

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: 71/2012

Богдан С. Јовановић

Хабање ланчаних преносника

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Блажа Стојановић, доцент - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру завршног рада кандидат треба да прикаже основне карактеристике ланчаних преносника. Кандидат треба да изврши поделу и класификацију ланчаних преносника, са тежиштем на нове ланце. Поред тога, кандидат треба да да основне информације о подмазивању ланаца. Тежиште рада се односи на класификацију оштећења, односно хабања ланчаних преносника. Кандидат треба да прикаже најчешће врсте хабања, узроке као и мере за њихово отклањање.

Препоручена литература:

- Танасијевић, С., *Механички преносници*, Машински факултет, Крагујевац, 1994
- Стојановић, Б., Благојевић, М., *Механички преносници*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2015.
- Танасијевић, С., *Основи трибологије машинских елемената*, Научна књига, Београд, 1989.

Крагујевац, 2016

ментор:

Др Блажа Стојановић, доцент

Резиме

Ланчани преносници су најчешће примењени и коришћени преносници снаге на тржишту. У дипломском раду су дате основне карактеристике ланчаних преносника, њихова подела, конструкција, предности, недостаци итд. Посебна пажња је на хабању ланчаних преносника и њиховом радном веку. Приказани су најчешћи облици хабања ланчаних преносника, као и фактори који утичу на хабање. Такође су дати најчешћи откази који се могу појавити при њиховој експлоатацији, њихови узроци и мере за отклањање, односно успоравање.

Кључне речи: ланчани преносници, хабање, услови хабања, отказ.

Summary

Chain drives are most commonly used and applied as drive transmissions on the market. This work contains chain drive's basic characteristics, their types, construction, advantages, disadvantages etc. Special attention is given for chain drive wear and work life. The most common types of wear are shown, and also factors that influence wear. Also, there are most common failures in chain drive's exploitation, their causes and wear measures for wear elimination.

Keywords: chain drive, wear, wear factors, failure.

Садржај:

1. УВОД	6
1.1. Историјски развој ланчаних преносника	7
1.2. Конструкција ланца	8
1.3. Ваљкасти ланци	9
1.4. Самоподмазујући ланци	12
1.5. Ланци за повећана оптерећења	13
1.6. Ланци отпорни на корозију	14
1.7. Површински третирани ланци	14
1.8. Ланци од титанијума	15
1.9. Ланци отпорни на ниске температуре	15
1.10. Нискобучни ланци	15
1.11. Ланци од пластике и челика („poly steel“)	15
1.12. Закривљени ланци	16
2. КОНСТРУКЦИЈА ЛАНЧАНИКА	16
2.1. Профили зуба ланчаника	16
3. ПОДМАЗИВАЊЕ ЛАНАЦА	20
3.1. Мазива за рад на високим температурама	24
3.2. Мазива изложена већој количини прашине, песка и осталих нечистоћа	24
3.3. Мазива у влажним и корозионим срединама	25
4. ХАБАЊЕ ЛАНЧАНИХ ПРЕНОСНИКА	26
4.1. Класификација хабања	26
4.2. Мерење издужења ланца	27
4.3. Хабање зуба зупчаника	28

4.4. Питинг	29
4.5. Скоринг	30
4.6. Фретинг	30
5. МЕРЕ ЗА ОТКЛАЊАЊЕ И ВРСТЕ ОТКАЗА.....	32
5.1. Распоред одржавања.....	32
5.2. Врсте отказа.....	33
6. ЗАКЉУЧАК.....	35
7. ЛИТЕРАТУРА.....	36

1. Увод

Ако се пренос снаге између погонске и радне машине заснива на механичком принципу, онда је реч о механичким преносницима који су и најзаступљенији. У пракси, од преносника се користи: [1]

- зупчасти,
- ланчани,
- фриксиони,
- каишни,
- зупчасти каишни,
- кардански и
- навојни и др. преносници.

Преносник у најширем смислу представља машинску групу или машину, чији је задатак преношење енергије од погонске машине ка радној машини. Кретање и обртни момент преносе се помоћу тзв. везе обликом (зупчасти, ланчани, зупчасти каишни преносници,...) или трењем (фриксиони, каишни преносници, ..).

Типови механичких преносника могу бити: према начину преношења оптерећења са погонског на гоњени елемент, положају кинематског пара за преношење кретања и према броју парова главних делова преносника.

Различитим учествовањем радних површина механички преносници се деле: пријањањем зупцима, непосредним додиривањем или неким посредником. Могу бити једностепени, двостепени и вишестепени, а по основној конструкцији могу бити фриксиони, ремени, зупчасти и ланчани преносници.

Ланчани преносници су механички преносници код којих се пренос снаге остварује ланцима. У састав ланчане везе спадају ланци, ланчаници као и уређаји за затезање и подмазивање. Ланчани преносници су једни од највише примењених на данашњем тржишту.

При експлоатацији ланчаних преносника, на њихов радни век знатно утиче хабање које може настати услед корозије, трења, неадекватног усвајања материјала и других радних фактора. Хабање се не може избећи, јер сваки материјал има своју отпорност на хабање која није апсолутна, али се зато може успорити правилним избором материјала, подмазивањем, и одржавањем на дужем временском периоду током свог радног века, [1,2].

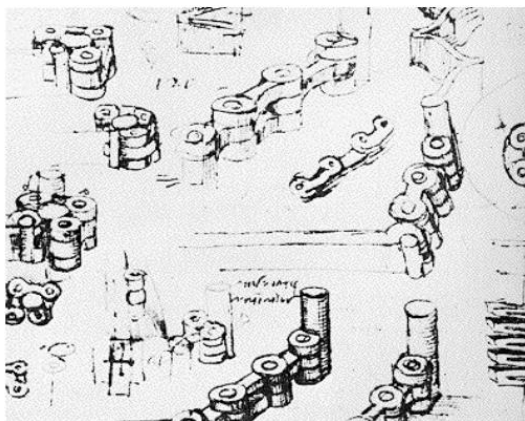
1.1. Историјски развој ланчаних преносника

На слици 1.1. је приказан први ланчани пренос од старих, великих цивилизација су користили стари Римљани за подизање и премештање воде, [3]



Слика 1.1. Римски ланчани пренос за воду, [3]

Први цртежи ланчаних преносника се појављују код Леонарда да Винчија у 15. веку (слика 1.2). Прва патентирана конструкција ланца се нашла у примени 1929. године чији је творац Француз Андре Гал (fr. Andre' Galle), и у машинској техници се називала Галов ланац. Од тог тренутка ланци су се историјом мењали по својој конструкцији, материјалу, термичкој обради итд. а данас се користе у машинама за пољопривреду, грађевину, транспорт, текстил итд. [3].



Слика 1.2. Први Давинчијеви цртежи, [3]

1.2. Конструкција ланца

У машинској техници, ланци се деле на три основне групе: [1]

- погонски,
- теретни и
- вучни.

Погонски ланци су најраспрострањенији. У већини случајева преносе снагу и остварују кретање од извора енергије. Користе се при малим и већим брзинама до 35 m/s. Степен корисног дејства ове групе ланаца углавном зависи од рада силе трења у зглобу и при најбољим условима достиже вредност 0,97-0,99. Ова група ланаца се дели на: [1]

- ваљкасте,
- чаурасте и
- зупчасте ланце.

Теретни ланци се користе за вешање, дизање и премештање терета код котурача, витла, дизаличних уређаја и других механизма периодичне примене. Раде у условима малих брзина од 0,25 до 0,5 m/s. Веома им је ретка употреба код ланчаних преносника непрекидног дејства, [1].

