

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: 51/2011

Никола В. Аксентијевић

Откази и хабање ланца моторне тестере

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Блажа Стојановић, доцент - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да да основне информације о преносницима снаге, с посебним тежиштем на механичке преноснике. Кандидат, такође треба да објасни принцип функционисања ланаца и ланца моторне тестере. Објасни њихове основне карактеристике, изврши поделу и прикаже конструкцију. Главни циљ рада је идентификација основних врста хабања и отказа ланца моторне тестере.

Препоручена литература:

Б. Стојановић, М. Благојевић, *Механички преносници*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац 2015.

С. Танасијевић, *Механички преносници - ланчани преносници, зупчасти каишни преносници, кардански преносници*, Машински факултет, Крагујевац 1994.

С. Танасијевић, *Основи трибологије машинских елемената*, научна књига, Београд, 1989.

Крагујевац, 2017.

Ментор:

Др Блажа Стојановић, доцент

Резиме: Ланчани преносници представљају механичке преноснике код којих се пренос снаге остварује савитљивим елементима - ланцима. Ови механички преносници су једноставне конструкције и преносе снагу и кретање између вратила. Ови преносници снаге састоје се од два или више ланчаника и ланца који се обавија око њих. У оквиру рада извршена је подела механичких преносника снаге, са посебном пажњом на ланце и ланац моторне тестере. Представљене су поделе ланца, њихове конструкције као и њихове главне карактеристике. У наставку рада приказани су основни облици хабања и отказа ланца моторне тестере као и препоруке за избор мазива за подмазивање ланца.

Кључне речи: Ланац, ланчани преносник, ланац моторне тестере, отказ, хабање.

Abstract: Chain drive is a way of transmitting mechanical power by means of pliable elements - chains. Chain drives are simple structures that transmit power and motion between the shafts. Chain drive consists of two or more sprockets that mesh with a chain. This paper includes the division of mechanical transmission systems, with primary focus on chains and chainsaw chains. Chain division, construction and main characteristics are presented. Basic types of wear and failure of the chainsaw chain, as well as recommendation for chain lubricants are presented in the following pages.

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

Садржај

1. Увод.....	2
1.1. Општи појмови о преносницима	3
1.2. Подела преносника	3
2. Ланчани преносници	5
2.1. Историјски развој ланчаних преносника.....	5
2.2. Основне карактеристике ланчаних преносника.....	5
2.3. Подела и делови ланаца	6
3. Ланац моторне тестере	11
3.1. Историјски развој.....	11
3.2. Основни елементи ланца моторне тестере	11
3.3. Основне карактеристике ланца моторне тестере	13
3.4. Откази и хабање ланца	19
3.4.1. Хабање ланца.....	19
3.4.2. Хабање ланца моторне тестере.....	21
3.4.2. Откази ланца моторне тестере.....	24
3.5. Затезање ланца	26
4. Подмазивање ланаца.....	27
4.1. Подмазивање ланца моторне тестере.....	30
Закључак	33
Литература.....	34

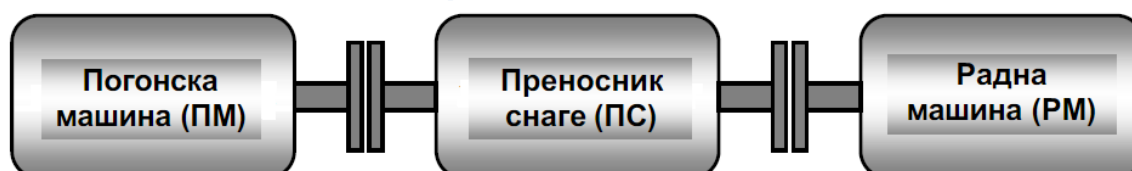
Изјављујем да сам овај завршни рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

51/2011 Никола Аксентијевић

1. Увод

1.1. Општи појмови о преносницима

Преносницима снаге називамо уређаје или склоп уређаја чији је основни задатак да снагу/обртни момент/ механичку енергију добијену са погонске машине(ПМ) ефикасно пренесу до радне машине (РМ), (слика 1.1), [1].



Слика 1.1 Блок шема машинског система, [1].

Потреба за преносницима произилази из следећих разлога, [2]:

- број обртаја радне машине често се разликује од броја обртаја стандардних погонских машина (електромотори, мотори са унутрашњим сагоревањем и др.),
- стандардне погонске машине обично се конструишу за одређени број обртаја, док радне машине услед промене режима рада захтевају различите бројеве обртаја у току рада (моторно возило, машина алатка, погон дизања и др.),
- често једна погонска машина покреће више радних машина са различитим бројем обртаја,
- погонска машина при мањем броју обртаја имала би веће димензије за исту снагу, зато се погонске машине израђују са релативно великим бројем обртаја, како би имале што мање димензије и тежину, а тиме и нижу цену коштања.

1.2. Подела преносника

С обзиром на основне радне карактеристике и принцип рада, преносници снаге могу бити, [3] :

- механички,
- хидраулички,
- пнеуматски,
- електрични и
- комбиновани.

Код механичких преносника снаге, веза између погонског и гоњеног елемента се базира на механичком принципу.

Код хидропреносника обртни момент се преноси помоћу течности, а код пнеуматских помоћу гасова. И течности и гасови код поменутих преносника су најчешће под притиском.

Електрични преносници су преносници код којих се обртни момент преноси електричним путем. Основни принцип рада електричних преносника је промена улазних параметара електромотора (напона или фреквенције) што директно утиче на промену његовог броја обртаја и обртног момента. Електрични преносници се најчешће користе када је потребан континуално променљив преносни однос, [3].

С обзиром на променљивост преносног односа, разликују се, [3]:

- преносници са константним преносним односом (пројектовани за само један преносни однос),
- преносници са степенасто променљивим преносним односом (мењачи) и
- преносници са континуално променљивим преносним односом (варијатори).

У зависности од величине радног преносног односа преносника (i), разликују се:

- редуктори ($i > 1$),
- мултипликатори ($i < 1$) и
- једноставни преносници ($i = 1$).

Редуктор смањује број обртаја, а повећава обртни момент. Код мултипликатора се дешава супротно, а код линијског преносника нема промене обртаја и обртног момента. Они се користе да би се променио смер обртања или међусобни положај оса.

Према томе да ли се преносни снага или кретање, или само кретање, разликују се:

- преносници снаге и
- преносници кретања.

У савременој инжењерској пракси највећу заступљеност имају механички преносници. Код механичких преносника обртни момент и кретање се могу преносити на два начина, [3]:

- трењем површина у додиру, или
- обликом, с непосредним или посредним додиром погонског и гоњеног елемента.

Основни типови механичких преносника су, [3]:

- фрикциони преносници,
- каишни преносници
- зупчасти преносници и
- ланчани преносници.

2. Ланчани преносници

2.1. Историјски развој ланчаних преносника

Прве идеје конструкционих решења ланца дао је у својим цртежима Леонардо да Винчи, у 15. веку, док најстарији цртеж ланчаног преноса потиче од Полиа (*Romer Marcus Vitruvius Pollio*) из 16. века. Ширу примену ланчани преносници снаге су добили тек са откривањем и увођењем парне машине у индустрију у 18. веку. Од тада до данас ланчани преносници су се усавршавали у погледу конструкције, применом бољих материјала, тако да се данас веома много користе у: машинској индустрији, пољопривредним, грађевинским, транспортним машинама и дизалицама, бициклима, мотоциклима, итд. [1].

2.2. Основне карактеристике ланчаних преносника

По својим карактеристикама ланчани преносници налазе се негде између зупчастих и каишних преносника, односно у великој мери обједињују 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 бицикала, моторцикала, мотора, пољопривредних машина, рударских и грађевинских машина, текстилних машина, штампарских машина, машина за прераду дрвета, и код транспортних уређаја, [1].

У примени ланчани преносници имају одговарајуће предности али и недостатке.

Предности примене ланчаних преносника су, [1, 5]:

- мале димензије,
- пренос снаге без проклизавања,
- релативно дуг радни век,
- висок степен искоришћења ($\eta = 0,98 \div 0,99$),
- мали трошкови одржавања,
- мање оптерећење лежајева и вратила,
- неосетљивост према повишеним температурама и влази и
- могућност повезивања већег броја вратила једним ланцем.

