

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Стефан С. Милојевић

Подмазивање ланчаних преносника
завршни рад

Крагујевац, 2016.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Механички преносници

Број индекса: 108/2013

Стефан С. Милојевић

Подмазивање ланчаних преносника завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доц. др Блажа Стојановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да прикаже основне карактеристике ланчаних преносника. Тежиште рада односи се на подмазивање ланчаних преносника. У оквиру подмазивања кандидат треба да да основне информације о мазивима са посебним освртом на подмазивање ланчаних преносника. Такође, кандидат треба да изврши прорачун задатог ланчаног преносника и да препоруку за избор мазива и начин подмазивања.

Препоручена литература:

- [1] Б. Стојановић, М. Благојевић: Механички преносници, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2015.
- [2] В. Николић: Машински елементи, Машински факултет, Крагујевац, 2004.
- [3] С. Танасијевић: Основи трибологије машинских система, “Научна књига“, Београд, 1989.

Крагујевац, сеп. 2016

Ментор:
Доц. др Блажа Стојановић

Изјављујем да сам овај завршни рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

Стефан Милојевић 108/2013

Садржај :

1. Увод.....	1
2. Ланчани преносници	3
2.1 Основне карактеристике ланчаних преносника.....	3
2.2 Врсте ланаца и њихове основне карактеристике	4
3. Подмазивање ланчаних преносника	8
4. Мазива за подмазивање ланчаних преносника.....	14
4.1 Подмазивање ланаца течним мазивима	14
4.2 Подмазивање ланаца тврдим мазивима	18
4.3 Специјална мазива за подмазивање ланаца	19
5. Начини подмазивања	20
6. Пример прорачуна ланчаног преносника са препоруком за избор мазива.....	23
6.1 Прорачун основних параметара.....	23
6.2 Провера степена сигурности ланца	24
6.3 Провера површинског притиска.....	25
6.4 Основне геометријске и кинематске величине ланчаника	26
6.5 Препоруке	30
7. Закључак.....	31
8. Литература	32

Abstract

In the work chain drives have been presented, also their advantages and disadvantages, as well as their field of application. The types of chains have been given, as well as their main characteristics. The types and ways of lubrication, as well as the importance of proper and timely lubrication, and the consequences of improper lubrication have been listed so as to provide a proper introduction to the subject. Also mentioned are the types of lubricants which are used, their characteristics as well as the explanation for choosing the proper lubricant. At the end of the work is the calculation of the specific use of some lubricant.

Key words: chain, chain drive, lubrication, lubricant, mineral oil, synthetic oil

Резиме

У раду су приказани ланчани преносници, њихове предности и мане, као и област примене. Дате су врсте ланаца и њихове основне карактеристике. Као бољи увод у тему наведене су врсте и начини подмазивања као и сама важност правилног и правовременог подмазивања односно последице погрешног подмазивања. Наведене су врсте мазива која се користе, њихове карактеристике као и објашњење за избор одговарајућег мазива. На крају рада налази се прорачун са конкретном применом неког мазива.

Кључне речи: ланац, ланчани пренос, подмазивање, маживо, минерална уља, синтетичка уља

1. Увод

Механички преносници су механизми који служе за пренос механичке енергије, уз промену брзине кретања и одговарајућу промену обртног момента, а понекад и уз промену облика и закона кретања. У општем случају механички преносници се користе за велике снаге и за постизање великих преносних односа између улазног и излазног вратила преносника. Механички преносник састоји се од једног или више различитих преноса. Механичка енергија се преноси преко машинских делова разних врста и облика, међусобним додиривањем или спрезањем. Ови машински делови чине радне или посредничке органе преноса или преносника. Механички преносници снаге деле се на:

- фриксионе,
- зупчасте,
- каишне (ремене) и
- ланчане.

Под основним карактеристикама механичког преносника подразумева се:

- радни преносни однос преносника,
- општа једначина кретања преносника,
- оптерећење преносника (снага, обртни momenti и степен искоришћења) и
- закони промене оптерећења радних органа преносника, режим оптерећења преносника.

У радне органе преносника или преноса улазе: фриксиони точкови, зупчаници, каишници и ланчаници. У посредничке органе улазе: каиш и ланац, а понекад (код преносника са сателитом) и фриксиони точкови, односно зупчаници. Према броју парова радних органа преносника, разликују се:

- једностепени преносници и
- вишестепени преносници (са више једнаких или различитих преноса).

С обзиром на кретање оса радних органа преносника у простору, механички преносници могу бити:

- са непокретним осама радних органа преносника (стални и прикључни преносници) и
- са покретним осама сателита (планетарни и диференцијални преносници).

Према сложености механичке преноснике можемо поделити на:

- једноставне и
- сложене преноснике (са више различитих преноса или преносника).

Према међусобном положају оса улазног и излазног вратила, преносници могу да буду:

- са паралелним осама,

- са осама које се секу и
- са осама које се мимоилазе.

Тип преносника зависи од вредности радног преносног односа преносника i , тј. од односа угаоне брзине погонског – улазног радног органа и угаоне брзине гоњеног – излазног радног органа преносника. Узимајући у обзир ове зависности разликујемо следеће типове преносника:

- редуктор - радни преносни однос i је непроменљив и већи од један па преносник смањује (редукује) угаону брзину, односно број обртаја идући од улазног ка излазном радном органу;
- мултипликатор - радни преносни однос i је непроменљив и мањи од један па преносник увећава (мултиплицира) угаону брзину, односно број обртаја идући од улазног ка излазном радном органу;
- варијатор брзине (варијатор) - угаона брзина, односно број обртаја излазног радног органа преносника мења се у одређеном дијапазону регулисања континуално са безброј промена угаоне брзине. [1]

2. Ланчани преносници

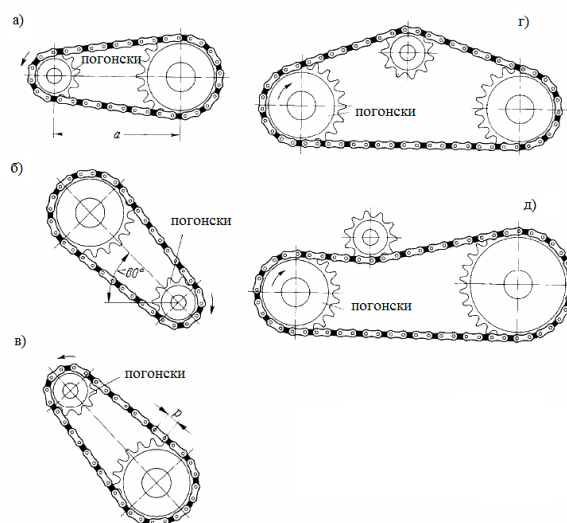
По својим карактеристикама ланчани преносници налазе се негде између зупчастих и каишних преносника, односно у великој мери обједињавају њихове позитивне карактеристике. Пренос снаге остварује се посредно помоћу обвојног елемента - ланца, који преко ланчаника повезује два међусобно удаљена паралелна вратила. Због своје поузданости и економичности у раду имају широку примену пре свега код бицикла, моторцикла, мотора, пољопривредних машина, рударских и грађевинских машина, алатних машина, текстилних машина, штампарских машина, код машина за прераду дрвета, и код транспортних уређаја. [2]

2.1 Основне карактеристике ланчаних преносника

У примени ланчани преносници имају одговарајуће предности али и недостатке. Предности примене ланчаних преносника су: мале димензије, пренос снаге обвојним елементом - ланцем без проклизавања, релативно дуг радни век, висок степен искоришћења ($\eta = 0,98 - 0,99$), мали трошкови одржавања, мало оптерећење вратила и лежачева, неосетљивост према повишеним температурама и влази и могућност повезивања већег броја паралелних вратила једним ланцем.

Недостаци ланчаних преносника су: хабање елемената ланца услед чега долази до повећања корака односно издужења ланца, неравномерност брзине гоњеног ланчаника у току једног обрта, нееластични пренос обртног момента, повезивање само међусобно паралелних вратила, скупљи су у односу на ремене преноснике и стварају буку у току рада.

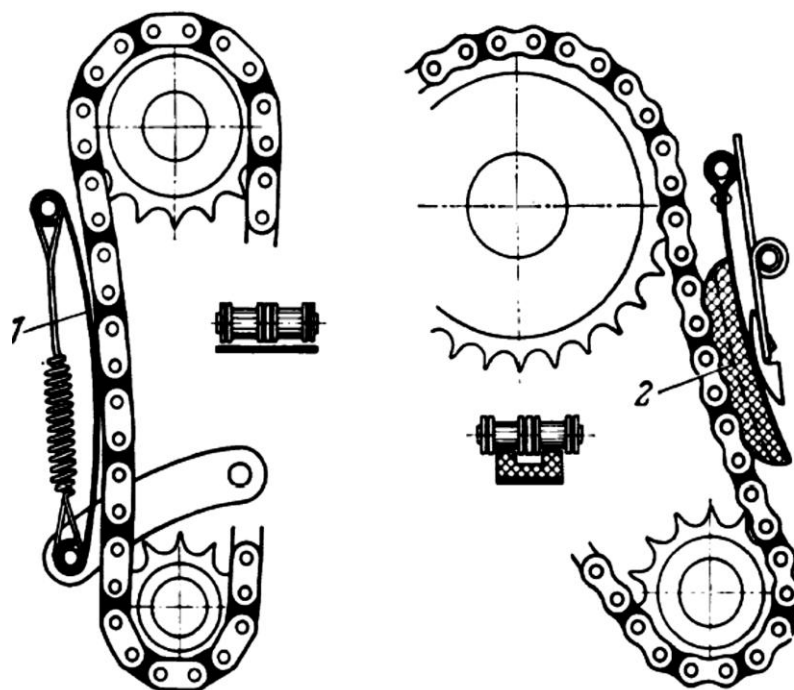
На слици 2.1 приказане су могућности извођења ланчаних парова. Ланчани преносници најчешће имају хоризонтални (а) или нагнути положај. Повољније је да вучни огранак буде са горње стране. Нарочито неповољан је вертикални положај ланца јер доводи до лошег захвата на доњем ланчанику. Због тога је за угао нагиба ланца већег од 60° (б, в) и код вертикалног положаја неопходна примена затезног ланчаника (г, д). И за случај погона већег броја ланчаника односно вратила такође је неопходна примена затезног ланчаника.