Вучни ланци служе за транспорт и премештање терета код транспортних машина код којих радна брзина не прелази 2m/s: [1]

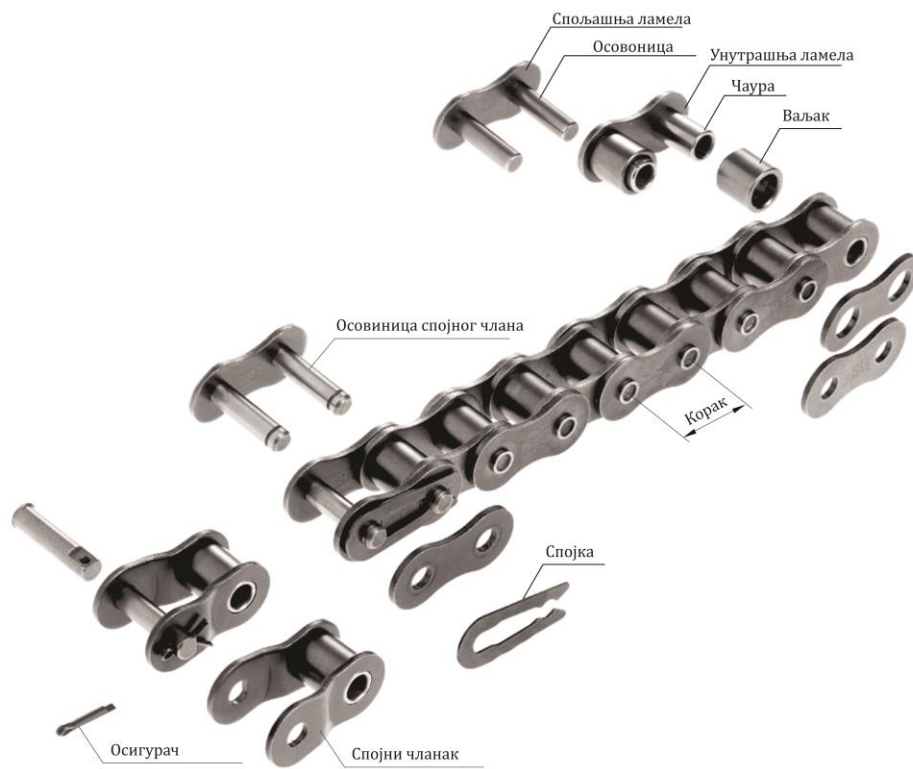
- конвејери,
- дизалице,
- ескалатори,
- елеватори итд.

Издавају се друге врсте ланаца: [2]

- чаурасти,
- зупчасти,
- ланци са осовиницама и
- специјални ланци.

1.3. Ваљкасти ланци

Ваљкасти ланци се састоје из низа узастопно везаних чланака који могу бити унутрашњи и спољашњи. Унутрашњи чланак се састоји из ламеле у коју је упресована чаура око које се налази ваљак. Спољашњи чланак чини спољашња ламела у коју је упресована осовиница. Осовиница пролази кроз обе ламеле и тако повезује чланке док је ваљак слободно навучен на чауру у циљу смањења хабања ланчаника, [1].



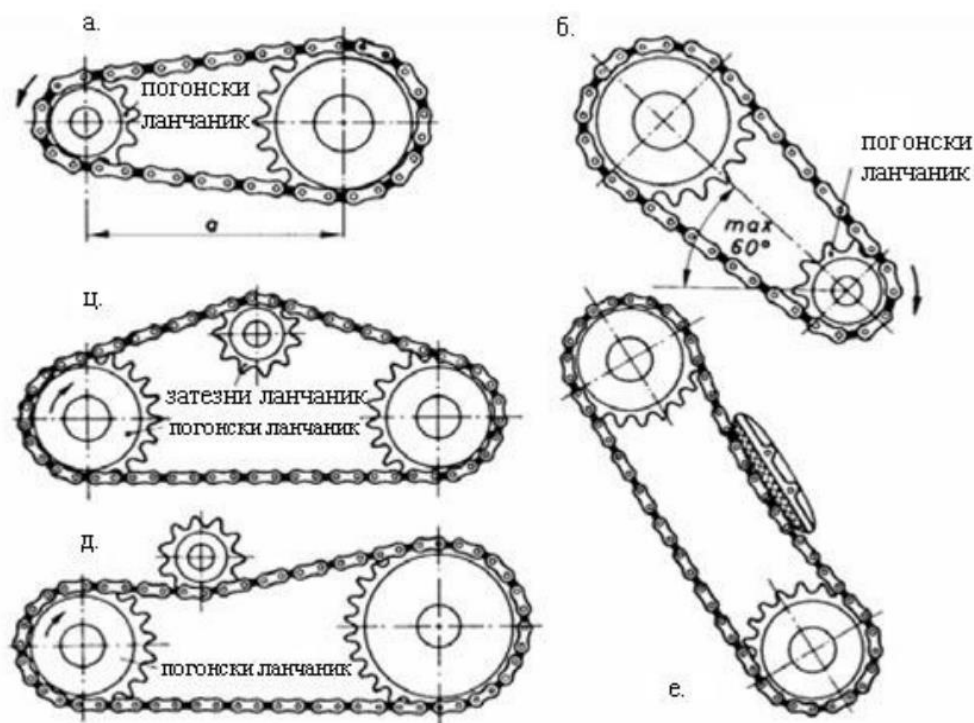
Слика 1.3. Конструкција ланца, [4]

Првобитни дизајн ваљкастог ланца није садржао упресовану чауру и ваљак, тако да се његова конструкција састављала само од спољашњих и унутрашњих ламела везаних осовиницом која је имала директан контакт са зубима ланчаника.

Резултат тога био је веома брзи процес хабања и ланца и зубаца ланчаника. Прво је уведена чаура која је проширила контактну површину ланчане спреге, и тим успорио хабање ланца али зуби ланчаника су и даље били подложни већем хабању услед клизања зуба по чаури. На крају је додат и ваљак који се слободно креће и тим знатно побољшао отпорност на хабање и ланца и ланчаника, [4].

Постављање ланчаних парова је изводљиво у хоризонталном и косом положају. Вертикални положај није погодан због лошег захвата ланца на доњем ланчанику. Јачина захвата ланца на зупце ланчаника, вертикалних и других преносника се може побољшати затезним ланчаницима који су позиционирани између мањег и већег ланчаника (слика 1.4.ц, 1.4.д) или са посебним механизмом (слика 1.4.е), [3].

Резултат је затегнутији ланац и пригушене попречне вибрације вучног огранка ланца. Ако су положаји вратила вертикални, ламеле ланца су изложене интензивном хабању. Захват ланчаног пара је бољи ако је вучни огранак са горње стране.



Слика 1.4. Положаји ланчаних преносника, [3]

Један ланац може преносити снагу са више вратила истовремено, при различитим осним растојањима ланчаника, [3].

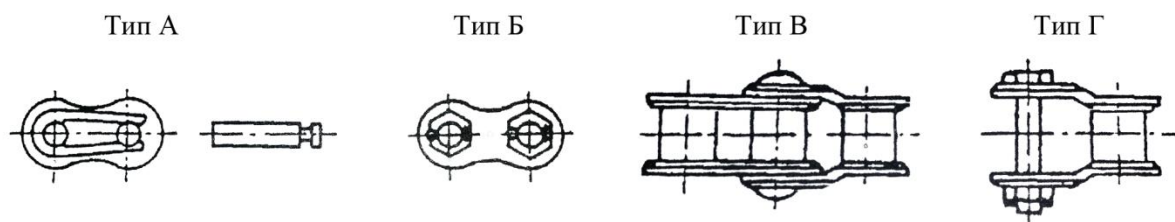
Предности ланчаних преносника су: [1,2]

- висока чврстоћа ланца,
- могућност преношења снаге и кретања са једног на више вратила и повезивања вратила са великим међуосним растојањем,
- нема проклизавања,
- мање димензије ланца у односу на каиш,
- лака и једноставна замена,
- релативно висок степен искоришћења,
- константан средњи преносни однос,
- могућност преношења великих снага и
- лако подешавање међуосног растојања додавањем или одузимањем чланака ланца.

Недостаци ланчаних преносника су: [1,2]

- релативно велико хабање ланаца и ланчаника,
- потреба за затезним механизмима као компензација издужења корака ланца,
- неопходност правилне монтаже уз сталну контролу и обавезно подмазивање,
- појава шума и вибрација, посебно при мањим бројевима зубаца ланчаника и при великим брзинама и
- немогућност примене код вертикалних вратила.