Недостаци ланчаних преносника су:

- хабање елемента ланца услед чега долази до повећања корака односно издужења ланца,
- нееластични пренос обртног момента,
- повезивање само међусобно паралелних вратила,
- скупљи су у односу на ремене преноснике и
- стварају буку приликом рада.

2.3. Подела и делови ланаца

Данас се у машинској техници, примењује велики број различитих ланаца. Према основним карактеристикама, које испољавају у експлоатацији, могуће их је поделити у три основне групе, [5]:

- погонски,
- теретни и
- вучни.

Погонски ланци су најраспрострањенији. Примењују се како при малим, тако и при већим брзинама (до $30\div 35\text{ m/s}$). Један ланац може преносити снагу на више вратила истовремено, при различитим осним растојањима ланчаника. Степен корисног дејства ове групе ланаца углавном зависи од рада силе трења у зглобу и при најбољим условима, достиже вредност $0,97\div 0,99$, [5].

Према конструкционом изгледу, ланчани преносници се деле, [4, 5]:

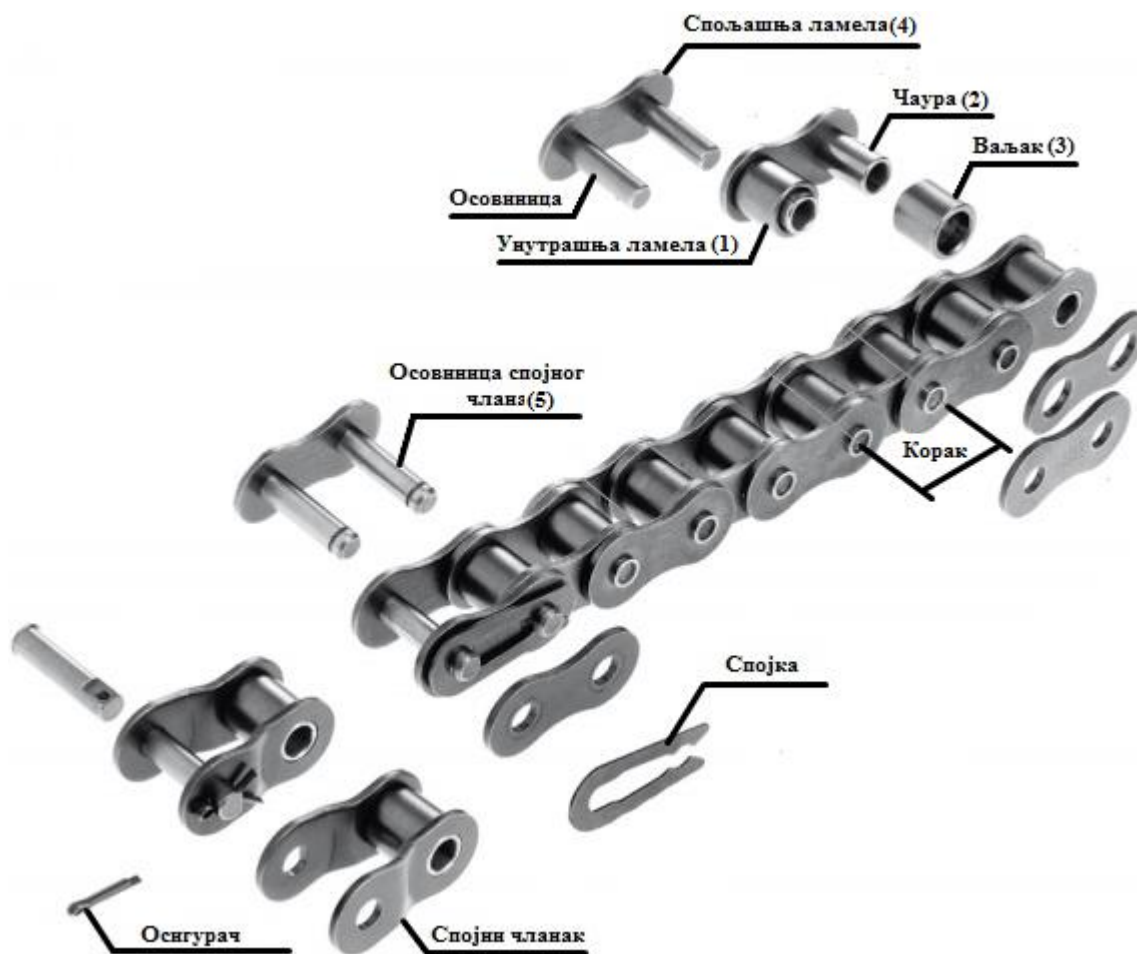
- ваљкасте,
- чаурасти,
- зупчасти,
- растављиве зглобне ланце,
- ротари ланце и
- специјалне ланце.

Теретни ланци служе за вешање, дизање и премештање терета код котурача, витла, дизаличних уређаја, хидротехничких објеката и других механизма периодичне примене. Раде у условима малих брзина, $0,25 - 0,5\text{ m/s}$. Веома им је ретка употреба код ланчаних преносника и ланчаних уређаја непрекидног дејства, [5].

Вучни ланци служе за транспорт и премештање терета код транспортних машина: конвејера, дизалица, елеватора и других ланчаних уређаја. Брзина кретања ове групе ланаца је обично 2 m/s .

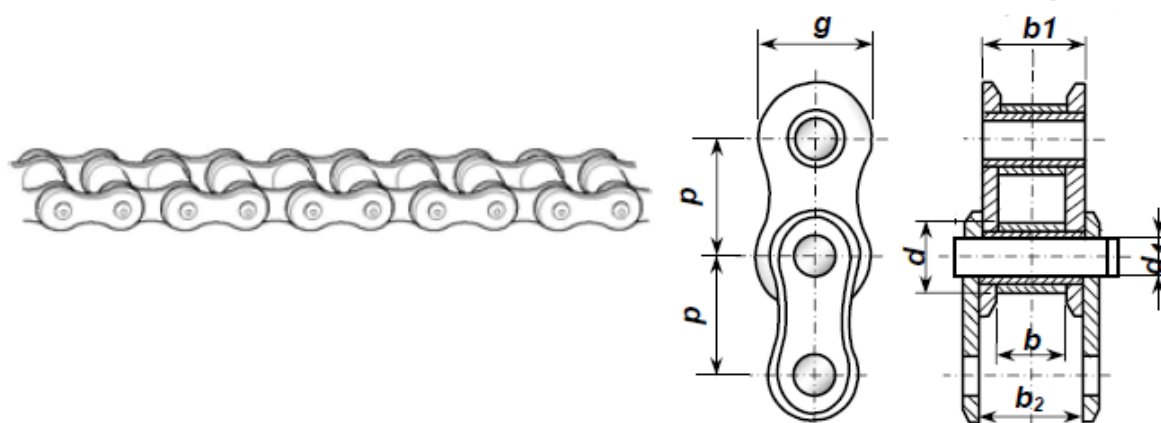
Од целокупне производње ланаца, најраспрострањенија је група погонских ланаца и представља приближно 93% целокупне продукције. Осталих врста ланаца је знатно мање, [5].

Ваљкасти ланци (слика 2.1) састоје се од низа узастопно повезаних зглобова везаних спољашњим, унутрашњим и спојним ламелама. У отвор унутрашње ламеле (1) упресована је чаура (2) на коју је, у циљу смањења хабања ланчаника, слободно навучен ваљак (3). У отвор спољашње ламеле (4) упресована је осовиница (5).

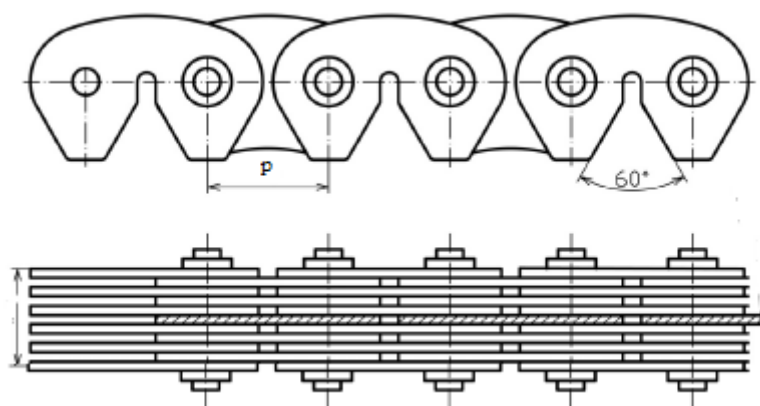


Слика 2.1 Основни делови ваљкастог ланца, [3].