Слика 2.1. Могућности извођења ланчаних парова [2]

Примену ланчаних преносника за пренос снаге између вертикалних вратила треба избегавати због интензивног хабања ламела код ланца и чеоних површина ланчаника. У случају примене за овај положај вратила потребно је обезбедити одговарајуће вођење ланца. Због издужења ланца у току рада, неопходно је обезбедити механизам за накнадно притезање. У пракси се то најчешће остварује преко затезног ланчаника или предвиђањем могућности подешавања осног растојања.

Код вертикалног положаја ланца или код погона са ударним оптерећењима (на пример код клипних машина), долази до осциловања ланца и немирног рада. Због тога се код таквих ланчаних преносника уграђује пригушивач осцилација. На слици 2.2 приказан је пример ланца са пригушивачем осцилација [2]



Слика 2.2. Пример ланца са пригушивачем осцилација [2]

2.2 Врсте ланца и њихове основне карактеристике

Сви ланци који се налазе у примени у пракси могу се поделити на ланце са карикама и ланце са зглобовима (зглобни ланци). Ланци са карикама служе махом за подизање терета и о њима овде неће бити речи.

Према улози у машинама ланчани преносници се деле на :

- погонске,
- теретне и
- вучне.

Погонски ланчани преносници користе се за највеће снаге при максималним брзинама. Један погонски ланчаник може истовремено да погони више гоњених. Ови ланчани преносници имају најширу примену.

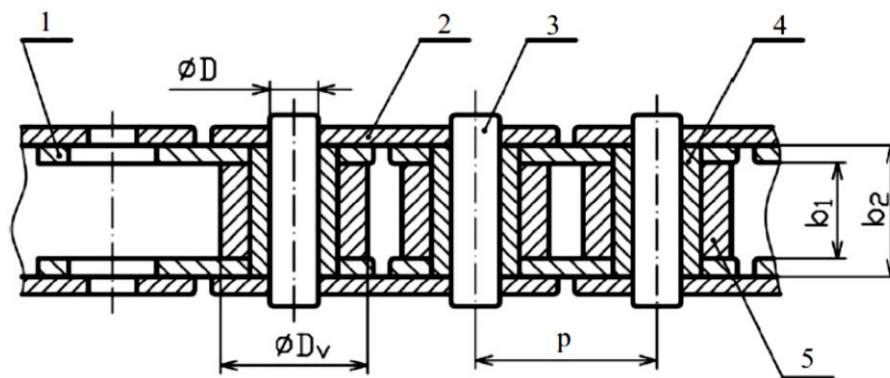
Теретни ланчани преносници се користе за подизање терета код дизалица, за витла, котураче и сличне уређаје. Користе се за велика оптерећења и мале брзине.

Вучни ланчани преносници користе се за погон елеватора, транспортних трака и уређаја, и за сличне потребе.

Према конструкционом изгледу, ланчане преноснике делимо на:

- ваљкасте,
- чаурасте,
- зупчасте,
- растављиве зглобне ланце,
- ротари ланце,
- специјалне ланце и
- ланце за спајање.

Ваљкасти ланци имају најширу примену од осталих ланчаних преносника. Чланак ваљкастог ланца се састоји из унутрашње ламеле (1), спољашње ламеле (2), осовинице (3), чауре (4) и ваљка (5). На слици 2.3 приказан је ваљкасти ланац.

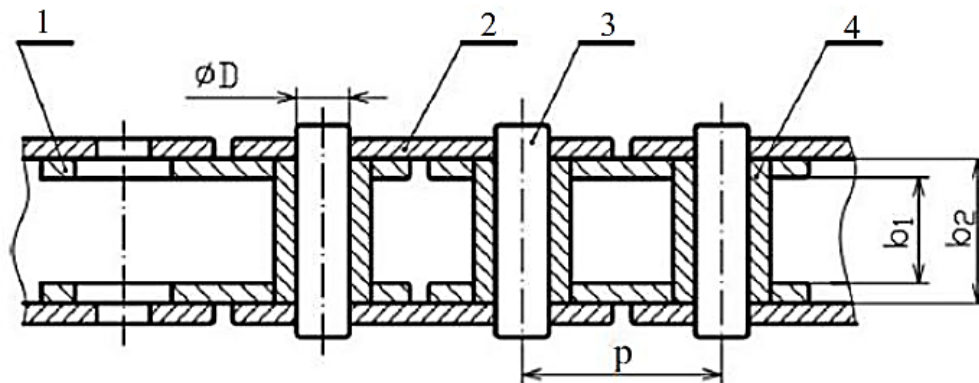


Слика 2.3. Ваљкасти ланац [3]

Основни параметар ланца је корак p који има стандардне вредности. Остали геометријски параметри су: b_1 - унутрашња ширина чланака, b_2 - спољашња ширина чланака, D - пречник осовинице, D_v - пречник ваљка. Вредности наведених параметара зависе и одређени су кораком ланца p .

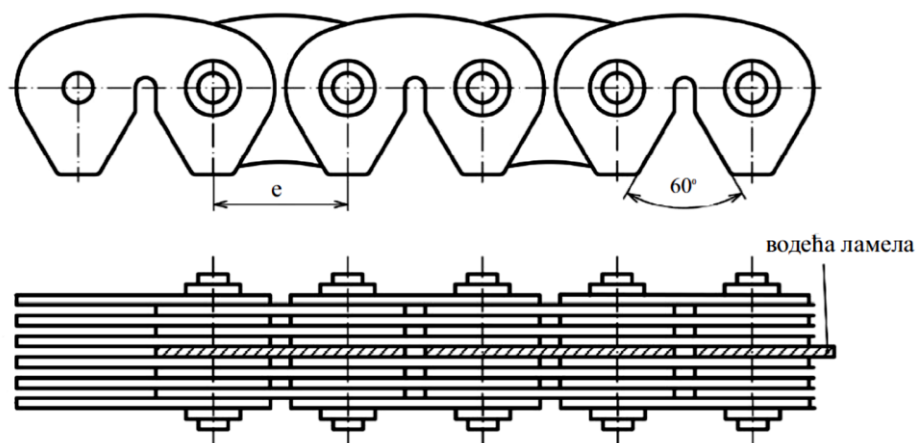
Да би ланац правилно функционисао потребно је да између ваљка и чауре буде лабаво налагање (да постоји зазор), а да је чврсто налагање (да постоји преклоп) између чауре и унутрашње ламеле и између осовинице и спољашње ламеле. Мере и облици ланца и ланчаника прописани су стандардима. Израђују се као једноредни и вишередни (екстремно и до 24 реда), тако да могу пренети снагу и преко 1000 kN, а могу се применити за обимне брзине и до 30 m/s. Поред ових ланца постоје и ланци са ваљцима са дугим чланцима (DIN 8181 и DIN 8189), као и ланци са чланцима посебног облика за примену код транспортних система. Ови ланци се примењују за обимне брзине до 3 m/s. Ланци са дугим чланцима користе се за мања оптерећења и ниже бројеве обртаја, код већих ланчаника и код већих осних растојања.

Чаурасти ланци су слични ваљкастим, с тим што немају ваљке. На овај начин се повећава носећа површина и смањује специфичан притисак између чауре и осовинице. Између осовинице и чаурице налагање је лабаво (постоји зазор). Користе се за мања оптерећења и мале брзине до $0,5 \text{ m/s}^2$ и то као теретни и транспортни ланци за рад са смањеном буком у чистој средини. Чаурасти ланци су дефинисани стандардом. На слици 2.4 приказан је чаурасти ланац.



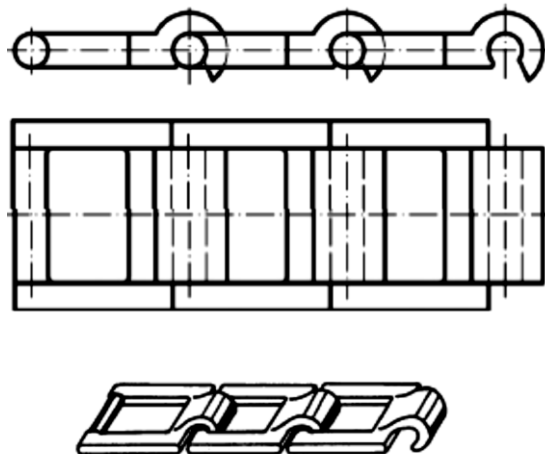
Слика 2.4. Чаурасти ланац [3]

Зупчасти ланци су после ланаца са ваљцима најчешће коришћени погонски ланци. На једној осовиници постављен је већи број ламела при чему је свака друга ламела наизменично повезана са суседним осовиницама. Свака ламела има по два зупца чији спољашњи носећи бокови граде угао од 60° . Ламеле су израђене од челика за побољшање са довољном прецизношћу, тако да при спрезању ланца са ланчаником не постоји клизање бокова зубаца. У ланцу може бити уграђен већи број ламела чиме се повећава његова носивост. Ради повећања отпорности у односу на хабање, у отворе ламела постављају се термички обрађене чауре. Да не би дошло до бочног бежања ланца са ланчаника потребно је обезбедити одговарајуће вођење ланца. У ту сврху служе специјално израђене ламеле за вођење, које су без зубаца и могу бити постављене по једна у средини или по две са стране. На ланчанику се при томе израђују одговарајући жлебови. Код уских ланаца користи се спољашње вођење (чиме се избегава слабљење ланчаника због жлеба у средини), а код ширих ланаца и великих брзина унутрашње вођење. Ланце са зупцима одликује миран, скоро бешуман рад, али су зато скупљи у односу на ланце са ваљцима, захтевају прецизну израду и пажљивије одржавање. Користе се код великих брзина ланаца и то као погонски ланци. На слици 2.5 приказан је зупчасти ланац.



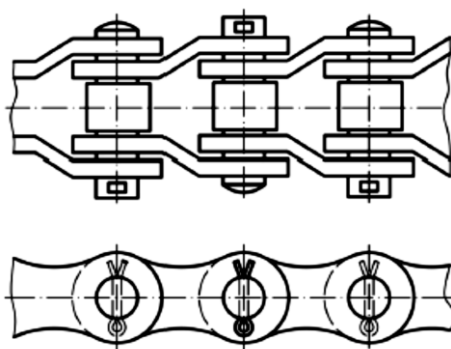
Слика 2.5. Зупчасти ланац [3]

Растављиви зглобни ланци су ланци који на једном крају имају уграђену осовиницу која чини зглобну везу са на другом крају припремљеним седлом. Раде се од темпер лива са корацима од 22 mm до 148 mm за затезну силу од 0,3 kN до 32 kN. То су теретни ланци који се користе код пољопривредних машина и за транспорт терета. На слици 2.6 приказан је растављиви зглобни ланац.