У зависности од корака ланца као и од тога да ли је број чланака паран или непаран, постоји четири типа спољашњих чланака. Чланак, типа А, за ланце са парним бројем чланака, са спојком, за корак $h \leq 12,7 \text{ mm}$, (слика 1.5). Спојни чланак, типа Б, за ланце са парним бројем чланака за корак $h > 12,7 \text{ mm}$. За ланце са непарним бројем чланака, за корак $h \leq 12,7 \text{ mm}$ употребљава се чланак типа В. Код ланаца непарног броја чланака и за корак $h > 12,7 \text{ mm}$ користи се типа Г, [1].



Слика 1.5 Облици везних чланака, [1]

Ваљкасти ланци се могу састављати као једноредни и вишередни ланци, на бази елемената једноредног ланца. Вишередни ланци раде при истим бројевима обрта, као и једноредни и то омогућава смањење габаритних димензија ланчаних преносника избором мањег корака ланца. Могу се израђивати као ваљкасти ланци (SRPS M.C1.820), за повећана оптерећења (SRPS M.C1.821), са дугим чланцима (SRPS M.C1.822), ваљкасти челични ланци за пољопривредне машине и конвејере (SRPS M.C1.827) и други, [1].

Поред стандардног ваљкастог ланца постоје друге варијације као што су самоподмазујући ваљкасти ланци, ланци за велика оптерећења, ланци отпорни на корозију, специјални ваљкасти ланци.

1.4. Самоподмазујући ланци (λ ланци)

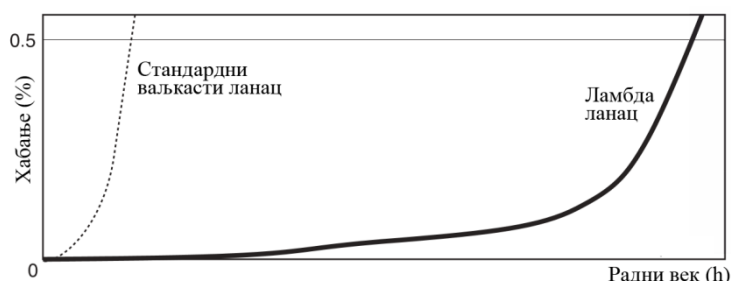
Од појаве 1988. год, самоподмазујући, односно Ламбда ланци су стекли изванредан углед у индустрији и осталим применама. Задовољавају велики број захтева купаца у области дугог радног века и радних средина без подмазивања и тим доприносе смањење у целокупним дугорочним трошковима.

Могу радити на температурама од -10°C до 150°C . Овај ланац карактерише чаура која је обложена слојем уља који омогућава равномерно подмазивање ланца током рада и задовољава потребу рада у просторијама где је подмазивање неприступачно. Једна таква чаура је приказана на слици 1.6. [4].

На слици 1.7. је приказан знатно бољи учинак ламбда ланца у односу на стандардни ланац. Ламбда ланци се такође израђују у облику ланца за повећана оптерећења и ланца са закривљењем према потражњи купца, [4].



Слика 1.6 Ваљак импрегниран уљем, [4]



Слика 1.7 Поређење радног века, [4]

Варијација Ламбда ланца је Икс-Ламбда ланац (X- λ) који са обложеном чауром у додатку садржи додатну ламелу која је такође обложена уљним слојем и тим побољшава отпорност на хабање у односу на ламбда ланац. Компатибилан је са ламбда ланцима, али због продужене осовинице не одговара свакој машини.

Радне температуре се крећу од -10°C до 150°C . Велика предност самоподмазујућих ланаца је у индустрији хране где је хигијена радних површина један од главних приоритета. Ламбда ланци могу бити за велика оптерећења као и закривљени ланци, [4].

1.5. Ланци за повећана оптерећења

Ланци за повећана оптерећења се израђују у више варијанти. Због њихове максималне дозвољене носивости, користе се код компактних система за пренос снаге. Употребљавају се у грубим срединама где је ланац изложен јаким ударима, затим код компактних машина које раде у уским просторима и кад је потребан већи пренос снаге, већа затезна чврстоћа, мања еластична деформација, итд.

Ланци за повећана оптерећења могу бити у облику „Super“ ланца, „RS-HT“ ланца, „Super-H“ ланца и „Ultra Super“ ланца, [4].

„Super“ ланац, има три основне димензије као стандардни ваљкасти ланац, али дебљу спољашњу ламелу која му омогућава повећање носивости за 30%. Погодан је у ситуацијама где би се употребом стандардног ланца појавио отказ услед замора материјала.

„RS-HT“ ланац садржи унутрашње и спољашње ламеле које су за број веће од ламела код стандардног ланца. Имају већу затезну чврстоћу за 20% и идеални су у ситуацијама где је потребна велика затезна чврстоћа и мале еластичне деформације.

„Super-H“ ланац садржи унутрашње и спољашње ламеле исте дебљине као „Super“ ланац. Раде у условима где је повећана носивост и заморна издржљивост и где је потребна абсорпција удара.

„Ultra Super“ ланац садржи овалне унутрашње и спољашње ламеле исте дебљине као ламеле код „Super“ ланца. Имају највећу дозвољену носивост и затезну чврстоћу од осталих ланаца и погодни су за компактне машине, [4].

1.6. Ланци отпорни на корозију

У ову врсту спадају ланци од нерђајућег челика, површински третирани ланци, ланци од титанијума, ланци отпорни на ниске температуре, нискобучни ланци, ланци од метала и пластике, закривљени ланци од нерђајућег челика и други, [4].

Ланци од нерђајућег челика се деле на „SS“, „NS“, „AS“, „LSC“ серије, [4].

„SS“ серија је основна серија израђена од нерђајућег челика (Ћ.4580). Пружају већу отпорност на корозију од стандардних ланаца и површинских третираних ланаца. Могу се употребљавати у води и корозионим атмосферама које могу бити киселе или алкалне, као и код високих и ниских температура (од -20°C до 400°C). Садрже мала магнетна својства јер пролазе кроз процес хладног ковања.

„NS“ серија је израђена од (Ћ.4574). Користе се када је потребна већа отпорност на корозију од „SS“ серије.

„AS“ серија садржи осовинице и ваљке израђене од каљеног нерђајућег челика поступком каљења прскањем расхладне течности, док су ламеле и чауре израђене од нерђајућег челика. Имају 50% већу носивост и нешто мању отпорност на корозију од „SS“ серије.

„LSC“ серија садржи самоподмазујуће ланце. Погодни су у ситуацијама где је потребна већа отпорност на хабање него код „SS“ серије.

1.7. Површински третирани ланци

Ови ланци су третирани тако да им је површина обложена слојем материјала који има циљ да побољша особине ланца, естетички, за отпорност на корозију и др. Деле се у „NP“, „NEP“, „APP“ серије.

„NP“ серија је никлована. Површински никл побољшава изглед ланца дајући му хромирани сјај и даје ланцу мало већу отпорност на корозију. Употребљавају се у ситуацијама где је ланац изложен води. Ова серија има 15% мању носивост од стандардних ланаца.

„NEP“ серија је веома отпорна на корозију зато што има основну облогу од цинка и у додатку има две врсте специјалних облога чаура и осталих делова.

„APP“ серија је израђена поступком који не смањује чврстоћу у циљу отпорности од питинг корозије која доводи до отказа услед замора материјала.

*Напомена: „NP“ и „NEP“ серије не треба користити ако би ланци дошли у директан контакт са храном, или где би честице од хабања могле загадити храну. Честице које се јављају при хабању специјалне облоге „NEP“ серије су лакше од воде и плутаће, [4].

1.8. Ланци од титанијума

Квалитетна својства титанијума дају овим ланцима велику чврстоћу, мању тежину и велику отпорност на корозију. Такође немају магнетна својства. Раде на температурама од -20°C до 400°C , [4].

1.9. Ланци отпорни на ниске температуре

Могу се употребљавати при нижим температурама него стандардни ланци, али имају исту носивост. При коришћењу неких спојних чланака може доћи до смањења снаге за 20%.

1.10. Нискобучни ланци

Користе се у ситуацијама где се захтева мања бука и вибрације од машина. Емитују од 6 до 8 dB мању буку неко стандардни ланци, [4].

1.11. Ланци од пластике и челика („poly steel“)

Израђују се у „PC“, „PC-SY“, „BS-PC“ серијама. Комбинацијом пластике и челика остварени су ланци који могу радити у условима где је хигијена неопходна, обично у прехранбеним индустријама.