Ваљкасти ланци се могу правити као једноредни и вишередни ланци, на бази елемента једног ланца (слике 2.2 и 2.3). Везивање вишередних ланаца се остварује помоћу продужене осовинице. Вишередни ланци примењују се у широком дијапазону снаге и брзина. Они раде при истим бројевима обртаја, као и једноредни ланци истог типа. Захваљујући томе, избором мањег корака ланца могуће је смањити габаритне димензије ланчаних преносника, [1].



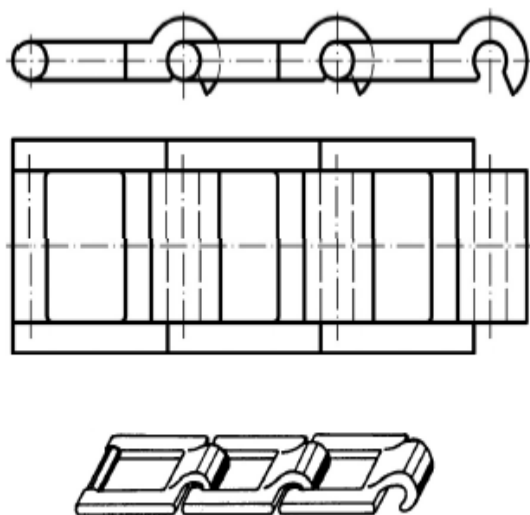
Слика 2.2 Једноредни ваљкасти ланац, [1].



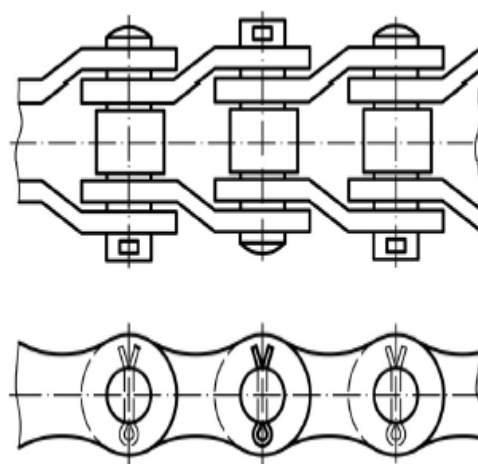
Слика 2.5 Зупчасти ланац, [4].

Растављиви зглобни ланци (слика 2.6) се користе за пољопривредне и транспортне машине. Израђују се од темпер лива са кораком од 22 до 148 *mm*, за силе кидања од 1500 до 12000 *N*, [4].

Ротари ланци (слика 2.7) имају закривљене ламеле, због чега су веома еластични и могу подносити ударна оптерећења, [4].



Слика 2.6 Растављиви ланци, [4].



Слика 2.7 Ротари ланци, [4].

Специјални ланци су они који поред своје основне улоге да пренесу момент, имају додатни задатак да нешто пренесе, померају, секу и сл. Код оваквих ланаца постоје додатни делови, делови у облику хватача, посудница, резних зубаца и сл. Специјални ланци се користе код повртарских машина, индустријских машина и сл. Примери специјалних ланаца су приказани на сликама 2.8 и 2.9 и у табели 2.1, [4].

Ланци (слика 2.8) са гуменом надградњом. Овај тип ланаца је погодан за превоз осетљивог материјала који се може ставити на гумене држаче на горњој површини ланца, [6].



Слика 2.8 Ланац са гуменом надградњом, [6].

Ланци са носачима (слика 2.9) *register lanci*. Погодни за обављање задатака транспорта и тачног позиционирања. Дужине закачница које висе са стране ланца су стандардизоване, [6].



Слика 2.9 Ланац са носачима, [6].

Ланци са посебним члановима. Са монтирајућим чланцима може се добити одговарајући транспортни ланац. У табели 2.1 приказани су типови ланца са посебним чланцима.

Табела 2.1 Типови ланца са посебним чланцима, [6].

TIP A-1	TIP SA-1	TIP WA-1	TIP WA-2	TIP WSA-2
				
TIP K-1	TIP SK-1	TIP WK-1	TIP WK-2	TIP WSK-2
				

3. Ланац моторне тестере

3.1. Историјски развој

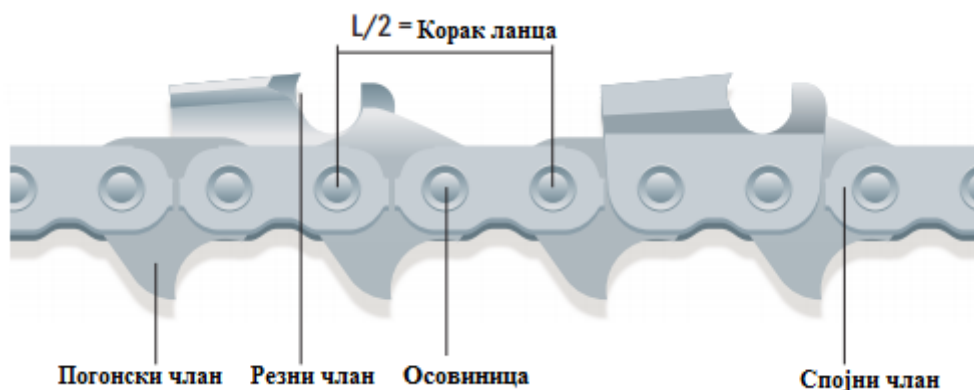
Почеци идеје развоја резног ланца који се креће по водилици датирају још из 19. века када је у SAD—у 1858. године, *Harvey Brown* патентирао бескрајни секцијски механизам за резање тачније, претечу данашњег ланца. Али идеја је остала на папиру јер још увек није постојао уређај који би ланац покренуо довољно брзо за резање дрва. [7]

Шумар *Joe Cox* је 1946. патентирао такозване “*chipper*” ланце који су састављени од наизменично поређаних левих и десних резних зуба закривљених оштрица. Такви ланци се пробијају кроз дрво режући лево–десно уместо резања дрвета у смеру равно напред.

3.2. Основни елементи ланца моторне тестере

Резни ланац је најзначајнији део моторне тестере јер је њиме омогућено резање дрва. Сви остали делови јој помажу да обави свој рад односно да реже.

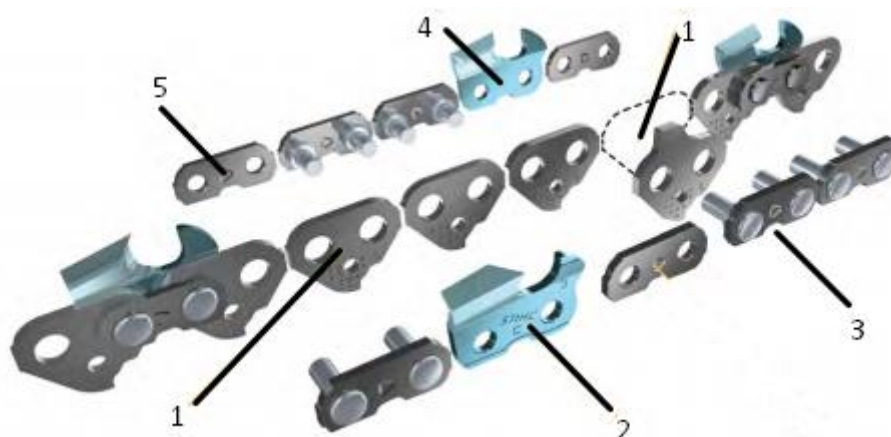
Ланац моторне тестере садржи следеће делове: погонски члан, резни члан, осовиница и спојни члан, (слика 3.1), [7]:



Слика 3.1 Основни елементи ланца моторне тестере, [7].

- Погонски чланови, омогућују кретање ланца преко ланчаника, воде ланац, преносе мазиво на чланке ланца и на клизне површине у жлебу мача.
- Спојни чланови са доњим делом клизе по жлебу мача, спајају погонске чланове и чланове резача.
- Осовинице у попречном правцу спајају чланове ланца.
- Резни зуб, сече дрвна влакна, [7].