Слика 2.6. Растављиви зглобни ланац [3]

Ротари ланци се конструкционо изводе и као ланци са ваљцима, али имају савијене ламеле које их чине еластичним и погодним за пријем ударних оптерећења. Користе се за брзине ланаца до 17 m/s и то пре свега код багера и машина за бушење у нафтној индустрији. Ламеле су међусобно идентичне тако да могу да се раде са произвољним бројем чланака. На слици 2.7 приказан је ротари ланац.



Слика 2.7. Ротари ланац [3]

Специјални ланци су они који поред своје основне улоге да пренесу обртни момент, имају додатни задатак да нешто пренесе, померају и сл. Код оваквих ланаца постоје додатни делови у виду посудница, хватача и сл. Специјални ланци се користе код повртарских машина. У хватаче се ставља нпр. расад која се полаже у земљиште. На слици 2.8 приказани су примери специјалних ланаца. [3]



Слика 2.8. Примери специјалних ланаца [3]

3. Подмазивање ланчаних преносника

Правилно и правовремено подмазивање одговарајућим мазивима ланчаних преносника у експлоатацији је један од битних услова за дуги радни век ланаца. Нормални услови рада одређени су присуством мазива у зглобу ланца и на зубу ланчаника. Правилним подмазивањем повећава се отпорност на хабање и ублажава удар чланка о зубе ланчаника. Добро подмазивање повећава степен корисног дејства, смањује загревање ланаца, шум ланчаног преноса и повећава век трајања. Као резултат тога, ланци који нису довољно подмазани не могу бити подвргнути веома великим оптерећењима. [4]

Мазива уља садрже две основне групе компонената: базна уља и адитиве различитих функција. Мешањем базних уља одређених вискозних, градација и различитих група адитива добија се широк избор мазивих уља, која се међусобно могу разликовати по намени, реолошким, триболошким и другим радним особинама.

Мазиве масти се могу дефинисати као чврста или получврста мазива настала диспреговањем одговарајућег угушћивача у мазивом уљу. Својства мазивих масти зависе углавном од врсте угушћивача који могу бити сапунског и несапунског порекла. Базна уља, минерална или синтетичка, чине основу свих мазивих уља и мазивих масти и битно утичу на њихове основне особине. Минерална се производе прерадом нафте, а синтетичка хемијском синтезом из различитих компонената.

- Минерална базна уља:

У новије време називају их и конвенционалним. Састоје се од угљоводоника - једињења угљеника (C) и водоника (H). Прерадом парафинских нафти добијају се минерална базна уља парафинске основе. Користе се за производњу моторних, трансмисионих, редукторских, хидрауличних и компресорских уља. Добре особине су им: високе тачке паљења, висока оксидациона и термичка стабилност и високи индекси вискозности. Прерадом нафтенских нафти добијају се минерална базна уља код којих су доминантни конституенти циклопарафини или нафтени. Добра особина им је ниска тачка течења, а непожељне су знатно нижа оксидациона стабилност и ниски индекси вискозности. Због тога се нафтенска базна уља могу користити само за производњу трафо уља и уља за механичку обраду метала.

- Синтетичка базна уља:

Синтетичка базна уља производе се хемијском синтезом из различитих компонената различитим технолошким поступцима. У новије време називају их неконвенционалним базним уљима. У односу на минерална базна уља, боље особине су им: висока оксидациона и термичка стабилност, врло високи индекси вискозности, добре вискозно - температурске особине, ниска испарљивост, низак садржај кокса. Потрошња уља огледа се, у првом реду, испаравањем које је много мање код синтетичког (7%-8%) него код минералног уља (13%-15%). Недостаци су им високе цене и релативно лошија растворљивост конвенционалних адитива. У новије време, базна уља се све више користе за производњу најновијих верзија моторних уља, неких специјалних мазива и радних флуида.

- Рерафинисана базна уља:

Добијају се прерадом коришћених мазивих уља. Она се остварује у неколико фаза: прве су таложење и филтрација, затим следе атмосферска и вакуум дестилација и на крају рерафинација добијених дестилата - најчешће је то обрада водоником. Као секундарна сировина могу се користити самокоришћена моторна, трансмисиона, хидраулична и компресорска уља која се производе искључиво од минералних базних уља парафинске основе. Коришћена уља за обраду метала, трафо уље и синтетичка мазива уља нису погодне секундарне сировине за рерафинацију. Она се након одређене обраде обично користе као индустријско гориво и то у специјалним пећима уз потпуну контролу сагоревања и хемијског састава димних гасова. Рерафинисана базна уља користе се производњу свих врста мазивих уља и масти.

- Биоразградива базна уља:

Последњих година, због захтева заштите животне средине, често се захтева употреба биолошки разградивих мазива. Процес разградње врше микроорганизми, који у идеалном случају трансформишу уља у угљен-диоксид, воду и беланчевине. Минерална уља која се производе из нафте биолошки су тешко разградива. Разградња може трајати месецима па и годинама. Мазива чија се разградња одвија много брже од минералних уља (за свега неколико недеља) називају се биолошко брзо разградивим. Биолошка разградња је могућа увек када су испуњени следећи предуслови:

- присуство микроорганизама,
- присуство кисеоника за дисање микроорганизама,
- присуство азота и фосфорних једињења за исхрану микроорганизама,
- одговарајућа температура, јер се биолошка разградња брже одвија у топлој него у хладној средини и
- мазиво не сме бити загађено материјама које убијају микроорганизме.

Треба имати у виду да ако и разградиве материје продру до подземних вода, биолошка разградња је веома отежана јер је ово подручје тешко приступачно за микроорганизме.

- Масти:

Масти су полутечна или получврста мазива која се користе за подмазивање делова механичких система где уља, као течна мазива, из техничких или економских разлога не задовољавају. Због своје конзистенције и адхезивних особина, масти се боље и дуже задржавају на површинама елемената механичких система. Производе се од базних уља, угушћивача и адитива. Мазиве масти морају да задовоље следеће функције:

- подмазивање,
- заштита од корозије,
- заптивање зарад спречавања уласка нечистоћа и воде и
- компатибилност са заптивкама и другим конструкционим материјалима.

Према врсти базног уља могу се поделити на:

- минералне мазиве масти - најчешће коришћене, чак до 95% индустријских масти,

- синтетичке мазиве масти - за екстремно ниске и високе температуре, за дуже интервале домазивања, итд.
- биоразградиве масти - најчешће се производе од репичиних уља, а користе се тамо где се тражи брза разградња мазива.

Према врсти угушћивача деле се на:

- сапунске (једноставни сапуни метала, литијумове, калцијумове, натријумове, алуминијумове, баријумове...) и
- несапунске (силикатни гел, бентонит, полиуреа).

Према могућности примене деле се на:

- вишенаменске - универзалне масти,
- специјалне масти са додатком чврстих мазива (графитна маст, маст са молибдендисулфидом),
- масти за кугличне или клизне лежајеве и
- масти за зупчанике.

Према подручју радних температура:

- нискотемпературске,
- за нормалну температуру и
- високотемпературске.

Према способности подношења великих оптерећења:

- масти које подносе високе притиске (ЕП масти) и
- масти за нормално оптерећење.

Мазиве масти морају да задовоље следеће захтеве:

- да обезбеде континуирано подмазивање,
- да на ниским температурама остану меке и употребљиве,
- да на високим температурама не долази до капања (издвајања течности),
- да су компатибилне са заптивкама и
- да су оксидационо стабилне пошто је пуњење често трајно.

За производњу мазивих масти користе се иста базна уља као и за моторна и трансмисиона - минерална, хидрокрекована или синтетичка. За биолошки разградиве масти користе се синтетички естри или репичино уље. Да би се постигле посебне особине, као што је на пример заштита од оксидације и корозије, повећање способности заштите од високих притисака и хабања, мазивим мастима се додају одговарајући адитиви од којих су то често молибдендисулфид или графит.

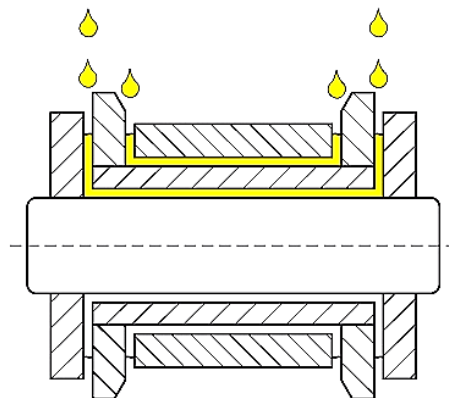
Угушћивачи се у мазивим мастима налазе у облику влакнасте тродимензионалне структуре, по изгледу сличне сунђеру. Задатак угушћивача је да у току производње мазиве масти омогући улаз уља у његову структуру, а у току употребе да успори излаз уља из ње. Угушћивачи у структуру мазиве масти вежу 80%-95% базног уља. Као угушћивачи користе се сапуни литијума, калцијума, натријума, алуминијума, а као

угушћивачи који не садрже сапуне користи се силикатни гел, полиуреа, бентонит (оплеменења глина). У табели 3.1 приказане су карактеристике мазивих масти према типу угушћивача. [5]

Табела 3.1: Карактеристике мазивих масти према типу угушћивача [5]

Угушћивач	Структура масти	Тачка капања, °C	Највиша температура примене, °C	Остале карактеристике
Натријумов сапун	влакнаста	160-200	120	- природна отпорност на рђање - добра адхезивна својства
Калцијумов сапун	глатка	95-100	80	- одлична отпорност на воду - врло добра пумпабилност
Калцујумов комплексни сапун	глатка	>260	150 (синтетичке до 180)	- добра способност подношења високих оптерећења
Литијумов сапун	глатка	185-205	130	- добра отпорност на воду - добра механичка стабилност
Литијумов комплексни сапун	глатка, благо истезљива	>240	150 (синтетичке до 180)	- добра отпорност на воду - врло добра механичка стабилност - врло добра пумпабилност
Алуминијумов комплексни сапун	глатка, геласта	>250	150 (синтетичке до 180)	- одлична отпорност на воду - одлична смична стабилност - врло добра стабилност
Баријумов комплексни сапун	глатка	>230	130	- природна способност подношења високих оптерећења - одлична заштита од корозије - врло добра отпорност на воду и влагу
Полиуреа	непровидна	>250	150 (синтетичке до 180)	- добра оксидациона стабилност - добра отпорност на воду