„PC“ серија (слика 1.8), садржи осовинице и спољашње ламеле од челика док су унутрашње ламеле и ваљци од пластике. Самоподмазујући су, производе малу буку (5 dB мање од стандардних) и лакши су за 50% од стандардних ланаца. Раде на температурама од -20°C до 80°C , [3].

„PC-SY“ серија (слика 1.9.) је веома отпорна на корозију. Осовинице и спољашње ламеле су израђене од титанијума, док су унутрашње ламеле од пластике. Користе се у условима где „PC“ серија не може радити услед корозије. Носивост је 60% мања од где „PC“ серије.



Слика 1.8. Ланац „PC“, [4]



Слика 1.9. Ланац „PC-SY“, [4]

1.12. Закривљени ланци

Ову врсту ланаца (слика 1.10.) карактеришу посебне осовинице, чауре и ламеле које ланац чине закривљеним, односно под радијусом. Њихов пренос се обавља нормално уз употребу стандардних ланчаника [4].



Слика 1.10. Закривљен ланац, [4]

2. Конструкција ланчаника

Поузданост и век трајања ланчаног преноса у великој мери зависи од правилног избора ланчаника, односно од правилног избора конструкционог решења зупчастог венца, оптималног профила зуба, материјала, термичке обраде, технологије и тачности израде, [1].

2.1. Профили зуба ланчаника

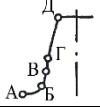
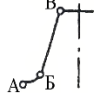
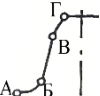
Главни елемент ланчаника је његов профилисани зуб од чијег облика и избора зависи радна способност ланчаног преноса, [1].

За поуздан рад и сигуран пренос снаге, облик профила зуба мора да обезбеди: [1]

- слободан улаз чланака ланца у спрегу са зубима ланчаника, да спрезање буде поуздано и несметан излаз из спреге,
- најмању кинетичку енергију удара чланка ланца у тренутку спрезања,
- целокупну компензацију увећања корака ланца, условљеног хабањем зглоба у процесу експлоатације и
- могућност примене прогресивних технолошких поступака израде зуба, коришћењем минималног броја профилисаних алата, итд.

Данас се најчешће користе четири карактеристична облика профила зуба ланчаника приказана у табели 2.1. [1].

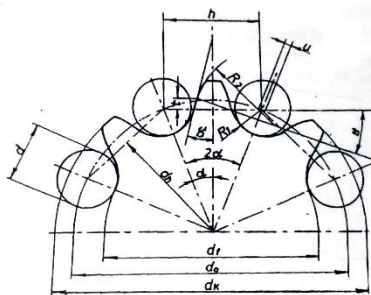
Табела 2.1. Облици профила зуба, [1]

Ред број	Назив профила зуба по облику бочне површине	Скица	Састав бочног профила зуба
1.	Угнуто – испупчени (А АВ 29-1-57, GOST 591-69, ANSI – В29)		- удубљење: АБ - угнута површина: БВ - веома мала праволинијска површина: ВГ - глава зуба: ГД
2.	Праволинијски (В 226, GOST 592-68, DIN 8197)		- удубљење: АБ - радни део: БВ са праволинијском површином зуба
3.	Праволинијски-испупчени (DIN 8196, GOST 592-68)		- удубљење: АБ - радни део: БВ са праволинијском површином зуба - глава зуба: ВГ
4.	Испупчени (GOST 1053-53, 5006-56)		- удубљење: АБ - радни део: БВ са испупченом површином: БВ

Код конструкционог решавања ланчаног преноса, од велике важности је правилан избор профила зуба ланчаника. Бројна теоретска и експериментална испитивања, вршена у том правцу, показала су да при почетном раду ланца, односно његовог периода уходавања, нешто боље особине показују профили зуба типа 1 (табела 2.1.). Значајно боље особине у даљем периоду експлоатације, који је и знатно дужи, показују профили типа 2 и 3, [1].

За израду и експлоатацију су погоднији ланчаници са симетричним положајем главчине. Симетрична главчина омогућава да се после одређеног времена рада, ланчаник заротира за 180° , спрежући другу, неоштећену страну зуба. Оваква израда им даје предност у области уштеде материјала, лакше израде итд... [1].

На слици 2.1. дате су конструкционе мере профила зуба ланчаника, [1].



Слика 2.1. Конструкционе мере профила зуба, [1].

Ланчаници различитих типова ланаца се не разликују међусобно по основним конструкционим решењима. Измене су могуће само у конструкцији зуба, у зависности од избора ланца. Положај главчине у односу на зупчасти венац (слика 2.2.) може бити симетричан, асиметричан и једностран.

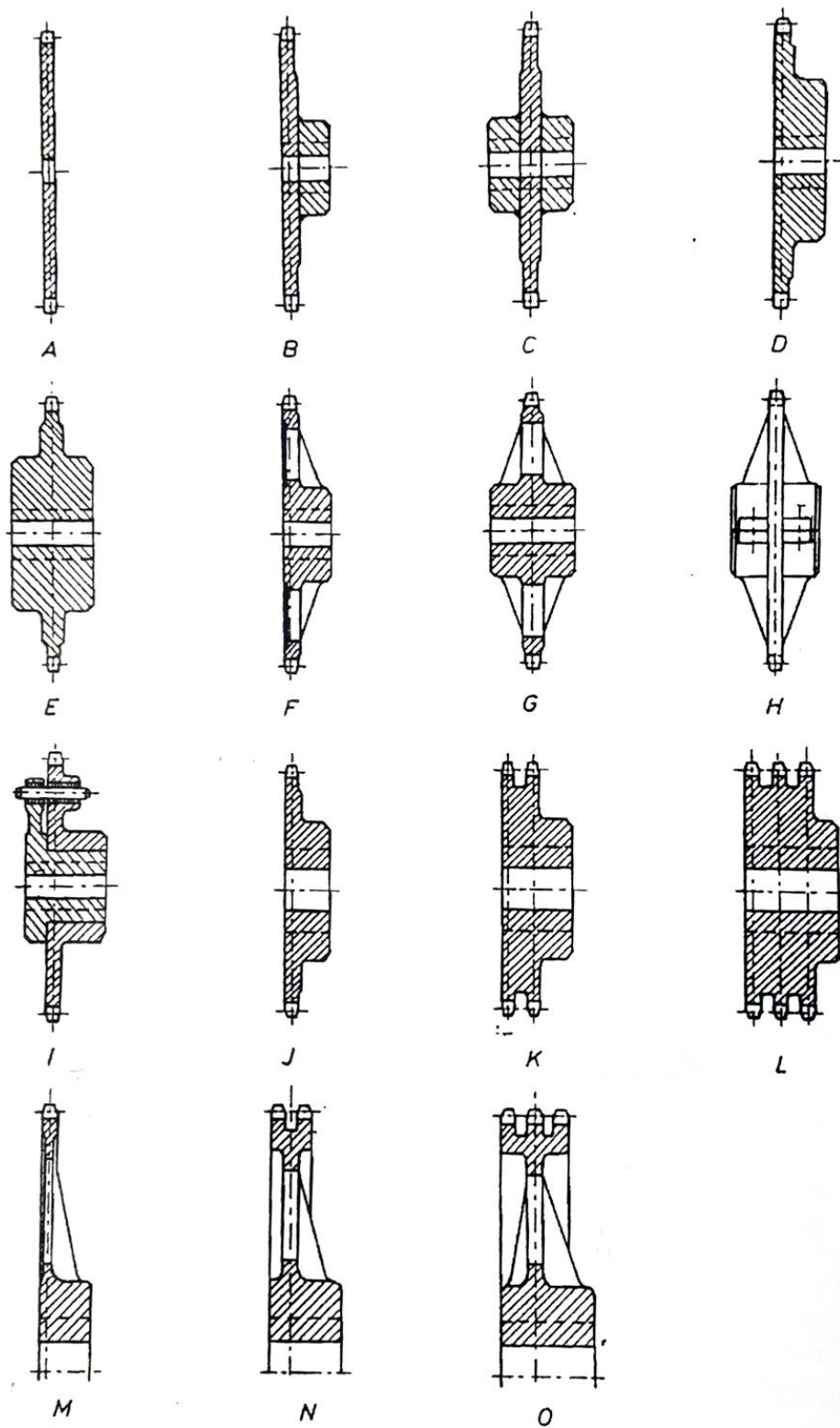
Попречни пресек зуба и обода (слика 2.2) се конструктивно може извести тако да је дебљина зуба и обода једнака (Н), дебљина зуба мања од дебљине обода (В, С, D, Е, I) и дебљина зуба једнака или мања од дебљине обода по периферији, која се даље сужава и постаје тања (М), [1].