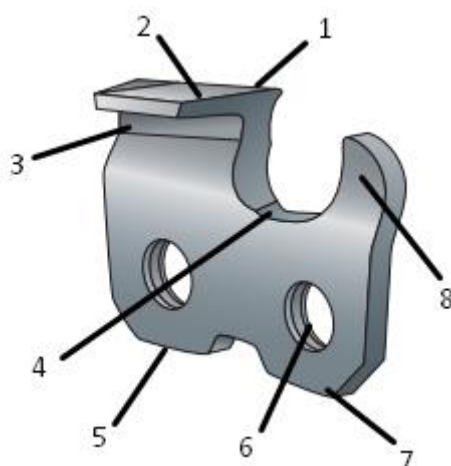
Детаљнији преглед основних елемената ланца моторне тестере приказан је на слици 3.2:



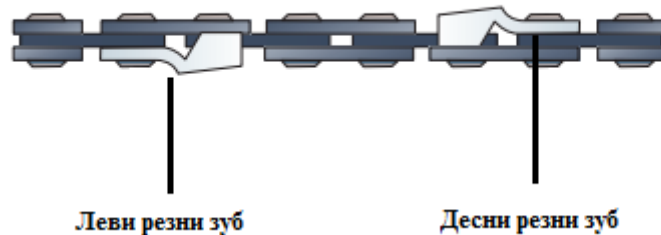
Слика 3.2 Основни елементи ланца моторне тестере, [7].

1. погонска ламела,
2. десни резни зубац са дубинским граничником,
3. везна ламела са осовиницама,
4. леви резни зубац са дубинским граничником,
5. везна ламела без осовиница и
6. сигурносна погонска карика за вођење.

Активна компонента састоји се од резног зупца (1) са оштрим сечивом (2) и дубинског граничника (8) који одређује дубину до које зубац сече, а остали карактеристични делови резног зуба приказани су на (слици 3.3), бочна плочица (3), основа зупца (4), пета зупца (5), отвор за осовиницу (6), нога зупца (7). Нагиб зупца у назад олакшава избацивање трине. Постоје две основне врсте резног зуба, а то су десни и леви који су приказани на (слици 3.4), [8].



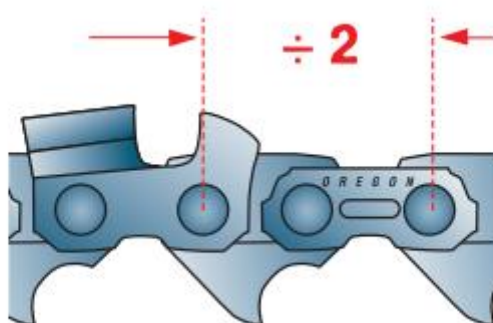
Слика 3.3 Карактеристични делови резног зуба, [7].



Слика 3.4 Леви и десни десни резни зуб, [7].

3.3. Основне карактеристике ланца моторне тестере

Корак ланца (слика 3.4) – удаљеност између било које три нитне подељен са два. Резултат је корак ланца који може бити изражен у јединици *inch* или *col* (инч, цол), нпр. 3/8". Корак ланца је обично утиснут на сваком резном зубу ланца. Са кораком ланца мора се поклапати и корак ланчаника на којем је такође утиснут корак ланца, [7].



Слика 3.5 Корак ланца

Ширина ланца – ширина или дебљина погонских чланака ланца мора одговарати ширини жлеба водилице. Ширина може бити изражена у јединици *inch* или mm.

Дужина ланца – зависи од дужине водилице и броја чланова ланца.

Најраспрострањенији облици резних зубаца (слика 3.5), [7]:



Пљоснати тип (заобљени профили између плочице и главе зупца)

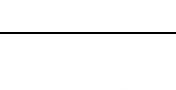


Угласти тип (прав профил између плочице и главе зупца)

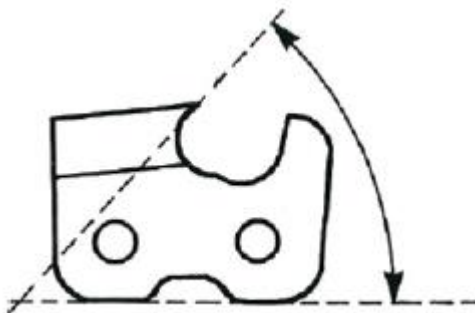
Слика 3.6 Најраспрострањенији облици резних зубаца, [7].

У табели 3.1 приказани су још неки облици резних зубаца.

Табела 3.1 Остали типови резних зубаца

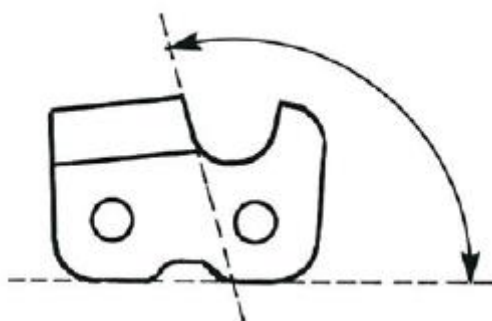
Ознака ланца	Врста ланца	Дебљина ланца <i>mm</i>	Врста резног зуба	Особина смањења повратног удара
20BPX 21BPX 22BPX	Micro Chisel	1.3 1.5 1.6		
20LPX 21LPX 22LPX	Super 20	1.3 1.5 1.6		
M21LPX M22LPX	Multicut	1.5 1.6		
95VPX	Micro Lite	1.3		
95R	Ripping Chain	1.3		

Да би резни зубац добро исправно функционисао током употребе ланца треба испоштовати углове оштрења, [7]. На сликама (3.7, 3.8, 3.9) су приказани грудни углови оштрења ланца:



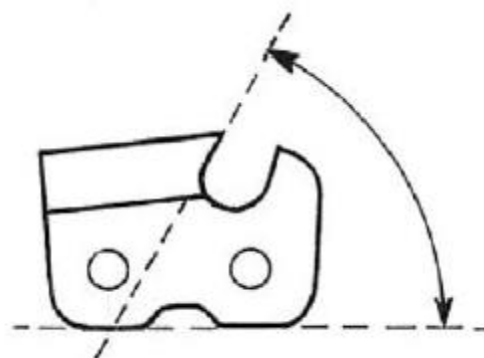
Слика 3.7 Идеални грудни угао

Идеални грудни угао је 85° у односу на водоравну (хоризонталну) основу, [7].



Слика 3.8 Превелики грудни угао

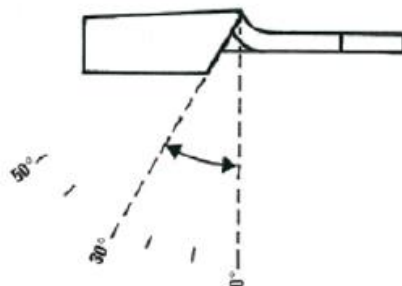
Ако је угао туп, зубац је као похабан и веома мало сече, обавезујућу да се тестера снажније притиска на дрво. Снажно оптерећени ланац може да се похаба са једне стране и да се прекине, [8].



Слика 3.9 Премали грудни угао, [7].

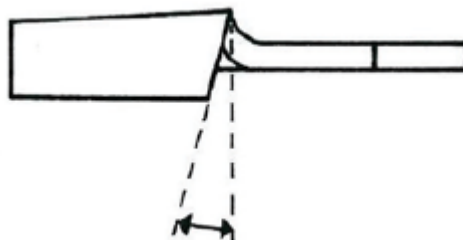
Врло оштри зубац сувише продире у дрво проузрокујући трзаје или блокирање ланца. Сечиво се похаба пре времена и ланац се оштети.

На сликама (3.10, 3.11, 3.12) су приказани углови зупца, [7]:



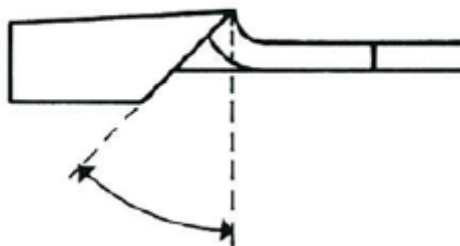
Слика 3.10 Идеални угао зупца

Идеални угао је 30° . Углови различити од 30° уопште не побољшавају способност резања, већ напротив поспешују хабање ланца.



