снаге се као радна течност најчешће користи уље. Вискозност уља углавном зависи од конструкције пумпе. За сваки тип пумпе произвођач дефинише дозвољену границу вискозности. Уколико се користи уље са нижом вискозношћу то може довести до цурења као и до неадекватног подмазивања покретних делова док повећана вискозност доводи до повећања трења и хабања пумпе.

Пошто се зупчасте пумпе користе углавном у свим гранама индустрије могу се конструисати за различите притиске. Због неадекватне радне течности може доћи и до хабања што ће смањити ефикасност пумпе. Зупчасте пумпе користе уља вискозности од 40-80 mm²/s.

Закључак

Након прегледа дефиниција, подела пумпи, запреминских пумпи и њихових радних параметара, као и систематизације зупчастих пумпи на пумпе са спољашњим и унутрашњим озубљењем, изложена је документација зупчасте пумпе са спољним озубљењем.

У раду су приказани 3-Д модели и радионички цртежи пумпе и њених радних органа. Сви 3-Д модели су приказани у софтверу Catia V5.

У последњем поглављу приказане су експлоатационе карактеристике зупчастих пумпи, проблеми који се јављају у њеном раду као и начини отклањања тих проблема.

Литература

- [1] Гордић Душан *Пренос снаге флуидом-Хидраулика*, Машински факултет Крагујевац 2007
- [2] Владимир Савић *Уљна хидраулика*, Зеница, 1987
- [3] Владимир Савић *Хидраулика-увод са примерима управљања*
- [4] www.taplflo.rs, интернет сајт
- [5] Марјановић Ненад *CatiaV5-скрипта предавања*, Машински факултет Крагујевац
- [6] Новаковић Владимир *Конструктивно техничке карактеристике крилне пумпе двоструког дејства*, Дипломски рад, Машински факултет Крагујевац 2005
- [7] Деспотовић Милан *Пројектовање хип машина*, скрипта, Машински факултет Крагујевац
- [8] www.flowfitonline.com, интернет сајт