Ланчаници код којих је дебљина зуба мања од дебљине обода су ланчаници већих димензија, који у великом броју случајева могу имати и паоке. Веза зупчастог венца и главчине може бити крута и са заштитним уређајем који служи за обезбеђивање преносника од преоптерећења. Због тога се конструкције ланчаника могу поделити на монолитне (из једног комада) и монтажне (растављене и нерастављене).

Ланчаници са малим бројем зуба се израђују заједно са вратилом. У том случају када је, због хабања ланчаника, неопходна замена, мора се заменити и вратило. При већем броју зуба и код већег корака, погодно је ланчаник олакшати отворима, као и примењивати аксијална ребра (F, G, H, M) или паоке код ланчаника већих димензија.

Монтажни ланчаници са нерастављивом везом зупчастог венца и главчине су најчешће заварени. У зависности од броја редова ланца, ланчаници могу бити једноредни, дворедни, троредни и вишередни.

Конструкције дворедних и троредних ланчаника дате су на слици 2.2. Зупчасти венац ланчаника могуће је лити и од полимера, односно пластике и у процесу ливења везивати на металну главчину, посредством кружног жљеба и полуотвора распоређених по периферији металне главчине. [1]



Слика 2.2. Различите конструкције ланчаника, [1]

3. Подмазивање ланаца

Правилно и равномерно подмазивање ланчаних преносника у експлоатацији је један од битних услова за дуг век преносника. Нормални услови рада преносника су одређени присуством мазива у зглобу ланца и на зубу ланчаника. Правилно подмазивање повећава отпорност на хабање, ублажава удар чланака о зубе ланчаника, степен корисног дејства и век трајања а смањује шум у раду, односно буку која се емитује током рада, [1] .

Да би се остварило ефикасно подмазивање, такође је потребно узети у обзир следеће факторе: [2]

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

У зависности од услова рада и димензија ланчаног преноса, подмазивање се може вршити у више облика: [1]

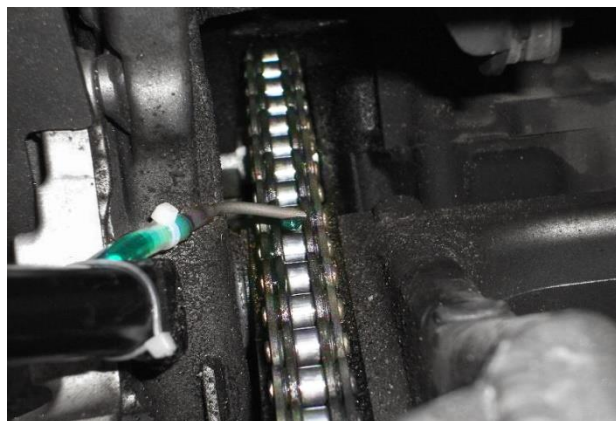
- периодично подмазивање ручном мазалицом или четкицом,
- непрекидно подмазивање капањем,
- картерско и центрифугално подмазивање и
- подмазивање под притиском.

За ланчане преноснике малих димензија примењује се ручна мазалица или четкица. Током примене ове врсте подмазивања неопходно је подмазати тако да мазиво продре у сваки зглоб и све зазоре спољашње и унутрашње ламеле као и ваљка. Недостатак је дуже време које је потребно да би се подмазивање извршило правилно, [1].

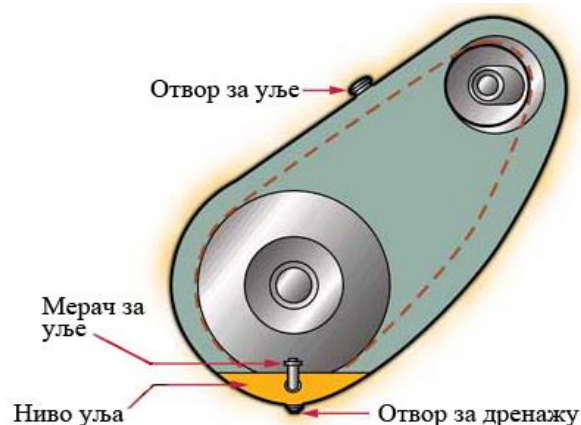
Непрекидно капање је најраспрострањенији начин подмазивања који даје добре резултате. Подмазивање (слика 3.1.) се остварује тако што се на кућиште преносника постави мазалица, усмерена директно на ланац.

Картерско подмазивање је приказано на слици 3.2 и оно даје боље резултате при већим радном брзинама ланаца. Остварује се потапањем дела ланца у мазиво до ламеле. Мање потопљено неће натапати ланац добро мазивом. Више мазива доводи до пенушања, повећане температуре и додатне отпоре при кретању ланца кроз мазиво.

Подмазивање под притиском се користи код ланаца који раде при већим брзинама. Остварује се непрекидним подмазивањем унутрашње стране слободног огранка, помоћу пумпе или бризгача, [1].



Слика 3.1. Мазалица изнад ланца



Слика 3.2. Картерско подмазивање

Ланци се најчешће подмазују течним мазивима, зато што вискозност течних мазива им омогућава да најбоље продру у зглоб ланца, између ламела итд. Најбоља су минерална уља. При избору вискозности, потребно је узети у обзир притисак у зглобу, брзину ланца и температуру околине. Савремени услови коришћења ланаца у условима све већих оптерећења при раду, захтевају од савремених мазива све веће захтеве, који се више не могу постићи природним саставом. Зато се данас све више користе, мешана мазива која садрже адитиве. Додати адитиви повећавају контактну површину, отпорност на хабање и продужују век трајања ланца. Посебно су се истакли адитиви који садрже цинк, сумпор, молибден и олово, [1].

У табели 3.1. дате су препоруке за избор уља за услове основног растојања $A \leq 50h$, $i \leq 2$ и температуру око 20°C , [1].

Табела 3.1: Препоруке за избор уља

Ручно подмазивање купањем			Непрекидно и картерско подмазивање		
Притисак у зглобу N/mm^2	Брзина ланца m/s	Кинематска вискозност $\nu_{50}(\text{cSt})$	Притисак у зглобу N/mm^2	Брзина ланца m/s	Кинематска вискозност $\nu_{50}(\text{cSt})$
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

Од температуре такође зависе физичко – хемијске карактеристике мазива, нпр. није свако уље једнаког вискозитета на ниским и високим температурама.

Према табели 3.2. користити препоруке за избор уља: [1]

Табела 3.2. Табела за избор уља према температури околине и кинематске вискозности

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

Ланци се такође могу подмазивати тврдим мазивима. У тврда мазива спадају графити, различити сулфиди (нпр. молибден-дисулфид), селениди и телуриди. Такође се користе и пластмасе: флуорисани, нискомолекуларни етилен и пропелен, „PTF“, хлорирана једињења и метали (олово).

Подмазивање тврдим мазивима је оправдано у условима присуства абразивних честица у радној средини, као и у случајевима отежаног подмазивања течним мазивима. Пре испоруке, ланци се стављају у посебна средства-конзервансе. Они спречавају корозију ланца и служе као мазиво у периоду уходавања, [1].

У основну групу мазива спадају: [5]

- уља и течности за моторе и моторна возила,
- мазива и сродни производи за индустрију,
- средства за хлађење и подмазивање обради метала („SHP“),
- средства за привремену заштиту од корозије и
- мазивне масти.

Уља и течности за моторе и моторна возила обухватају: [5]

- моторна уља за путничка и комерцијална возила, железнички транспорт, грађевинске и пољопривредне машине,
- моторна уља за бродске и двотактне моторе,
- уља за ручне мењаче и диференцијале,
- уља за аутоматске мењаче и хидродинамичке преноснике,
- универзална уља за тракторе,
- уља за амортизере и хидраулику грађевинских и пољопривредних машина,
- течности за кочионе системе,
- течности за расхладне системе моторних возила итд.