Слика 3.11 Премали угао зупца

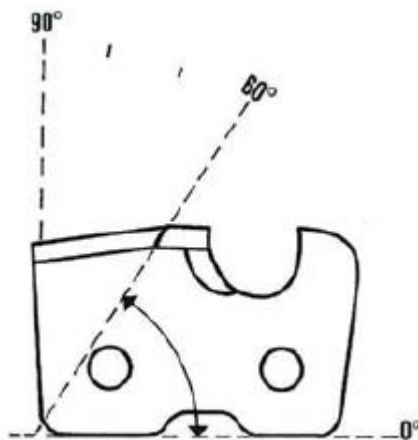
Углови испод 30° донекле смањују способност резања.



Слика 3.12 Превелики угао зупца

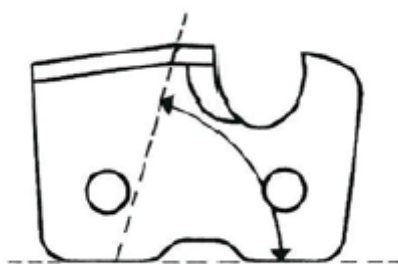
При угловима изнад 30° резни зубац тежи ка спољној страни и проширује рез, превише оптерећујући ланац и водилицу.

Идеални угао је 60° у односу на водоравну (хоризонталну) основу (слика 3.13), [7].



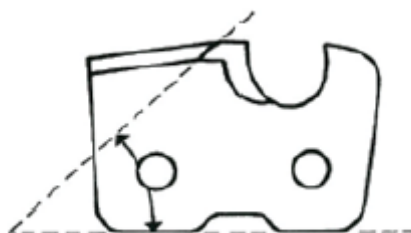
Слика 3.13 Идеални угао главе, [7].

Углови веће вредности смањују способност резања, обавезујући да се тестера снажније притиска на дрво или проузрокује хабање дубинског граничника (слика 3.14).



Слика 3.14 Превелики угао главе, [7].

Превелики угао истањује и слаби сечиво, па се оно брзо похаба (слика 3.15).



Слика 3.15 Превелики угао главе, [7].

Да би ланац функционисао правилно и са оптималном способношћу сечења, важно је не само испоштовати углове оштрења, него и скратити дубински граничник (слике 3.16, 3.17, 3.18), [7].



Дубински граничник на правилној висини: сечиво продире у дрво без потребе да се притиска, кретање ланца током сечења је правилно и равномерно.

Слика 3.16 Дубински граничник правилно, [7].



Дубински граничник је сувише низак: сечиво продире превише, у ходу ланца присутни су трзаји и вибрације, ланац може да заблокира и да се прекине.

Слика 3.17 Дубински граничник прениско, [7].



Дубински граничник је сувише висок: сечиво продире премало, способност сечења коју поседује ланац није потпуно искоришћена, површине између ланца и водилице прерано ће се похабати.

Слика 3.18 Дубински граничник превисоко, [7].



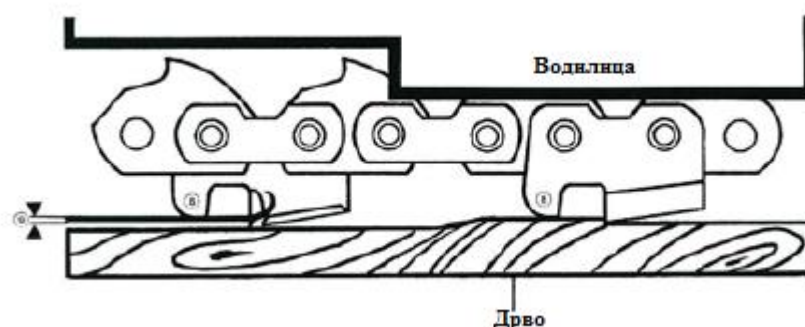
Облик зуба, нагнут у назад, чини да се после сваког оштрења сечива лако скрати, те се тако смањи денivelација (а) дубинског граничника. Због тога се граничник с времена на време обликује турпијом. Вредности (а) у зависности од типа моторне тестере дате су у табели 3.2.

Табела 3.2 Максималне вредности зазора (а), [7].

Тип моторне тестере	зазор (а) за тврдо или смрзнуто дрво (mm)	зазор (а) за меко или несмрзнуто дрво (mm)
Снажан	0,75	1,00
Средњи	0,65	0,90
Лак	0,50	0,75

Принцип рада резног (слика 3.19) зуба може се описати у три корака, [8]:

1. Дубински граничник клизи по дрвету и одређује дубину резног зуба,
2. Резни зуб и бочна плочица режу попречне везе на дрвету. То је уједно и најтежи део резања,
3. Глава зупца зарезује дрвна влакна, подижући их од површине дрвета.



Слика 3.19 Принципијални рад резног зуба, [7].

3.4. Откази и хабање ланца

3.4.1. Хабање ланца

Испитивања су показала да се ланац повлачи из експлоатације најчешће услед прекомерног повећања средњег корака (3%). Повећање корака наступа углавном као резултат хабања елемената зглоба (осовинице, чауре и ваљка), али може настати и као резултат слабљења или нарушавања чврстоће склопа осовине и чауре са спољашњом и унутрашњом ламелом, [11]

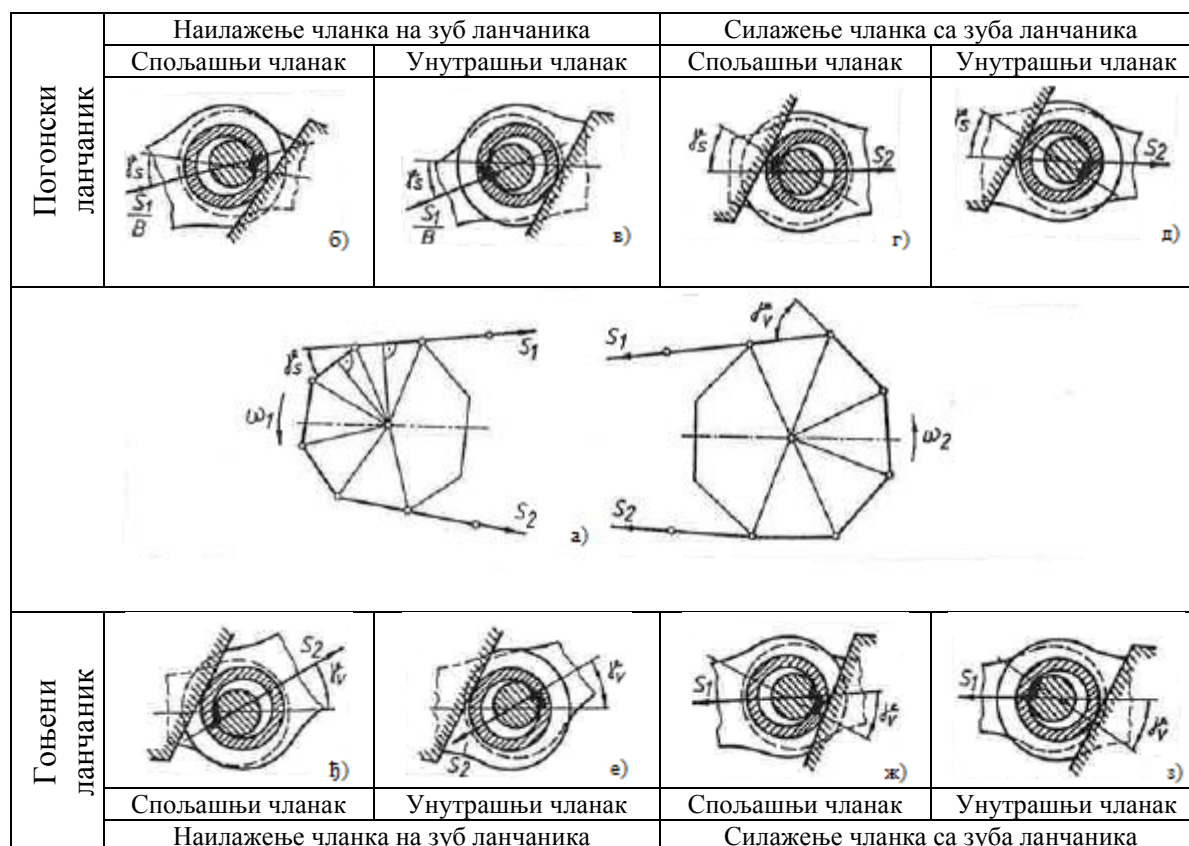
Хабање елемената зглоба највећим делом настаје при наилажењу и силажењу ланца са ланчаника. На интензитет хабања велики утицај имају осциловања ланца, а нарочито попречне осцилације, као и уздужни и попречни удари при наилажењу чланка на зуб ланчаника.