Статистичка истраживања показују да скоро 60% свих оштећења ланаца је углавном изазвано неподесним системом подмазивања и подмазивањем неодговарајућим мазивом. Само подмазивање може бити повремено или непрекидно. За успешно подмазивање важно је да мазиво продре кроз зазоре спољашње и унутрашње ламеле у простор између осовинице и чауре, као и кроз зазоре унутрашње ламеле и ваљка у простор између чауре и ваљка. Затворена конструкција зглоба отежава продирање мазива у област контактних површина, тако да чак и при обилном довођењу мазива елементи трибомеханичких система раде у условима граничног подмазивања. Правилно подмазивање условљено је конструкцијом зглоба ланца и приказано је на слици 3.1. [4]



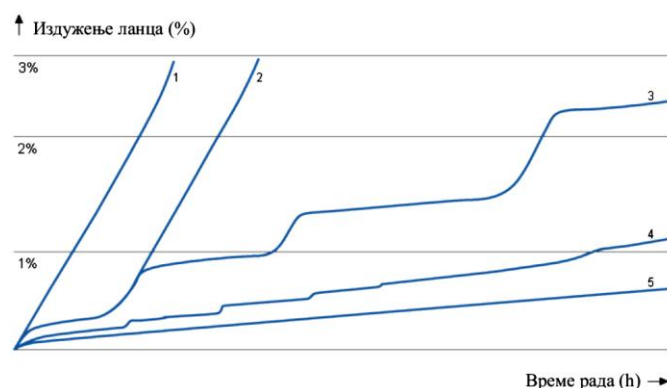
Слика 3.1. Правилан начин подмазивања [6]

Да би се постигло ефикасно подмазивање ланца, треба узети у обзир следеће факторе:

- адекватну вредност вискозности уља за подмазивање,
- интервал подмазивања,
- праву количину мазива,
- начин подмазивања и
- температурни опсег примене.

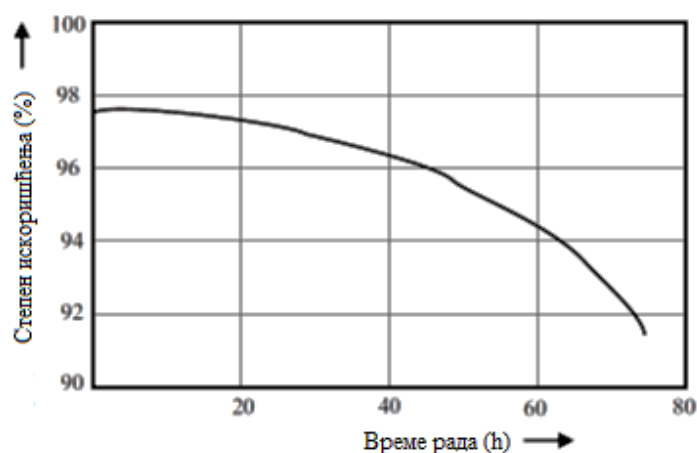
Неадекватан избор мазива и подмазивања доводи до повећаног хабања појединих елемената ланчаног преноса. Услед хабања, долази до издужења корака ланца. Ланчани преносници се избацују из употребе када издужење ланца постигне вредност већу од 3%.

На слици 3.2 приказан је утицај начина и врсте подмазивања на издужење ланца. Рад без подмазивања (крива 1) изазива прогресивно хабање и тада долази до отказа ланца у веома кратком временском интервалу. Једнократно подмазивање (крива 2) доводи такође до брзог хабања, с обзиром на малу количину мазива. Повремено подмазивање (крива 3) углавном се јавља при ручном подмазивању, када нису испоштовани термини за подмазивање. Неадекватно подмазивање (крива 4) доводи до хабања ланца, а може бити узроковано погрешним избором начина подмазивања, погрешним избором мазива (неодговарајуће вискозности), загађеним мазивом или применом недовољне тј мале количине мазива. Исправно подмазивање (крива 5) доводи до најмањег хабања и најдужег радног века ланца.



Слика 3.2. Утицај начина и врсте подмазивања на издужење ланца [6]

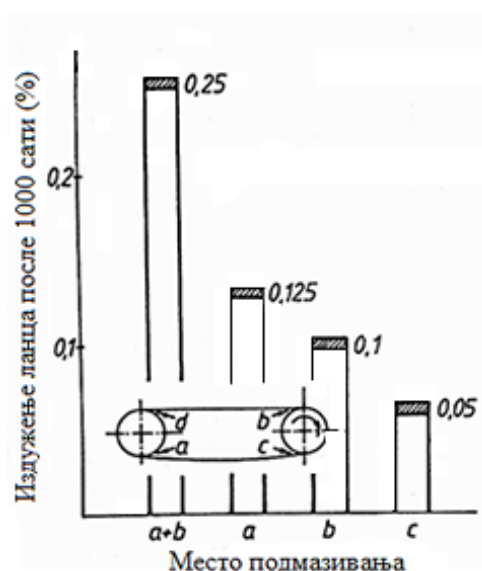
Подмазивање утиче и на степен искоришћења ланчаног преносника. Са повећањем времена рада без подмазивања, степен искоришћења ланчаног преносника опада. Степен искоришћења приказан је на слици 3.3.



Слика 3.3 Степен искоришћења ланчаног преносника [6]

Очигледно да је правовремено и правилно подмазивање основни предуслов за дуг век трајања ланчаног преносника. [6]

Најбољи резултати и најмање хабање добија се подмазивањем зглобова на месту непосредног напуштања спрезања и силаска са погонског ланчаника што је приказано на слици 3.4 (тачка С). Мала осциловања у контакту осовиница-чаура, као и присуство центрифугалних сила у спрези са ланчаником омогућавају уношење мазива у зглобове кроз зазоре овог склопа.



Слика 3.4 Утицај места подмазивања на хабање [4]

Ланчани преносник треба одржавати у чистом стању, да је заштићен од спољних примеса, прашине, песка итд. Пре сваког повремених подмазивања, ланчани преносник треба очистити, опрати нафтом и тек тада подмазати. На тај начин спречава се корозија и смањује трење. [4]

4. Мазива за подмазивање ланчаних преносника

Избор мазива одговарајућих карактеристика веома је битан, због могућности продирања уља у све потребне зазоре. Велики проблеми настају када су делови ланца задрљани, односно када се продукти хабања нагомилавају у зазорима. Уља за подмазивање морају, на погонској температури при подмазивању у уљној купци или проточном подмазивању под притиском, имати вискозност 20 до 50 cSt, при подмазивању капањем 40 до 80 cSt, а при ручном подмазивању 80 до 120 cSt. Вискозност је величина која описује отпор неке течности према течењу. Физичка јединица за кинематску вискозност је стокс (St), која је назив добила по Џорџу Габријелу Стоксу. Често се изражава преко центистокса (cSt).

Изванредан утицај на подмазивање има стање мазива. Занемаривање промене уља због старости или заборављање на накнадно подмазивање, може довести до контаминације мазива или чак до контакта без мазива, а тиме до већег хабања зглобова ланца. [2]

Основна подела мазива је на:

- течна мазива и
- тврда мазива.

4.1 Подмазивање ланца течним мазивима

Ланци се најчешће подмазују течним мазивима, зато што је њихова способност продирања у зглоб ланца највећа. Најбоља су минерална уља чија вискозност зависи од притиска у зглобу, брзине ланца и температуре околине. У табели 4.1 приказане су кинематске вискозности препоручених уља за услове: осно растојање $A \leq 50h$, $i \leq 2$ и температуру околине око 20°C.

Табела 4.1: Кинематске вискозности препоручених уља за услове: осно растојање $A \leq 50h$, $i \leq 2$ и температуру околине око 20°C [4]

Ручно и подмазивање капањем			Подмазивање потапањем и под притиском		
Притисак у зглобу	Брзина ланца	Кинематска вискозност	Притисак у зглобу	Брзина ланца	Кинематска вискозност
N/mm^2	m/s	$cSt(mm^2/s)$	N/mm^2	m/s	$cSt(mm^2/s)$
до 10	до 1	17-23	до 10	до 5	17-23
	1-5	28-33		5-10	28-33
	преко 5	35-45		преко 10	28-33
10-20	до 1	28-33	10-20	до 5	28-33
	1-5	35-45		5-10	35-45
	преко 5	47-55		преко 10	35-45
20-30	до 1	35-45	20-30	до 5	35-45
	1-5	47-55		5-10	47-55
	преко 5	65-75		преко 10	47-55
преко 30	до 1	47-55	преко 30	до 5	47-55
	1-5	65-75		5-10	65-75
	преко 5	90-118		преко 10	90-118

У табели 4.2 приказан је утицај температуре околине на физичко-механичке карактеристике мазива.