Мазива и сродни производи за индустрију обухватају: [5]

- хидраулична уља и течности,
- уља за клизне стазе,
- циркулациона уља,
- мазива за затворене индустријске зупчанике,
- мазива за отворене зупчанике и челичну ужад,
- уља за ланце,
- уља за текстилну индустрију,
- турбинска уља и
- уља за ваздушне и гасне компресоре.

Мазивне масти обухватају: [5]

- универзалне мазивне масти,
- масти за кугличне лежајеве,
- специјалне масти за посебне услове рад и
- биоразградиве мазивне масти.

Мазива за ланце морају такође одговорити разним условима рада ланчаних преносника. Током развоја ланчаног преноса, упоредно су се развијала и мазива. Данас постоје више врста мазива: [6]

- мазива за рад на високим температурама,
- мазива изложена већој количини прашине, песка, осталих прљавштина и
- мазива за мокре и корозионе средине.

Кад се узме у обзир горња температурна граница мазива, морају се такође узети ограничења згушњивача мазива. Када се температура мазива повећа до одређене тачке, гел структура мазива постаје нестабилна и мазиво постаје течност.

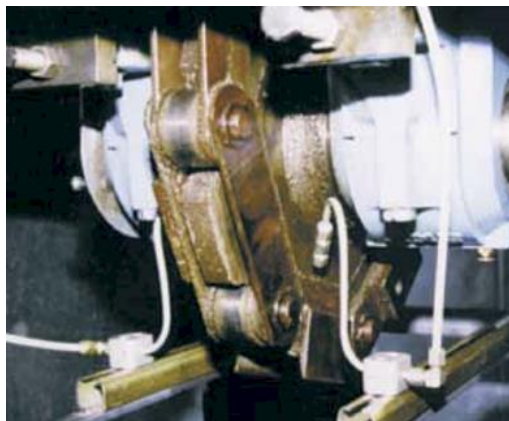
У табели 3.3. су приказани поједини температурни падови: [6]

Табела 3.3. Температурни падови појединих згушњивача, [6]

Згушњаваач мазива	Температурни пад, °C
Литијум комплекс	250 - 320
Натријум комплекс	240 - 260
„PTFE“	230 - 300
Калцијум комплекс	225 - 250
Алуминијум комплекс	200 - 260

3.1. Мазива за рад на високим температурама

Током рада на високим температурама, преко 150°C, није дозвољено формирање остатака мазива на ланцу које би довело до спречавања нормалног рада ланца. Док мазиво испарава на високим температурама, требало би да одржи флуидно стање што дуже уз минималну могућу количину остатака. Пример употребе је ланац у цементној индустрији, приказан на слици 3.3. У ова мазива спадају Castrol Viscogen Kl, Castrol Viscogen KKL и Castrol Tribol 290, [6].



Слика 3.3 Ланац у индустрији цемента, [6]

3.2. Мазива изложена већој количини прашине, песка и осталих нечистоћа

Поједина мазива остављају влажну и лепљиву површину која привлачи и везује чак и најфинију прашину, и с њом ствара пасту која смањује брзину рада ланца, повећава отпоре, убрзано хаба и скраћује радни век чауре, ваљка и осталих делова. Честа пракса при раду у условима са прашином (глодалице за метал, цемент, папир, брашно...) је да се рад врши са сувим ланцима што доводи до брзог хабања, и губитка продукта, [6].

Истраживања су показала да мазиво може продужити радни век ланца ако боље продре у радне елементе ланца. Castrol Molub-Alloy Chain Oil 22 је једна варијација ове врсте полу сувих мазива, које пружа веома танак филм који изгледа као суви филм. Ово мазиво обезбеђује минимално привлачење и скупљање прашине и осталих честица као што су струготина, песак, и тако уклањајући могућност формације абразивних једињења које могу смањити радни век ланца (слика 3.4.), [6].



Слика 3.4 Ланац у фабрици цемента са већом количином прашине, [6]

3.3. Мазива у влажним и корозионим срединама

Током примене у влажним условима, мазиво мора бити нерастворљиво у води и отпорно на различите типове хемикалија као што је детерџент. Синтетичка естер мазива су веома успешна у овим условима. Пример приказан на слици 3.5. је ланац изложен спољашњим условима, позициониран изнад траке у фабрици, [6].



Слика 3.5 Ланац изнад траке у ауто фабрици, [7]

Термичко разлагање је процес где мазиво не може одржати гел структуру због превелике температуре и где се почиње претварати у течност. Тачка температурног разлагања није иста за сва мазива. У табели 3.4 су приказана температурна разлагања базних уља која се често користе у пракси. Ови резултати се не могу побољшати, али могу се погоршати додавањем адитива, [7].

Табела 3.4 Термална разлагања базних уља, [7]

Базно уље	Температура разлагања
Високо квалитетни угљоводоници	280 - 320 °C
Ди-естери	275 °C
Полиолестери	315 °C
Полигликоли	220 °C
Фосфатни естери	420 °C
Силикони	315 - 370 °C
Силикати	345 - 450 °C
Полифенол естери	440 - 485 °C
Перфлуор-полиалкил (PFPAE)	360 - 390 °C

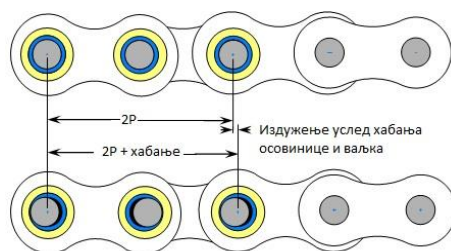
4. Хабање ланчаних преносника

4.1. Класификација хабања

Код свих контактних површина се јавља хабање, односно одношење материјала услед силе трења. Последице хабања код конструкције ланчаних преносника могу бити у облику: [8]

- издужења ланца услед хабања осовинице и ваљка,
- хабање зуба ланчаника,
- питинг (*pitting*),
- скоринг (*scoring*),
- фретинг (*fretting*),
- абразија итд.

Ланац је група ламела међусобно повезаних осовиницама око којих су слободно навучени ваљци. Током експлоатације, трење се јавља притиском осовинице на ваљак, и на тим површинама настаје хабање као последица тог трења (слика 4.1.). Иако се ланци подмазују, мазива која се користе не могу у потпуности уклонити трење, и резултат тога је хабање осовинице и ваљка ланца. Одношењем материјала се смањују пречници ваљка и осовинице и то временом повећава укупну дужину ланца, чинећи ланац лабавим.



Слика 4.1. Издужење ланца услед хабања осовинице и ваљка, [8]

Ова врста хабања је нормална и појављује се код свих ланчаних преносника. Брзина хабања зависи од неколико фактора: правилно подмазивање, оптерећење и учесталост и степен међусобног деловања осовинице и ваљка.

Производња делова која су подложна хабању захтева максималну пажњу до детаља, полазећи од избора материјала, израде делова и припреме делова за склапање. Сви ови фактори су критични елементи потребни за остваривање максималног учинка. У случају да су ове компоненте (осовиница и ваљак) лошег квалитета, животни век ланца ће бити мањи од предвиђеног без обзира на остале факторе, [8].

4.2. Мерење издужења ланца

Мерење ланца је неопходан део његовог одржавања током периода експлоатације поред подмазивања и других контрола. Мерење издужења ланца се врши да би се одредило да ли је ланац издужен до те мере да је потребна замена. Да би мерења била тачна, она се врше док је ланац под напоном, односно у спреси.

Мерење се изводи тако што се одмерава раздаљина између осовиница што прецизније и њихов број у номиналној вредности укупне дужине ланца. Што више корака има у номиналној мери то је издужење мање. Ако измерени број корака прелази дозвољени, унутар номиналне вредности, ланац је потребно заменити, [8].

Највеће дозвољено издужење услед хабања, је 3% за скоро све индустријске ланце. Дозвољено издужење за ланце са већим ланчаницима са 60 зуба и више се може израчунати користећи везу $200/N$, где је N број зуба већег ланчаника. Код ланчаника са паралелним радом или где се захтева миран рад, максимално дозвољено издужење је 1,5%, [8].