Размотриће се особине спрезања и хабања елемената зглоба погонског ланца при његовом кретању по контури ланчаног преноса. Периодом наилазак чланка у спрегу назива се време од почетка уласка у спрегу зглоба који иде напред до тренутка контакта са зубом ланчаника наредног зглоба, а период изласка из спреге – време од излажења из спреге зглоба који иде напред до краја контакта наредног зглоба са зубом ланчаника. Период наилажења и силажења зглоба одређује се угаоним кораком ланчаника и његовом угаоном брзином и услед разлике корака је случајна величина.

За оцену пута трења елемената зглоба у контакту и промену силе у контакту разматра се (слика 3.20) на којој је шематски показан пресек зглобова у крајњем тренутку њиховог наилажења и силажења са ланчаника. При обртању ланчаника угаоном брзином ω , заокретање контактне површине је угао $\omega\tau$ (τ – време заокретања). Под претпоставком да је пречник осовинице (d_1) и чауре (d_2) приближно једнак, тј. $d_1 = d_2 = d$, пут трења се одређује релативним углом заокретања елемената у контакту.

При наилажењу спољашњег чланка на погонски и гоњени ланчаник, чаура зглоба са спољашњим чланком заокреће се у односу на осовиницу за неки угао γ_s (слика 3.20 б и ђ). Величина угла заокретања је случајна величина, функција разлике корака ланца и ланчаника, тачности облика профила ланчаника, разлике величина полупречника размештања зглобова на зубе ланчаника и креће се у границама вредности угаоног корака ($2\pi/z$) до нуле. Пошто је у случајевима нормалног спрезања корак ланца нешто

већи од корака ланчаника, улазећи у спрезање зглоб лежи на активним деловима профила (не на дну међузубља) и одржава тај положај у току целог периода спрезања. Пут трења чауре једнак је дужини лука који пређу површине у контакту при заокретању за наведени угао. Између чауре и осовинице јавља се трење клизања. При овом заокретању јавља се истовремено и клизање између ваљка и чауре, упресоване у унутрашњи чланак, [11].



Слика 3.20 Шематски приказ пресека зглобова, [11]

У конструкцијама ланчаника проширеног међузубља долази до клизања зглоба ка удубљењу, али зглоб и даље остаје на радном делу профила зуба. Том приликом долази до котрљања ваљка код ваљкастих и клизања чауре код чаурастих ланаца. На тај начин присуство ваљка у конструкцији ланца спречава хабање зуба ланчаника услед клизања. При улажењу у спрегу спољашњег чланка, оптерећење се преноси преко ваљка и чауре на осовиницу. Хабање чауре се врши у области највећег оптерећења, чија се линија деловања са савијањем чланка премешта. Област хабања је симетрична оси спољашњег чланка. Хабање осовинице се врши по луку који дефинише угао заокретања чауре зглоба. Сила која делује на чауру при наилажењу спољашњег чланка мења се од вредности силе у вучном огранку до величине силе дефинисане коефицијентом спрезања за погонски ланчаник. Код гоњеног ланчаника сила деловања је константна и једнака сили затезања у вучном огранку.

При наилажењу унутрашњег чланка на зубе погонског (слика 3.20 ц) и гоњеног ланчаника (слика 3.20 е) долази до заокретања осовинице заједно са унутрашњим и чланком у односу на чауру. Пут трења осовинице раван је луку по коме се премешта

површина притиска. Хабање ваљка се дешава по површини контактнoг притиска, а чауре по луку пута трења.

При силажењу спољашњег зглоба са погонског (слика 3.20 г) и гоњеног ланчаника (слика 3.20 ж), осовиница се заједно са унутрашњим чланком заокреће у чаури за неки угао случајне величине. Пут трења осовинице једнак је дужини лука који описује површина контактнoг притиска осовинице по унутрашњој површини чауре. Између осовинице и чауре јавља се клизање, а притисак зуба ланчаника преко чауре прима само осовиница. Осовиница се хаба само по површини притиска а чаура по луку заокретања.

При силажењу унутрашњег зглоба са погонског (слика 3.20 д) и гоњеног ланчаника (слика 3.20 ђ), чаура се заједно са спољашњим зглобом и ланчаником заокреће у односу на осовиницу. Пут трења чауре једнак је дужини лука при контакту и заокретању око осовинице. Притисак зуба ланчаника прима чаура. Осовиница се хаба по путу трења насталог услед заокретања чауре, а чаура по површини контактнoг притиска.

Анализа хабања елемената зглоба при раду ланчаног преносника показује да хабање у сваком моменту зависи од положаја зглоба у контакту ланца. На хабање елемената зглоба утиче велики број фактора при велики утицај испољавају пут трења и интензитет силе у зглобу. Максимално хабање осовинице и чауре опажа се на местима њиховог контакта и трења у периодима наилажења на погонски и силажења са гоњеног ланчаника. Ово се објашњава интензитетом и положајем силе у зглобу која зависи од угаоног корака зуба ланчаника, положаја зглоба у спрези и угла профила зуба ланчаника. При наилажењу зглоба на ланчаник као и при силажењу са гоњеног ланчаника, интензитети ових сила су највећи и приближавају се вредности силе у вучном огранку. Ове силе суштински утичу на интензитет хабања.

Анализа већег броја похабаних зглобова показује да је зона максималног хабања чауре смештена дуж осе симетрије чланка. Максимално хабање осовинице је усмерено ка унутрашњем делу чланка, у супротну страну од правца заокретања чланка. На похабаним елементима зглоба јасно се уочавају и зоне мање интензивног хабања у којима преовлађује трење котрљања, [11].

3.4.2. Хабање ланца моторне тестере

У свим елементима основна појава је релативно кретање различитих површина у директном или индиректном контакту. На месту контакта јављају се сложене механичке, термичке, али и хемијске појаве.

Два основна процеса која се јављају при кретању машинских елемената су трење на додирним површинама и хабање материјала са површина које су у међусобном контакту. Трење представља механички отпор који настаје на површини додира два тела при кретању једног тела по другом или међусобном релативном кретању. Хабање материјала, у најширем смислу се дефинише као непожељно одстрањење материјала са површине без обзира на узрок. [10]

Површине машинских елемената које су приликом кретања у међусобном контакту, мењају с временом своја својства. Мења им се геометрија, величина, структура и својства површинских слојева, а величина и карактер промена зависе од:

- услова оптерећења,
- количине кретања,
- природе материјала елемената који су у контакту,
- састава и својства околине (влага, ваздух итд.),
- састава и својства мазива, итд.

По дефиницији, хабање је прогресивни процес губитка материјала елемената или делова машина који су у непосредном контакту и налазе се у непосредном кретању. Као последица процеса хабања долази до похабаности делова машина, смањења степена искоришћења, потрошње енергије итд.

Под хабањем се подразумевају:

- адхезија,
- абразија,
- замор материјала и
- ерозија.

Под хемијским се подразумева:

- хабање као последица оксидације и
- хабање услед процеса корозије.

У највећем броју реалних случајева хабање се јавља као последица механичког и хемијског хабања.

Код ланца моторне тестере разликујемо четири механизма хабања:

Абразивно хабање (слика 3.21) , код ове врсте хабања долази резања површине, тачније до хабања материјала истискивањем. Оно настаје када се тврде честице или неравне храпаве тврде површине крећу по мекшој површини и оштећују је до лома. Карактеристично за резну површину резног зуба, [10].



Слика 3.21 Абразивно похабан резни зуб

Адхезивно хабање представља основни вид хабања оптерећених површина које су у контакту. Појава овог вида хабања налази се у директној вези са трећем клизања, са контактом површина и адхезивним везама молекула тих површина. Разлог томе је висока вредност специфичног притиска на месту контакта. Код раздвајања две микроставарене неравнине може доћи до лепљења материјала са једне површине на другу, а често и до одвајања делића од основног материјала који касније слободно крећу између површина што доводи до абразивног хабања.

Адхезивно хабање је карактеристично за бочну и доњу страну ланца где је ланац тестере у контакту са водилицом. Уље осим што подмазује ланац, оно уједно ствара слој на бочним површинама ланца који спречава налепљивање нечистоћа, [10].