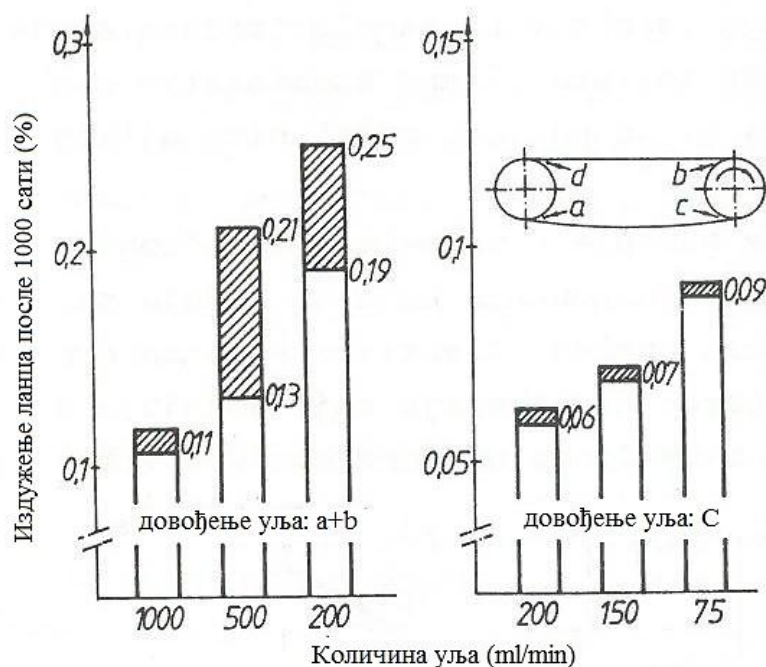
Табела 4.2: Утицај температуре околине на физичко-механичке карактеристике мазива [4]

Температура околине	Кинематска вискозност V_{40}
°C	cSt(mm ² /s)
до -7	28,8 - 35,2
-7 до -4	41,4 – 50,6
-4 до 35	90 – 110
35 до 50	135 - 165
50 до 60	198 - 242

Хабање ланаца и коначно век трајања ланаца зависе од количине уља која се доводи у зглобове у јединици времена. Са опадањем количине довођеног уља, погоршавају се услови подмазивања, све је непосреднији контакт метала по металу и већа количина одвојених честица. Потребна запремина уља за подмазивање ланаца се апроксимативно може представити као функција корака:

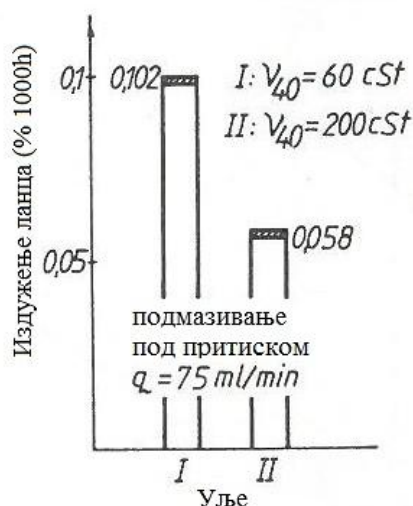
$$q|l/\min| = (0,1 - 0,2) \cdot p|cm| \quad (4.1)$$

где се фактор 0,1 може користити у случајевима подмазивања убризгавањем уља помоћу цеви, а 0,2 за подмазивање млазницом. На слици 4.1 приказана је зависност хабања ланца од количине уља које се доводи.



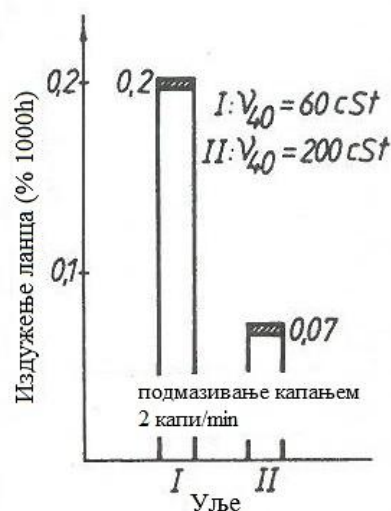
Слика 4.1. Зависност хабања ланца од количине уља које се доводи [4]

Вискозност уља показује велики утицај на хабање ланаца. Коришћењем уља веће вискозности (уље II) смањује се хабање за скоро 45%. То је приказано на слици 4.2.



Слика 4.2. Утицај уља различите вискозности на процентуално издужење корака ланца при подмазивању под притиском [4]

При довољном подмазивању већа вискозност потпомаже формирању уљног филма између осовинице и чауре, минимизира директни контакт метала по металу и смањује количину одвојених честица, позитиван ефекат вискозности уочен је и при подмазивању капањем. На слици 4.3 приказан је утицај уља различите вискозности на процентуално издужење корака ланца при подмазивању капањем.



Слика 4.3. Утицај уља различите вискозности на процентуално издужење корака ланца при подмазивању капањем [4]

Генерално гледано, за подмазивање ланца препоручују се уља вискозности $\nu_{50} = 150 \text{ cSt} - 200 \text{ cSt}$, пошто је ова вискозност довољна да обезбеди продирање мазива у зглоб ланца кроз уске зазоре склопа.

За одређивање приближног броја капи у минути, при подмазивању капањем, потребних за довољно подмазивање ланца, препоручује се израз:

$$n_k = (0,25 - 0,50) \cdot p \text{ [cm]} \cdot v \text{ [m/s]} \quad (4.2)$$

где су: n_k - број капи у минути

p - корак ланца

v - брзина ланца

Фактор (0,25-0,5) зависи од радних услова.

Савремена технологија подмазивања поставља све оштрије захтеве мазивима који се више не могу испоштовати само природним својствима уља. Зато се данас све више користе мешане комбинације основних минералних уља и адитива, да би се подигао општи ниво њихових мазивих особина.

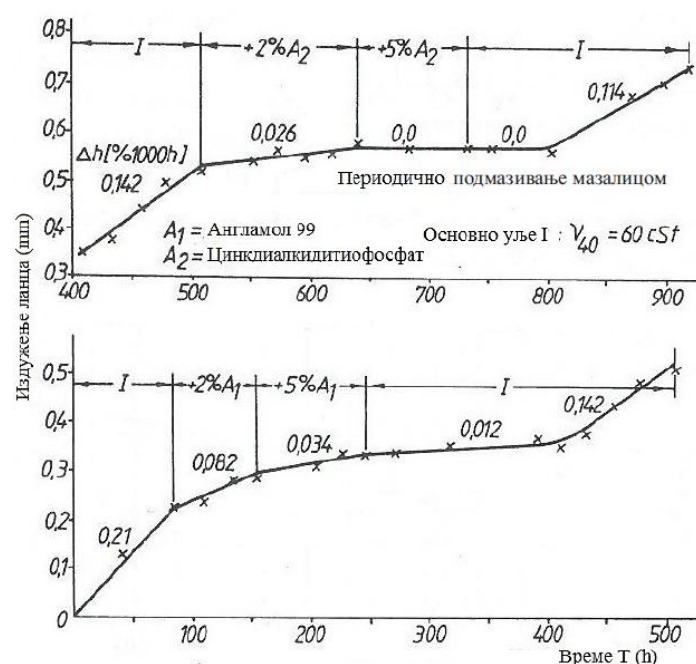
За повећање отпорности на хабање у условима граничног подмазивања, анти-хабајне компоненте и компоненте које се додају за услове високих притисака имају посебан значај. Реактивне супстанце ових адитива стварају танке слојеве отпорне на атхезију који смањују хабање.

У раду су приказани резултати утицаја три групе адитива на хабање погонских ланаца:

- англамол 99 (A_1),
- цинкдиалкилдитиофосфат (A_2) и
- готови адитиви (AP_5 и AP_6).

Англамол спада у групу адитива који се често користе као додаци уљима за зупчанике и који је органско једињење фосфора и сумпора. Адитиви AP_5 и AP_6 спадају у групу ефикасних супстанци које на контактним површинама зглоба стварају оксиде гвожђа, прекривају врхове контактних површина и повећавају стварну површину контакта. Основни активни елементи ових адитива су: цинк, фосфор, сумпор, молибден и олово.

На интензитет хабања (издужење ланца) велики утицај има и концентрација адитива и то је приказано на слици 4.4. Са порастом концентрације адитива хабање опада. Интересантно је да интензитет хабања остаје исти чак и по замени уља и даљем подмазивању чисто минералним уљима. Уље са адитивом формира мазиви слој на контактним површинама који се задржава и после замене уља. Тек по разарању оваког слоја уочава се нагла промена у интензитету хабања. Сличну појаву запажамо и при подмазивању адитивима AP_5 и AP_6 . [4]

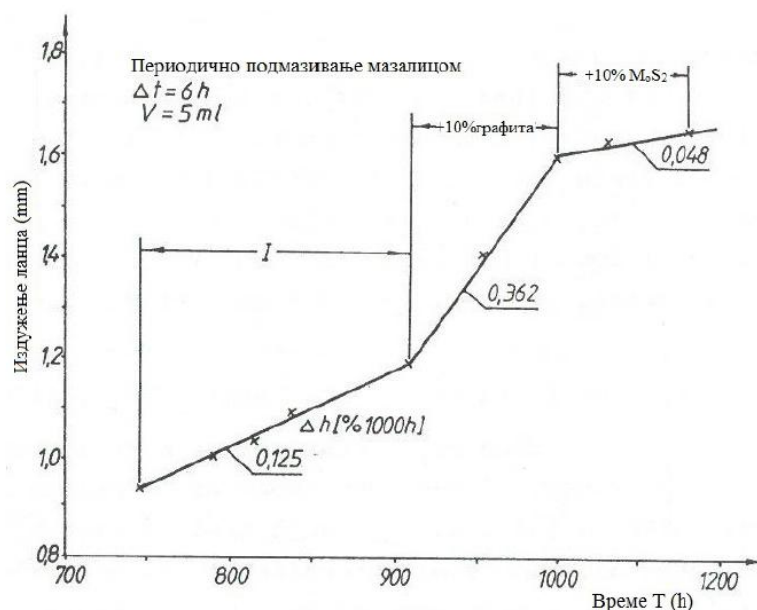


Слика 4.4. Зависност концентрације адитива и хабања [4]

4.2 Подмазивање ланаца тврдим мазивима

Подмазивање ланаца тврдим мазивима се користи у условима када је у радној средини приметно присуство абразивних честица и отежано подмазивање течним мазивима. Оваква врста подмазивања се користи и у случајевима максималних оптерећења или високих брзина. Тврда мазива у низу случајева поседују боље особине и од мазивих уља. У групу тврдых мазива спадају графити и различити сулфиди (нпр. молибден дисулфид), селениди и телуриди. Као тврда мазива користе се и пластичне масе: флуорисани нискомолекулари етилена и пропилена, ПТП, хлорирана једињења, а такође и метали (нпр. олово).

Ланци се подмазују и комбинацијом тврдых мазива у минералном уљу. У структури графита леже честице димензија реда $5\text{ }\mu\text{m}$, које запушавају зазоре зглоба и онемогућавају даље продирање мазива у област контактних површина. Хабање је при оваквом подмазивању најинтензивније. Са друге стране, молибдендисулфид садржи честице знатно мањих димензија (око $1\text{ }\mu\text{m}$), чије продирање у област трибомеханичких система зглоба је знатно лакше, па зато и крива хабања има мањи нагиб, односно хабање је мање. На слици 4.5 приказани су резултати утицаја три групе мазива (чисто минерално уље, чисто минерално уље са 10% графита, чисто минерално уље са 10% MoS_2) на интензитет хабања ланца.