Издужење ланца се може израчунати следећом формулом:

$$\% = \left(\frac{M - (S \cdot P)}{S \cdot P} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

где је:

M - дужина измереног броја чланака,

S - број чланака и

P - је корак.

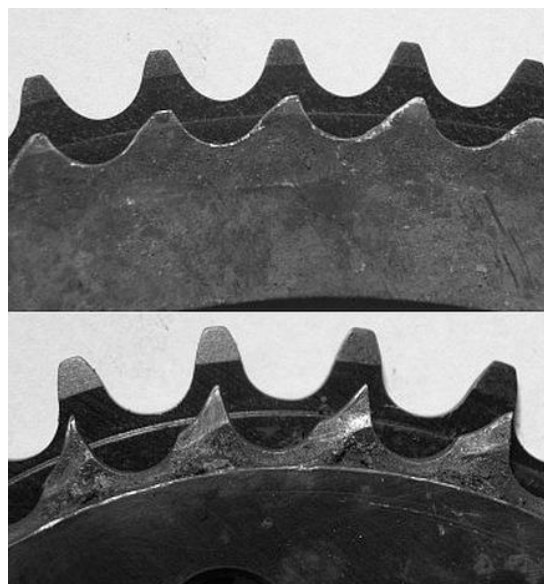
4.3. Хабање зуба ланчаника

Код ланчаног преноса, наспрам хабања ланца, јавља се хабање ланчаника односно хабање контактне површине зуба ланчаника и карика ланца. Ланчаник је конструисан тако да има дужи животни век од ланца. Иако се ланац похаба, затегне или замени другим, трећим, ланчаник се мора похабати у једном тренутку.

Код ланчаника се хабање јавља на његовим зубима, односно са једне стране зуба која има контакт са чауром. Предност у овој области имају симетрични ланчаници (приказани на стр. 12 : А, С, Е, G, Н) чија симетрија им омогућава да уместо замене се заротирају 180° и да се стави друга страна зуба у спрегу. Код несиметричних ланчаника, кад хабање зуба пређе дозвољену вредност, врши се замена, ређе репаратура. Хабање је приказано на сликама 4.2 и 4.3. [1, 8].



Слика 4.2 Похабани ланчаник у спреси,[9]



Слика 4.3. Замењени похабани ланчаник,[10]

Ако се ланчаник који је похабан преко дозвољене вредности не замени, он може проузроковати нагло, убрзано хабање ланца што скраћује његов радни век много више од предвиђеног. Количина хабања се контролише тако што се мери дубина полукружног зазора који је направио ваљак у спреси.

Зуби ланчаника немају једину улогу у вези животног века ланца. Ако се ланчаник не позиционира правилно у односу на вратило, долази до неравномерног рада ланчаника што прави додатна оптерећења на чланке ланца и његовог убрзаног хабања.

На слици 4.4. је приказано хабање зуба, и мере количине хабања. Ако дубина полукружног жљеба (X) дође до 10% од ширине зуба на номиналном пречнику (Y), ланчаник се мора заменити. Квалитетни ланчаници долазе у ово стање хабања тек после замене неколико ланаца. [11]

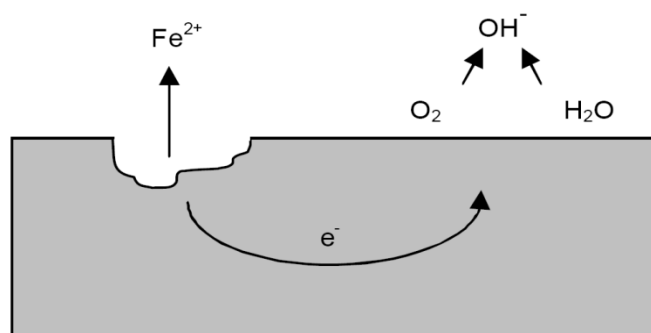


Слика 4.4. Индикатор хабања зуба ланчаник, [11]

4.4. Питинг

Питинг је врста веома локализованог, корозионог хабања у виду рупа или јама у металу (*енг. Pit*) које су постале анодне док је околни, већи део катодан. Резултат тога је галванска корозија коју карактерише процес аутокатализе (слика 4.5). Почиње тако што се на малим местима јавља киселост коју одржава раздвајање катодних и анодних полуреакција у простору и тако ствара потенцијални градијент и миграцију агресивних електрона ка рупи (јама), [12].

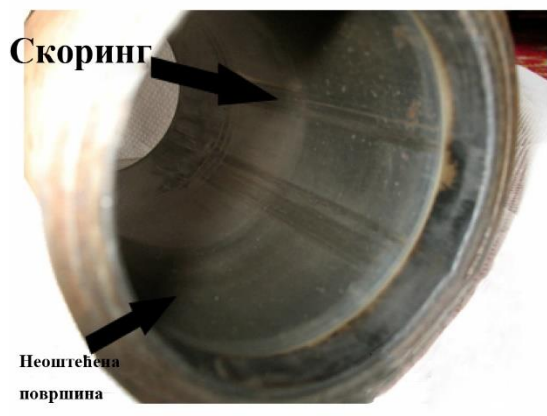
Ова врста хабања је опасна зато што прави мала оштећења на површини материјала и прекрива унутрашњу штету која је знатно опаснија и која доводи до отказа. Узрок настајања питинга су обично мали површински дефекти у облику огреботине, односно оштећења површинске заштите. Полиране површине показују већу отпорност на питинг, [12].



Слика 4.5. Аутокатализа [12]

4.5. Скоринг

Скоринг (енг. scoring) је облик абразивног хабања на храпавим површинама, често са усецима (слика 4.6). Појављује се у виду дугих огреботина у правцу кретања радног елемента. Скоринг је опасан зато што повећава храпавост површине. Карактерише га пренос метала са једне површине на другу под клизним контактом и изазван је неправилним подмазивањем при високим оптерећењима. Спада у тежи облик хабања јер изазива кидање и пренос мањих парчића метала, и под високим температурама може доћи и до заваривања делова. Скоринг такође може настати после формирања питинга, [12].



Слика 4.6. Скоринг у виду попречних праволинијских огреботина, [12]

4.6. Фретинг

Геометрија зглоба, релативна кретања елемента са мањим осцилаторним померањима у систему осовиница – чаура и присуство вибрација су узроци за настајање фретинга (енг. Fretting). Фретинг (слика 4.7.) настаје у зони контактних површина два дела, која се осцилаторно крећу са малим амплитудама, [3].



Слика 4.7. Пример фретинга, [3]

Варијација је фретинг корозија, код које се услед присуства оксидационе или киселе средине, хемијским реакцијама јавља корозија и даље разарање. Даљи фретинг процеси су атхезија површине, разарање површина услед замора материјала, итд...

Код фретинг корозије, основни утицај разарања има оксидација површинског слоја материјала. У зони контакта, се формирају јамице испуњене оксидом (слика 4.8.) који касније одваја абразивна честица, [3].



Слика 4.8. Фретинг корозија, [3]

Контактна површина која је обухваћена абразивном корозијом, обично је прекривена слојем црвеног оксида (Fe_2O_3), која најпре избија из зглоба и коју је лако уочити и на спољашњим ламелама чланка. Код површина осовинице и чауре се јављају микропукотине и јамице, испуњене честицама хабања, корозијом итд..

Други облици абразивног хабања су скафинг (енг. scuffing) и галинг (енг. galling). Скафинг (слика 4.9.) је облик хабања код ког се јавља изједање контактних површина уз појаву рисева, пластичних деформација и преноса материјала, [3].



Слика 4.9. Скафинг чауре

5. Мере за отклањање и врсте отказа

За остваривање максималног учинка ланца и ланчаника, са минималним скраћењем рада и непогодама када је обавезна замена, одржавање опреме треба да буде често и испланирано. Ако нема рутинског одржавања, када дође до отказа ланчаног преноса, а у складишту нема замене, наручивање траје неколико недеља и то доводи до одлагања рада, и одређеног губитка новца. Ово се лако спречава тако што се у складишту чувају резервни делови важних машина и одржавање се изводи на време, [13].