Електрохемијска оксидација металних површина настаје искључиво у присуству јонских течности као што је вода (слика 3.22), а нарочито водени раствори који са металом или металима у контакту чине галвански спрег. Електрохемијска корозија настаје као резултат реакције чланка ланца са водом и другим елементима у дрвету. Што је мањи удео влаге, мања је могућност електрохемијске корозије. Корозија најчешће настаје на хоризонталним површинама где се вода може таложити, карактеристично за осовиницу и спојну ламелу ланца. При томе вода постепено истискује мазиво са таквих металних површина и успоставља директан контакт са металом.

За смањење корозије најчешће се бирају специјалне врсте мазива са посебним адитивима. Ефикасност адитива у великој мери зависи од њихове концентрације у мазиву, а у већим случајевима и од температуре. Неки од ових адитива могу негативно да утичу на друга неопходна својства мазива. [10].



Слика 3.22 Пример кородираниог резног зуба

Замор материјала је појава поступног оштећења материјала услед дуготрајних периодично променљивих оптерећења. Утицај променљивих оптерећења може бити

праћен високим и ниским температурама. 80 до 90% свих ломова материјала настају од замора материјала. Процес замора материјала обично се дели у три корака: иницијација или почетак пукотине, ширење или раст пукотине и стање коначног лома.

Код ланца моторних тестера замор се може јавити у појединим чланцима ланца услед вибрација или услед деловања промена температуре. На слици 3.21 приказан је лом ланца услед замора материјала, [10].

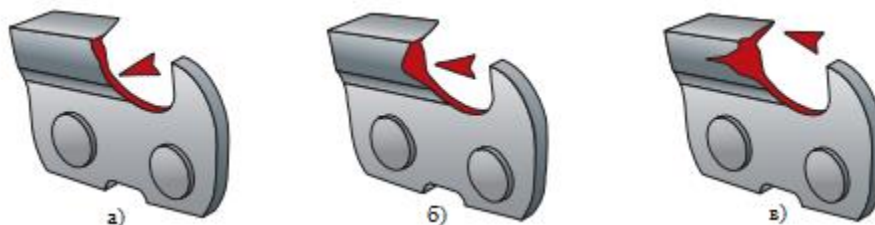


Слика 3.23 Лом ланца услед замора материјала

3.4.2. Откази ланца моторне тестере

Радна способност је стање објекта при коме он успешно извршава своју функцију. Под отказом се сматра губитак радне способности ланца да извршава своју функцију. Већина отказа код ланца моторне тестере узрокована је неправилним затезањем ланца, резањем неког другог материјала осим дрвета или недовољним подмазивањем.

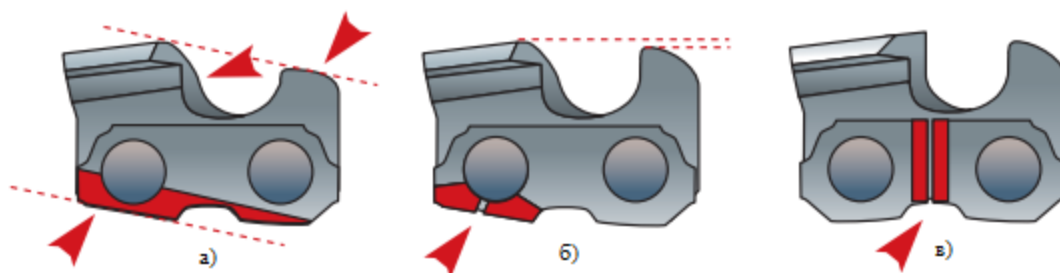
Примери отказа ланца:



Слика 3.24 Пример отказа ланца,

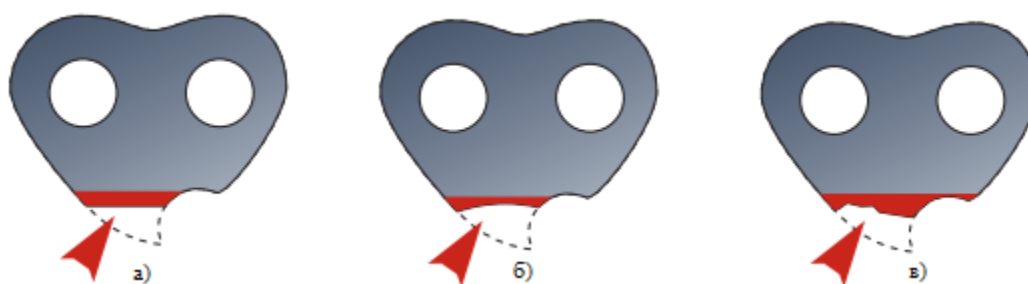
На слици 3.24 а) приказано је лагано оштећење ланца услед трења и хабања, пример 3.24 б) показује озбиљно оштећење, док пример 3.24 в) приказује озбиљно оштећење главе зупца и сечива услед хабања или удarca у неки тврди предмет.

Решење за овакву врсту отказа је поновно брушење (оштрење) ланца све док видљива оштећења не буду отклоњена.



Слика 3.25 Пример отказа ланца

На слици 3.25 пример а) приказано је претерано хабање доњег дела спојнице ланца. До овакве врсте хабања долази услед недовољног подмазивања или превелике затегнутости ланца, што даљим коришћењем може да доведе до пуцања везне ламеле ланца примери 3.25 б) и 3.25 в).



Слика 3.26 Пример отказа ланца

На слици 3.26 а) приказан је благо похабани доњи део погонске ламеле, а на слици 3.26 б) озбиљније оштећење пример. Овакве врсте отказа ланца настају због неодговарајуће водилице ланца или због тога што је жлеб водилице ланца постао превелике плитак. Такође због похабаног ланчаника долази до повећаног хабања погонске ламеле.

Решење за овакву врсту отказа је поновно брушење (оштрење) погонске ламеле као што је приказано на слици 3.27.

Пример 3.26 в) показује трајно оштећење погонске ламеле ланца и тај погонски чланак није могуће више користи, тј. потребно је заменити га новим. Уколико је превелики број погонских ламела оштећен потребно је заменити цео ланац.



Слика 3.27 Поновно брушење погонске ламеле

3.5. Затезање ланца

Ланац треба да буде довољно затегнут како би се правилно преносио обртни момент уз минимално могуће оптерећење ланца. После одређеног периода експлоатације, вучни огранак ланчаног преноса се угиба, услед хабања зглоба и повећања корака.

Као резултат новонасталих услова спрезања, мењају се оптерећења у чланцима и настају допунска оптерећења у ланцу и зубу. У ланцу настају вибрације и појава резонанце, која негативно утиче на рад преносника.

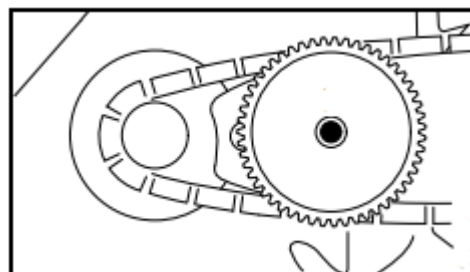
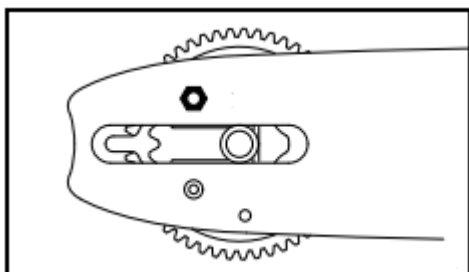
Са друге стране, прекомерно затезање ланца, отежава наилажење чланка ланца на зуб ланчаника, повећава специфични притисак у зглобу и оптерећење на зубу, које може порастати и до три пута. Као резултат прекомерног затезања ланца настаје смањење радне способности и повећање отпора ослонаца, [5].

Због великог површинског притиска између ланца и ланчаника, због неравномерне брзине ланца и појаве инерцијалних сила, после одређеног периода коришћења долази до хабања делова ланца и ланчаника, а посебно гоњеног ланчаника. Из тог разлога долази до истезања ланца, повећања корака ланца и потребе за његовим сталном затезањем, [5].

Присуство уређаја за регулисање затезања у ланчаном преноснику обезбеђује, [5]:

- компензацију издужења ланца и регулисање угиба,
- могућност повећања угла захвата, што је посебно важно при вертикалном положају ланчаног преноса,
- онемогућавање прескакања ланца преко зуба и скакање ланца по ланчанику и
- повећање отпорности на хабање зглобова и зуба ланчаника.