Слика 4.5. Резултати утицаја три групе мазива (чисто минерално уље, чисто минерално уље са 10% графита, чисто минерално уље са 10% MoS_2) на интензитет хабања ланца [4]

По завршеној изради, а пре испоруке, ланци се конзервирају посебним средствима-конзерванима. Улога конзервана је веома важна јер спречавају корозију ланаца, а истовремено служе и као средства за подмазивање у периоду уходавања. Ово је посебно значајно код отворених преносника где конзервани служе за подмазивање ланаца у току целе експлоатације.

Подмазивање ланаца конзерваном од стране произвођача се врши у специјалним постројењима, вакумски, где се средство за конзервирање увлачи кроз зазоре у контактне површине ланаца.

Данас се у свету користи више средстава за конзервирање ланаца, која морају да испуњавају низ сложених захтева. Веома добре особине показао је и домаћи конзерван (GL), у чијој основи као носач лежи вазелин и синтетски воскови, са додатком адитива и инхибитора против корозије. [4]

4.3 Специјална мазива за подмазивање ланаца

У следећим табелама дата су специјална мазива за подмазивање ланаца неких произвођача и њихове техничке информације.

Табела 4.3: Мазива компаније FAM Крушевац [7]

	Јединице	FAMGEN KL			
		3	23	130	300
Густина на 15,6 °C	kg/m ³	920	925	930	935
Кинематска вискозност	mm ² /sec	30	200	1590	4000
Индекс вискозности	-	140	150	140	150
Тачка паљења	°C	220			
Тачка стињавања	°C	-45	-42	-15	-3
Температура примене	°C	-40 до +220		0 до +200	
Боја	-	зелена	зелена	зелена	зелена

Табела 4.4: Мазива компаније SKF [8]

Ознака:	Базно уље:	Вискозност на 40°C(cSt):	Тачка паљења, °C	Тачка стињавања, °C
LHNT 265	Синтетичко уље	265	250	45
LHMT 68	Минерално уље	68	200	15

Табела 4.5: Мазива компаније FUCHS [9]

Ознака:	Базно уље:	Вискозност на 40°C(cSt):	Тачка паљења, °C
SEPLATTYN 300	Минерално уље	1300	280
SEPLATTYN KG 10 HMF-1000	Минерално уље	1000	220
SEPLATTYN KG 10 HMF	Минерално уље	500	120
SEPLATTYN HT	Синтетичко уље	160	15

5. Начини подмазивања

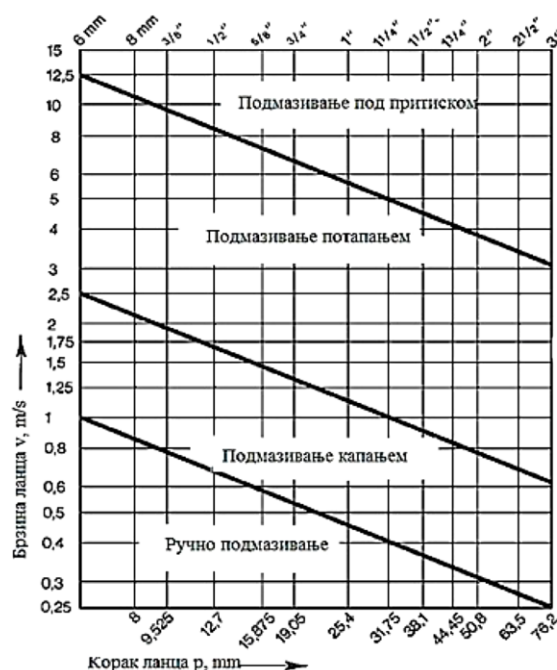
Избор начина подмазивања зависи од брзине ланчаног преносника и корака ланца. За успостављање општих законитости и одређивање правовременог периодичног подмазивања неопходно је успостављање зависности између оптерећења ланчаног преносника, услова рада, начина подмазивања и брзине ланца.

У зависности од услова рада и димензија ланаца, данас се примењују следеће врсте подмазивања:

- периодично подмазивање ручном мазалицом или четком
- непрекидно подмазивање капањем
- подмазивање потапањем
- подмазивање под притиском

При избору начина подмазивања могуће је користити дијаграм на слици 5.1 у коме се препоручују начини подмазивања у зависности од корака ланца и брзине.

Веома важно и интересно питање је и одређивање положаја и места довођења мазива у затворену контуру ланца при непрекидном подмазивању капањем и подмазивању под притиском. Подмазивање се може вршити на вучном огранку, слободном огранку, у близини погонског или гоњеног ланчаника. [6]

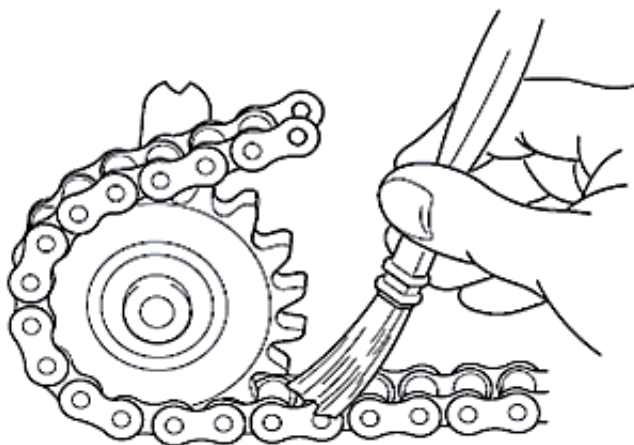


Слика 5.1. Препоручени начини подмазивања у зависности од корака ланца и брзине [6]

- Ручно подмазивање:

Овај тип подмазивања са кантицом уља и четкицом није баш поуздан и због тога је погодан само за ланце са повременим радом или секундарним погоном и ланце малих брзина. За брзине до 4 m/s користи се маст за подмазивање док се за веће брзине користи

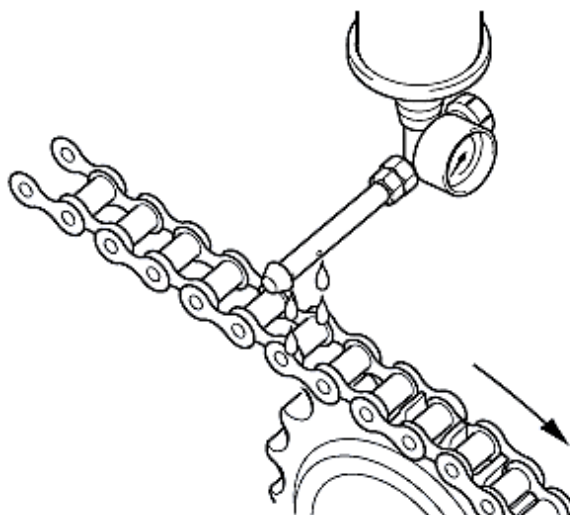
уље. Подмазивање би требало вршити најмање једном дневно (ако је могуће на сваких осам сати рада), при томе је важно да мазиво допре до сваког чланка ланца и зубаца ланчаника. Овај тип подмазивања приказан је на слици 5.2.



Слика 5.2. Ручно подмазивање [3]

- Подмазивање капањем:

Подмазивање непрекидним капањем даје добре резултате. При томе се користи мазалица која је постављена на кућишту преносника. Отвори мазалице усмерени су на слободни огранак ланца. Користи се за брзине до 7 m/s (5-20 капи у минути). Подмазивање непрекидним капањем приказано је на слици 5.3.

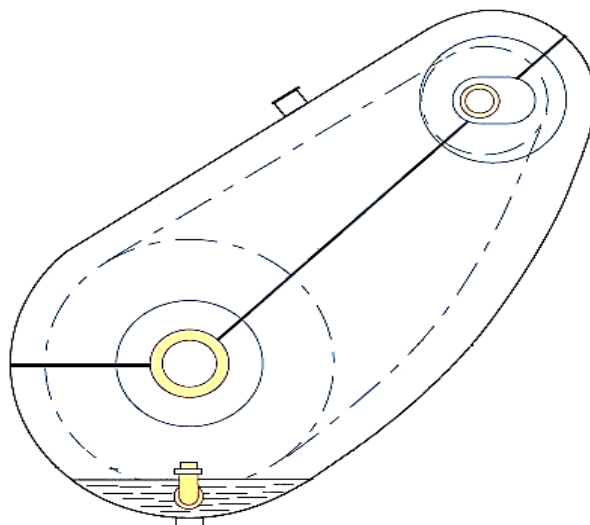


Слика 5.3. Подмазивање капањем [3]

- Подмазивање потапањем:

За веће брзине користи се подмазивање ланца потапањем у уље које се налази у кућишту (картеру). То је приказано на слици 5.4. Ланац не сме дубоко да се потопи у уље, већ

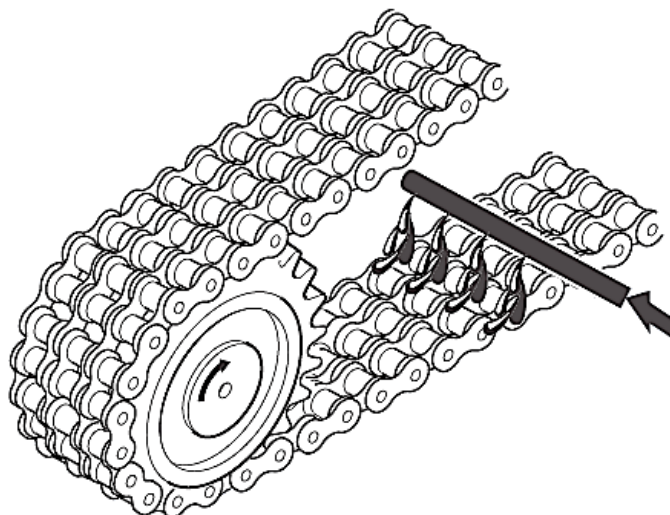
само до ламела, јер ће у противном доћи до пенушања уља, повећања температуре и до смањења степена корисности.