Праћење учинка рада ланчаног преноса омогућава компанијама да прате степен оштећења ланца и ланчаника, и да планирају замену много раније, спречавајући скупе отказе и скраћени радни век. Такође им даје довољно времена за наручивање нових делова ако је потребно, избегавајући проблеме са доставом, [13].

Праћење учинка рада садржи неколико фаза: [13]

- **Преглед на радном месту:** Запослено лице одрађује преглед за време рада машина и у овој фази се откривају неравномерно позиционирање, хабање ланчаника, неправилно подмазивање, присуство прашине, нечистоћа итд.
- **Мерење склопова:** Периодично се одређени склопови скидају, расклапају до најситнијих компоненти које се мере на хабање, наједање и деформацију.
- **Пријава мерења:** У лабораторији се прави целокупна пријава прегледа и мерења компоненти. Копија са стручном проценом стања ланца се предаје купцу.
- **Праћење степена оштећења на дужи период времена:** Периодично се изводи преглед и праћење оштећења, односно хабања компоненти после дужег временског периода да би се лакше предвидео њихов радни век и избегле непогоде.

5.1. Распоред за одржавање

Одржавање се може изводити у више временских периода прилагођавајући се свакој примени, одређеној условима рада: [13]

- недељно одржавање где се врши преглед мазива,
- прва недеља рада у којој се гледа понашање у раду нових компоненти и могући рани откази услед фабричких дефекта,
- тромесечно одржавање,
- одржавање после периода од три месеца где се врши замена мазива и чишћење и
- одржавање на годишњем нивоу где се ради потпуни преглед компоненти.

Избор ланца и ланчаника зависи и од средине у којој ће радити. Неке индустрије имају специјалне потребе мазива као што су индустрија дувана, шећера, нуклеарних компоненти, текстила итд...

Различите температуре изискују различита мазива. Прљави и прашњави услови рада траже подмазивање сувим филмом да би се спречило лепљење прашине и стварање слоја који лоше утиче на својства мазива. Код индустрија где ланци раде изнад чисте воде, потребно је да мазиво буде јако лепљиво, односно са већим вискозитетом, да мазиво не би капљало са ланца на продукте. За услове са прљавом водом, обично код прераде отпада и отпадних вода, ланци се морају подмазивати добро да не би дошло до корозије, [13].

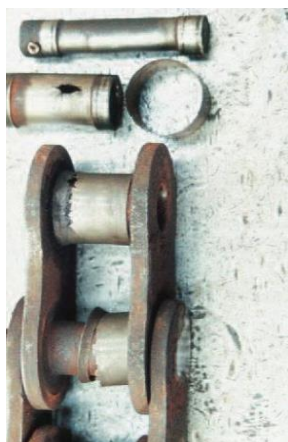
5.2. Врсте отказа

Када се превентивно одржавање и преглед занемаре или неправилно се изврше, долази до хабања и евентуалног отказа. Хабање представља најчешћи узрок отказа код ланчаних преносника. Конструкција ланца је таква да се хабање може појавити међу свим елементима. Најчешће се јавља на релацији осовиница - чаура, чаура -ваљак и ваљак -зуби ланчаника. У следећим сликама су приказани различити откази при експлоатацији као и узроци и мере за отклањање: [3]



Слика 5.1. [3]

- Ламела са поломљеном осовиницом.
- Отказ је настао при преоптерећењу у раду. Оптерећење ланца је било изнад дозвољеног и после одређеног времена долази до отказа услед замора материјала. Такође до лома може доћи ако су делови фабрички лоше израђени.
- Овакву врсту отказа уклањамо тако што ланац напрежемо у дозвољеним границама, повећањем ланца, убацивањем више редова ланца итд.



Слика 5.2. [3]

- Интензивна корозија праћена ерозијом.
- Код ламеле, осовинице и ваљка је због неправилног подмазивања дошло до оксидације површинског слоја и резултат је корозија, ерозивно одваљивање делова и појава питинга.
- Корозија је једва од важних узрока настајања отказа и велики део пажње је окренут ка њој. Корозију уклањамо правилним подмазивањем, а у случају да је средина јако корозивна, врши се избор ланца отпорним на корозију (стр.13).



Слика 5.3. [14]

- Пластична деформација ламеле ланца.
- Вучна сила је била већа од дозвољене. Ламела није могла издржати притисак осовинице и резултат тога је кидање ланца и моментално заустављање рада.
- Као и свака друга пластична деформација, лом се уклања правилним избором ланца, и постављеним оптерећењем.



Слика 5.4. [15]

- Прелом зуба ланчаника.
- Услед дугог замора материјала, долази до отказа у раду после 2 год.
- Скраћени радни век се јавља када се одржавање на дужи временски период извршава неправилно.



Слика 5.5.[16]

- Питинг осовинице и ламела.
- Ланац је радио у влажној средини што је довело до питинг корозије.
- Отклања се правилним подмазивањем и контролом.

6. Закључак

За време експлоатације ланчаних преносника, може доћи до различитих облика отказа. Најчешћи разлог за уклањање ланца из рада је због прекомерног повећања корака. Издужење ланца настаје када се пречници ваљка, осовинице и ламеле похабају, повећају и тако продуже целокупну дужину ланца.

Интензитет хабања, највише зависи од осциловања ланца, као и попречни и уздужни удари при спрези чланка ланца са зубом ланчаника. Хабање зглоба ланца се најбоље уклања правилним подмазивањем и планом одржавања.

У циљу смањења целокупног хабања ланчаног преноса и минималног скраћења радног века, потребно је извршити правилан избор материјала и термичке обраде, као и избор посебне врсте ланца за одређене радне услове и средине које изискују побољшана својства.

Поред хабања, до отказа ланца може доћи и услед неправилног позиционирања ланчаника и излагања ланчаног преносника оптерећењима већим од дозвољених.

Иако су све мере за уклањање отказа примењене правилно, може се јавити отказ због неправилне израде, неправилне термичке обраде и уклањања заосталих напона, фабричких дефеката, оштећења при испоруци итд.

При пројектовању, требало би узети у обзир додатак затезног ланчаника. У супротном, може доћи до неправилног спрезања ланца и ланчаника услед истезања ланца што доводи до повећања корака.

Један од најважнијих фактора код експлоатације ланчаних преносника је правилно подмазивање. Због појаве трења радних површина, подмазивање је неопходно. Зато је важно изабрати одговарајуће мазиво према радним условима и средини у којој ће ланац вршити рад. Неправилно подмазивање интензивно утиче на смањење радног века ланчаног преносника.

Услови за рад, као и средине у којима се ланчани преносници експлоатишу постају све захтевнији и самим тим конструкција ланаца и ланчаника постају све комплексније.

Наспрам сталне еволуције ланчаног преносника и њихових средина, такође долази и до развоја мазива. Ланчани преносници су сложен систем за пренос снаге који се наставља развијати из дана у дан према потражњи тржишта.

7. Литература

- [1] Танасијевић, С., *Механички преносници: ланчани преносници, зупчасти каишини преносници, кардански преносници*, Машински факултет, Крагујевац, 1994.
- [2] Стојановић Б., Благојевић М., *Механички преносници*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2015.
- [3] Радић М., *Триболошки процеси код ланчаних преносника*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2015.
- [4] Tsubaki, *Drive chain and sprockets*, Tsubakimoto chain co., 2013.
- [5] www.maziva.org
- [6] Castrol industrial, *Chain oils* , 2016.
- [7] <http://www.machinerylubrication.com/Read/29371/high-temperature-lubricant>
- [8] *Understanding Roller Chain Wear Life*, Diamond Chain, 2016.
- [9] <http://www.sportbikes.net/forums/general-sportbikes/410776-how-fast-do-your-sprockets-wear-out-2.html>
- [10] *Chain wear and replacement*, Tadpole Rider, 2016.
- [11] *How to tell when worn sprockets have to go*, RENOLD, 2016
- [12] <https://www.corrosionpedia.com/definition/1009/scoring>
- [13] http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor_Chain_-_Installation_and_Maintenance.pdf
- [14] RENOLD, *Conveyor chain installation & maintenance*, RENOLD, 2016.
- [15] <http://pardo.net/bike/pic/fail-001/FAIL-089.html>
- [16] RENOLD, *Pitting corrosion*, RENOLD Canada, 2016.