Слика 5.4. Подмазивање потапањем [3]

- Подмазивање под притиском:

Најбољи начин подмазивања при великим брзинама је подмазивање под притиском код кога се уље бризгальком доводи између ланчаника и ланца на месту где слободни огранак наилази на гоњени ланчаник. На овај начин уље непрекидно подмазује унутрашњу страну слободног огранка. Подмазивање под притиском се изводи као циркуларно, што подразумева и друге потребне елементе као хладњак, резервоар, кућиште и др. Подмазивање под притиском приказано је на слици 5.5. [3]



Слика 5.5. Подмазивање под притиском [3]

6. Пример прорачуна ланчаног преносника са препоруком за избор мазива

Прорачун је рађен по књизи Механички преносници, Б.Стојановић, М. Благојевић. [6]

Улазни подаци:

- Снага електромотора (ЕМ): $P_{EM} = 2,5 \text{ [kW]}$;
- Број обртаја електромотора: $n_{EM} = 900 \text{ [min}^{-1}\text{]}$;
- Преносни однос: $i = 2,2$;
- Врста радне машине: Млинови са чекићем ;
- Положај ланчаног преносника: $\alpha = 75 \text{ [}^\circ\text{]}$;
- Радни век преносника: $L_h = 17000 \text{ [h]}$;
- Услов подмазивања: довољно подмазивање, без прашине ;
- Врста погонског ланца: ваљкасти.

6.1 Прорачун основних параметара

- Број обртаја радне машине:

$$n_{RM} = \frac{n_{EM}}{i} = \frac{900}{2,6} = 346,15 \text{ [min}^{-1}\text{]} \quad (6.1)$$

- Број зубаца погонског ланчаника (табела 3.2, стр. 52, [6]):

Усвојено је: $z_1 = 26$

- Број зубаца гоњеног ланчаника:

$$z_2 = z_1 \cdot i = 26 \cdot 2,6 = 67,6 \Rightarrow z_2 = 68$$

- Коригована снага P_o се добија:

$$P_o = \frac{C_A \cdot P_1 \cdot K_z}{K_a \cdot K_L \cdot K_x \cdot K_o \cdot K_t \cdot K_p} = \frac{2 \cdot 2,8 \cdot 0,711}{0,994 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,96 \cdot 0,9} = 4,636 \text{ [kW]} \quad (6.2)$$

где су:

- улазна снага на погонском ланчанику: $P_1 = P_{EM} = 2,8 \text{ [kW]}$;
- фактор радних услова: $C_A = 2$ - У зависности од карактера промене обртног момента и вредности фактора (табела 3.4, стр. 62, [6]);
- фактор броја зубаца мањег ланчаника z_1 : $K_z = (19 / z_1)^{1,085} = (19 / 26)^{1,085} = 0,711$;
- фактор основног растојања: $K_a = 0,45 \cdot (a / p)^{0,215} = 0,45 \cdot (40 p / p)^{0,215} = 0,994$;

- за осно растојање се користи вредност из опсега: $a = (30 \div 50) \cdot p$, усвајам $a = 40p$;
- фактор врсте ланца (стр. 61, [6]): $K_L = 1$ - ланац са ваљцима;
- фактор броја ланчаника: $K_x = 0,9^{x-2}$ где је x - број ланчаника, (за два ланчаника $K_x = 1$);
- фактор облика ланца: $K_0 = 0,8$ - за ланац са савијеним ламелама;

$K_0 = 1$ - за остале врсте ланца.

- фактор радног века: $K_t = (1500 / L_h)^{1/3} = (1500 / 17000)^{1/3} = 0,96$;
- фактор подмазивања (табела 3.5, стр. 63, [6]): $K_p = 0,9$.

Избор ланца вршен је помоћу дијаграма носивости. За добијене вредности снаге $P_O = 4.636 [kW]$ и броја обртаја $n_{EM} = 900 [\text{min}^{-1}]$ усвојен је ланац Nr10B са следећим карактеристикама [6]:

- корак ланца: $p = 15,875 [mm]$
- маса јединичне дужине ланца: $q = 0,95 [kg/m]$
- сила разарања ланца: $F_M = 22,7 [kN]$
- носећа површина зглоба: $A = 67 [mm^2]$

6.2 Провера степена сигурности ланца

- Обртни момент електромотора:

$$T_{EM} = \frac{9550 \cdot P_{EM}}{n_{EM}} = \frac{9550 \cdot 2,8}{900} = 29,71 [Nm]$$

- Пречник подеоног круга погонског ланчаника:

$$d_1 = \frac{p}{\sin(180 / z_1)} = \frac{15,827}{\sin(180 / 26)} = 131,703 [mm]$$

- Обимна сила:

$$F_t = \frac{2 \cdot T_{EM}}{d_1} = \frac{2 \cdot 29710}{131,703} = 451,16 [N] \quad (6.3)$$

- Обимна брзина:

$$v = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_{EM}}{60 \cdot 1000} = \frac{131,703 \cdot \pi \cdot 900}{60 \cdot 1000} = 6,206 [m/s]$$

- Центрифугална сила:

$$F_c = q \cdot v^2 = 0,95 \cdot 6,206^2 = 36,589 \text{ [N]} \quad (6.4)$$

- Приближна вредност осног растојања:

$$a = 40 \cdot p = 40 \cdot 15,875 = 635 \text{ [mm]}$$

- Угао нагиба вучног огранка:

$$\beta = \arcsin \frac{d_{02} - d_{01}}{2a} = \arcsin \frac{(z_2 - z_1) \cdot p}{2\pi \cdot a} = \arcsin \frac{(68 - 26) \cdot 15,875}{2\pi \cdot 635} = 9,62 [^\circ]$$

- Број чланова ланца:

$$Z = 2 \cdot \frac{a}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{p}{a} = 2 \cdot \frac{635}{15,875} + \frac{26 + 68}{2} + \left(\frac{68 - 26}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{15,875}{635} = 128,12$$

Усвојено је: $Z = 129$

- Стварна вредност осног растојања:

$$a = \frac{p}{4} \cdot \left[Z - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(Z - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{z_2 - z_1}{\pi} \right)^2} \right] =$$

$$= \frac{15,875}{4} \cdot \left[129 - \frac{26 + 68}{2} + \sqrt{\left(129 - \frac{26 + 68}{2} \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{68 - 26}{\pi} \right)^2} \right] = 642,15 \text{ [mm]}$$

Дужина праволинијског дела ланца: $L \approx a = 642,15 \text{ [mm]}$

- Сила затезања услед тежине слободног огранка:

Сила затезања услед тежине слободног огранка зависи од положаја ланчаног преносника у односу на вертикалну раван :

$$F_G = q \cdot g \cdot L = 0,95 \cdot 9,81 \cdot 0,642 = 5,983 \text{ [N]}$$

- Укупна сила затезања у вучном огранку:

$$F = C_A \cdot F_t + F_c + F_G = 2 \cdot 451,16 + 36,589 + 5,983 = 944,9 \text{ [N]} \quad (6.5)$$

- Степен сигурности против динамичког лома ламеле ланца:

$$S = \frac{F_M}{F} = \frac{22700}{944,9} = 24,023 > 5 = S_{F \min}$$

6.3 Провера површинског притиска

- Средња вредност површинског притиска:

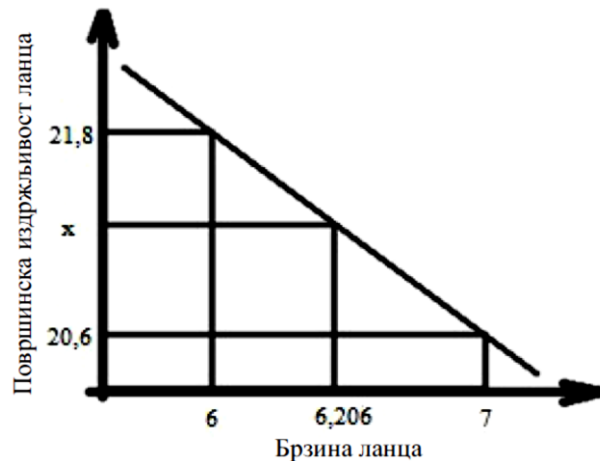
$$p = \frac{F}{A} = \frac{944,9}{67} = 14,1 \text{ [N / mm}^2 \text{]}$$

- Површинска издржљивост ланца:

$$p_N = 21,5528 \left[N / mm^2 \right], \text{ (интерполација табела 3.6, стр.67, [6], слика 6.1)}$$

$$\frac{21,8 - 20,6}{7 - 6} = \frac{x - 20,6}{7 - 6,206}$$

$$x = 21,2558 = p_N$$



Слика 6.1 Интерполација за површинску издржљивост ланца

- Фактор хабања:

$$K_h = \sqrt{\frac{226 \cdot i}{L_h} \left(\frac{a}{p} \cdot \frac{1}{i+1} + 4,75 \right)} = \sqrt{\frac{226 \cdot 2,6}{17000} \left(\frac{642,15}{15,875} \cdot \frac{1}{2,6+1} + 4,75 \right)} = 0,74$$

- Дозвољени површински притисак:

$$p_d = p_N \cdot K_h \cdot K_p \cdot K_L \cdot K_x = 21,5528 \cdot 0,74 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 14,35 \left[N / mm^2 \right]$$

$$p_d = 14,35 \left[N / mm^2 \right] > p = 14,1 \left[N / mm^2 \right] \Rightarrow \text{изабрани ланац одговара датим радним условима.}$$

6.4 Основне геометријске и кинематске величине ланчаника

- Пречник подеоног круга ланчаника 1:

$$d = \frac{p}{\sin(\tau/2)} = \frac{p}{\sin(z_1/2)} = \frac{15,875}{\sin(26/2)} = 116,98 [mm]$$

- Пречник подеоног круга ланчаника 2:

$$d = \frac{p}{\sin(\tau/2)} = \frac{p}{\sin(z_2/2)} = \frac{15,875}{\sin(68/2)} = 305,3 [mm]$$

- Пречник подножног круга ланчаника 1:

$$d_f = d - d_1 = 116,98 - 10,16 = 106,82 [mm]$$

$$d_1 = 10,16 [mm] \text{ – пречник ваљка (табела 3.1, стр. 46, [6])}$$

- Пречник подножног круга ланчаника 2:

$$d_f = d - d_1 = 305,3 - 10,16 = 295,14 [mm]$$

- Пречник теменог круга 1:

$$d_a \approx d \cdot \cos \frac{\tau}{2} + 0,8 \cdot d_1 = 116,98 \cdot \cos \frac{180}{26}^\circ + 0,8 \cdot 10,16 = 124,25 [mm]$$

- Пречник теменог круга 2:

$$d_a \approx d \cdot \cos \frac{\tau}{2} + 0,8 \cdot d_1 = 305,3 \cdot \cos \frac{180}{68}^\circ + 0,8 \cdot 10,16 = 313,1 [mm]$$

- Максимална и минимална вредност теменог пречника ланчаника 1:

$$d_{a\max} = d + 1,25 \cdot p - d_1 = 116,98 + 1,25 \cdot 15,875 - 10,16 = 124,44 [mm]$$

$$d_{a\min} = d + \left(1 - \frac{1,6}{z_1}\right) \cdot p - d_1 = 116,98 + \left(1 - \frac{1,6}{26}\right) \cdot 15,875 - 10,16 = 120,05 [mm]$$

- Максимална и минимална вредност теменог пречника ланчаника 2:

$$d_{a\max} = d + 1,25 \cdot p - d_1 = 305,3 + 1,25 \cdot 15,875 - 10,16 = 312,765 [mm]$$

$$d_{a\min} = d + \left(1 - \frac{1,6}{z_1}\right) \cdot p - d_1 = 305,3 + \left(1 - \frac{1,6}{68}\right) \cdot 15,875 - 10,16 = 308,9 [mm]$$

- Полупречник међузубља:

$$r_{1\min} = 0,505 \cdot d_1 = 0,505 \cdot 10,16 = 5,13 [mm]$$

$$r_{1\max} = 0,505 \cdot d_1 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{d_1} = 0,505 \cdot 10,16 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{10,16} = 5,28 [mm]$$

$$\text{Усвојено је: } r_1 = 5,2 [mm]$$

- Полупречник главе зупца ланчаника 1:

$$r_{2\min} = 0,12 \cdot d_1 \cdot (z_1 + 2) = 0,12 \cdot 10,16 \cdot (26 + 2) = 34,14 [mm]$$

$$r_{2\max} = 0,008 \cdot d_1 \cdot (z_1^2 + 180) = 0,008 \cdot 10,16 \cdot (26^2 + 180) = 69,57 [mm]$$

$$\text{Усвојено је: } r_2 = 51,5 [mm]$$

- Полупречник главе зупца ланчаника 2:

$$r_{2\min} = 0,12 \cdot d_1 \cdot (z_2 + 2) = 0,12 \cdot 10,16 \cdot (68 + 2) = 84,344 [mm]$$

$$r_{2\max} = 0,008 \cdot d_1 \cdot (z_2^2 + 180) = 0,008 \cdot 10,16 \cdot (68^2 + 180) = 390,47 \text{ [mm]}$$

Усвојено је : $r_2 = 237,9 \text{ [mm]}$

- Угао положаја полупречника заобљења r_2 ланчаника 1:

$$\chi_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{z_1} = 20^\circ - \frac{90^\circ}{26} = 116,53 [^\circ]$$

$$\chi_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{z_1} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{26} = 136,54 [^\circ]$$

- Угао положаја полупречника заобљења r_2 ланчаника 2:

$$\chi_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{z_2} = 20^\circ - \frac{90^\circ}{68} = 118,68 [^\circ]$$

$$\chi_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{z_2} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{68} = 138,68 [^\circ]$$

- Заобљење зупчастог венца у попречном правцу:

$$r_3 = (1,3 \div 1,7) \cdot d_1 = 1,5 \cdot 10,16 = 15,24 \text{ [mm]}$$

- Ширина зупчастог венца ланчаника:

$$B_N = B_1 + (N - 1) \cdot e = 9,17 + (1 - 1) \cdot 16,59 = 9,17 \text{ [mm]}$$

- Пречник тела ланчаника 1:

$$d_s = p \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{180^\circ}{z_1} \right) - 1,05 \cdot g_1 - 2 \cdot r_4 - 1 = 15,875 \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{180^\circ}{26} \right) - 1,05 \cdot 14,73 - 2 \cdot 1 - 1 = 97,7 \text{ [mm]}$$

Усвојено је: $d_s = 97 \text{ [mm]}$

- Пречник тела ланчаника 2:

$$d_s = p \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{180^\circ}{z_2} \right) - 1,05 \cdot g_1 - 2 \cdot r_4 - 1 = 15,875 \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{180^\circ}{68} \right) - 1,05 \cdot 14,73 - 2 \cdot 1 - 1 = 286,5 \text{ [mm]}$$

Усвојено је: $d_s = 286 \text{ [mm]}$

- Пречник отвора за вратило ланчаника 1:

Усвојен је материјал: Č0545

$$\tau_{D(0)} = (170 \div 240) \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{D(0)} = 205 \text{ MPa}$$

$$\tau_{doz} = \frac{\tau_{D(0)}}{K \cdot S} = \frac{205}{2,4 \cdot 2} = 42,708 \text{ [MPa]}$$

$$K = 2,2 \div 2,6$$

$$K = 2,4$$

$$S = (1,5 \div 2,5)$$

$$S = 2$$

$$d_{i1} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_{t1}}{\pi \cdot \tau_{doz}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 26388,35}{\pi \cdot 42,708}} = 14,654 \text{ [mm]}$$

$$T_{t1} = F_t \cdot \frac{d_{w1}}{2} = 451,16 \cdot \frac{116,98}{2} = 26388,35 \text{ [Nmm]}$$

$$d_{vr1} = d_{i1} + t = 14,654 + 2,9 = 17,554 \text{ [mm]}$$

$$\text{Усвојено је: } d_{vr1} = 18 \text{ [mm]}$$

- Димензије главчине ланчаника 1:

$$d_{g1} = (1,6 \div 1,8) \cdot d_{vr1} = 1,7 \cdot 18 = 30,6 \text{ [mm]}$$

$$b_{g1} = (1,1 \div 2) \cdot d_{vr1} = 1,5 \cdot 18 = 27 \text{ [mm]}$$

- Пречник отвора за вратило ланчаника 2:

$$d_{i2} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_{t2}}{\pi \cdot \tau_{doz}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 68869,57}{\pi \cdot 42,708}} = 20,175 \text{ [mm]}$$

$$T_{t2} = F_t \cdot \frac{d_{w2}}{2} = 451,16 \cdot \frac{305,3}{2} = 68869,57 \text{ [Nmm]}$$

$$d_{vr2} = d_{i2} + t = 20,175 + 3,5 = 23,675 \text{ [mm]}$$

$$\text{Усвојено је: } d_{vr2} = 24 \text{ [mm]}$$

- Димензије главчине ланчаника 2:

$$d_{g1} = (1,6 \div 1,8) \cdot d_{vr1} = 1,7 \cdot 24 = 40,8 \text{ [mm]}$$

$$b_{g1} = (1,1 \div 2) \cdot d_{vr1} = 1,5 \cdot 24 = 36 \text{ [mm]}$$

6.5 Препоруке

По препоруци произвођача, за подмазивање је коришћено синтетичко уље FAMGEN KL 23 компаније FAM из Крушевца. У табели 6.1 дате су његове техничке информације.

Табела 6.1: Техничке информације мазива FAMGEN KL 23 [7]

		Јединице	Вредности
	Густина на 15,6 °C	kg/m ³	925
	Кинематска вискозност	mm ² /sec	200
	Индекс вискозности	-	150
	Тачка паљења	°C	220
	Тачка стињавања	°C	-42
	Температура примене	°C	-40 до +225
	Боја	-	Зелена

Са слике 5.1 на основу брзине и корака ланца препоручује се подмазивање потапањем ланца у уље које се налази у кућишту. Ланац не сме дубоко да се потопи у уље, већ само до ламела, јер ће у противном доћи до пенушања уља, повећања температуре и до смањења степена корисности.

Очистити машину од запрљаности, прегледати исправност и подешеност радних органа, ако је потребно извршити неопходне поправке и подешавања. Проверити исправност и прописану затегнутост преносних елемената—ланаца, уколико је потребно извршити замену, а отпуштене преносне елементе - ланце затегнути.

Проверу нивоа уља потребно је вршити на месец дана, док је замена уља препоручљива у периоду од 3 до 6 месеци.

7. Закључак

Циљ завршног рада био је проучавање подмазивања ланчаних преносника. Кроз овај рад поменути су и обрађени сви начини и врсте подмазивања, као и мазива која се користе.

Ланчани преносник састоји се из ланца и два ланчаника, погонског и гоњеног. У одређеним случајевима преносник има један погонски ланчаник и више гоњених ланчаника. Подмазивање ланчаног преносника је неопходно и један је од основних услова за дуг период коришћења. Такође, правилно подмазивање смањује трење и хабање, повећава степен корисности, смањује загревање, смањује шум ланчаног преносника и повећава период трајања. За подмазивање ланчаних преносника користе се различите врсте мазива и уља. Мазива уља садрже две групе компонената: базна уља и адитиве. Базна уља могу бити минерална или синтетичка. Данас се примењују следеће врсте подмазивања: периодично подмазивање ручном мазалицом или четком, непрекидно подмазивање капањем, подмазивање потапањем и подмазивање под притиском. Избор начина подмазивања зависи од корака ланца и брзине ланчаног преносника.

У раду су приказане основне карактеристике ланчаних преносника. Тежиште рада приписано је подмазивању ланчаних преносника. Објашњене су врсте и начини подмазивања. У оквиру подмазивања дате су информације о начинима подмазивања као и о специјалним мазивима за подмазивање ланца. Урађен је прорачун задатог ланчаног преносника и дата препорука за избор начина подмазивања, као и препорука за избор мазива у договору са произвођачем. Такође, дате су препоруке за одражавање ланчаног преносника.

Из свега поменутог, закључује се да су правилно и правовремено подмазивање, као и избор мазива од великог значаја за правилан и дуготрајан рад ланчаног преносника.

8. Литература

- [1] Р. Митровић: Машински елементи 2 - скрипта у припреми, Машински факултет универзитета у Београду, 2015.
- [2] В. Николић: Машински елементи, Крагујевац, 2004.
- [3] Р. Глигорић: Машински елементи [Електронски извор], Пољопривредни факултет, Нови сад, 2015.
- [4] С. Танасијевић: Основи трибологије машинских система, “Научна књига“, Београд, 1989.
- [5] М.Стојиљковић: Примена мазива(друго издање), Југословенска асоцијација за нафту и гас, Београд, 2005.
- [6] Б. Стојановић, М. Благојевић: Механички преносници, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2015.
- [7] <http://www.fam.co.rs/proizvodi/mazive-masti-i-specijalna-maziva/specijalna-maziva-za-podmazivanje-lanaca>, приступљено 22.8.2016.
- [8] <http://www.skf.com/uk/products/lubrication-solutions/lubricants/chain-oils/index.html>, приступљено 22.8.2016.
- [9] Мласти и пасте, FUCHS Мазива Д.О.О, Самобор, 2016.