За затезање ланца моторне тестере користи се ланчаник за затезање (слика 3.28) који има број зуба као и погонски ланчаник и у спрезању је са најмање три чланка ланца. Ланчаник за затезање је постављен на водилицу ланца и помоћу завртња може да се аксијално помера и тиме омогућава регулацију затегнутости ланца.



Слика 3.28 Затезање ланца моторне тестере, ланчаник за затезање

4. Подмазивање ланца

Подмазивање ланчаних преносника је неопходно и један од основних услова за дуг период коришћења. Правилно подмазивање смањује трење и хабање, смањује загревање, смањује шум ланчаног преносника и повећава период трајања.

О неопходности подмазивања показује и табела 4.1, у којој су дате процентуалне вредности снаге, која се преноси недовољним подмазивањем у односу на снагу коју је могуће пренети при правилном и довољном подмазивању, [5].

Табела 4.1 Процентуалне вредности снаге пренете ланчаним преносом, [5].

Брзина ланца (m/s)	Недовољно подмазивање без загревања	Недовољно подмазивање са загревањем	Без подмазивања
До 4	70%	40%	30%
До 7	40%	25%	недозвољено

У зависности од услова рада и димензија ланчаног преноса, примењују се следећи начини подмазивања:

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

Периодично подмазивање ручном мазалицом или четкицом се примењује код преносника малих брзина. Код примене оваквог начина подмазивања, неопходно је да мазиво продре у сваки зглоб, било кроз зазоре спољашње или унутрашње ламеле, било кроз зазоре унутрашње ламеле и ваљка. За довољно подмазивање потребно је доста времена, па чак и тада веома је тешко обезбедити равномерно подмазивање.

Непрекидно подмазивање капањем је најраспрострањенији начин подмазивања који даје добре резултате. Подмазивање се остварује мазалицом постављеном на кућиште преносника. Отвори мазалице су усмерени на слободни огранак ланца, да би уље несметано продирало у зазор између ламела, [5].

При већим брзинама боље резултате даје картерско подмазивање, које се састоји у потапању ланца у мазиво до висине ламеле. Дубље потапање изазива пенушање уља, повећање температуре и допунске отпоре кретању ланца.

За ланчане преноснике који раде при највећим брзинама, препоручује се циркулационо подмазивање под притиском. Уље непрекидно подмазује унутрашњу страну слободног огранка, помоћу пумпе или бризгача.

Ланци се најчешће подмазују течним мазивима, зато што је њихова способност продирања у зглоб ланца највећа. Најбоља су минерална уља. При избору вискозности уља треба узети у обзир: притисак у зглобу, брзину ланца и температуру околине. У

табели 4.2 дате су препоруке за избор уља за услове: осно растојање $a \leq 50$ p, $i \leq 2$ и температуру око 20 °C, [5].

Табела 4.2 Препоруке за избор уља, [5].

Ручно и подмазивање купањем			Непрекидно и картерско подмазивање		
Притиска у зглобу N/mm^2	Брзина ланца m/s	Кинематска вискозност ν 50 (cSt)	Притисак у зглобу N/mm^2	Брзина ланца m/s	Кинематска вискозност ν 50 (cSt)
До 10	До 1 1 – 5 Преко 5	17 – 23 28 – 33 35 – 45	До 10	До 1 1 – 5 Преко 5	17 – 23 28 – 33 28 – 33
10 – 20	До 1 1 – 5 Преко 5	28 – 33 35 – 45 47 – 55	10 – 20	До 1 1 – 5 Преко 5	28 – 33 35 – 45 35 – 45
20 – 30	До 1 1 – 5 Преко 5	35 – 45 47 – 55 65 – 75	20 – 30	До 1 1 – 5 Преко 5	35 – 45 47 – 55 47 – 55
Преко 30	До 1 1 – 5 Преко 5	47 – 55 65 – 75 90 – 118	Преко 30	До 1 1 – 5 Преко 5	47 – 55 65 – 75 90 – 118

Како ланци раде у различитим срединама и температурним условима и како температура утиче на физичко – механичке карактеристике мазива, при избору уља корисно је користити и следеће препоруке дате у табели 4.3.

Табела 4.3 Препоруке за избор уља, [5].

Температура околине °C	До -7	-7 до -4	-4 до 35	35 до 50	50 до 60
Кинематска вискозност ν 50 (cSt)	28.8 – 35.2	41.4 – 50.6	90 – 110	135 165	198 – 242

Последњих година, због захтева животне средине, често се захтева употреба биолошки разградивих мазива. Интерес за еколошки прихватљивим мазивима расте из године у годину нарочито у подручјима где при примени минерално уље може изазвати штете у околини, као што су губици уља код моторних тестера, пољопривредних, шумарских и грађевинских машина, железничких и трамвајских скретница, ванбродских мотора моторних чамаца, челична ужад и ланци, као и осталих проточних подмазивања где мазиво у целокупној количини остаје у околини.

Еколошки прихватљива мазива су она која ће у контакту са околином проузроковати минимум штетног деловања, и код производње и код примене и код прикупљања и третмана отпада. Један од услова еколошке прихватљивости је биолошка разградивост мазива. Поред биоразградљивости потребна су и екотоксиколошка испитивања утицаја на бактерије, алге и рибе као и одређивање биоаккумуляције мазива.

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 биолошки брзо разградивим.

Процес разградње врше микроорганизми који у идеалном случају трансформишу уља у угљен диоксид, воду и беланчевине. Биолошка разградивост се може дефинисати као способност разградње органске материје од стране микроорганизма. Основни услови за почетак процеса разградње биолошки разградивих уља су:

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

Особине мазива су одређене особинама базних уља и адитива. Све особине мазива се могу поделити на: физичке, хемијске и експлоатационе.

У физичке особине спадају: густина, вискозност, индекс вискозности, тачка паљења, тачка течења, тачка замућења и друге, емулзивне особине, испарљивост, итд.

У хемијске особине спадају: оксидациона стабилност, термичка стабилност, водоотпорна стабилност и многе друге.

У експлоатационе особине спадају: отпорност на хабање, отпорност мазивог филма, антихабајућа својства, итд.

Густина је однос масе и запремина уља: $d = m/v$. Одређује се на температури од 15°C и изражава се у (kg/m^3) или (g/cm^3). Густина се незнатно мења са порастом притиска али се знатно мења са променом температуре јер се променом температуре мења запремина течности.

Вискозност је важна карактеристика уља, а дефинише се као мера унутрашњег трења које делује као отпор на промену положаја молекула при струјању уља када се оно налази под дејством силе смицања, односно то је отпор течности на смицање њених честица. При кретању течности, међу честицама и између честице и површине са којом долазе у додир, настају силе трења узроковане отпором течности према смицању честица, али и због храпавости тих површина. Вискозност је променљива величина и зависи од промене температуре. Што је температура виша, вискозност је мања и обрнуто.

Од вискозности зависи квалитет подмазивања, енергетски губици током протицања, рад уљне пумпе, довођење довољне количине уља до свих места која се подмазују, успешност рада пречистача уља, чишћење површина, херметизација места трења итд. У пракси се користе динамичка и кинематичка вискозност.

Индекс вискозности је емпиријска вредност која указује на промену вискозности са променом температуре. Више вредности индекса вискозности указују на мање изражену склоност промени вискозности са променом температуре и обрнуто. Веће вредности индекса вискозности од 100 имају само мултиградна уља.

Под емулзивним особинама подразумева се склоност неког уља да у присуству воде гради стабилну емулзију. Код већине мазивих уља (моторна, индустријска) захтевају се неемулзивне особине, док су код неких (уља за хлађење и подмазивање при обради метала, тешко запаљива емулзивна хидраулична уља) пожељне добре емулзивне особине.

Испарљивост подразумева количину уља која испари у прописаном времену на прописаној температури. Представља важну карактеристику уља, јер се код уља која имају велику испарљивост јављају разни проблеми у току експлоатације, као на пример: повећана потрошња, стишњавање, а с тим и погоршано подмазивање. Осим тога са повећањем испарљивости расте опасност од пожара. Губитак уља испаравањем на температури од 400°C код већине уља износи око 5%, а смањење испаравања минералног уља се може постићи додавањем синтетичке основе, посебно поли-алфа-олефина.

Тачка паљења је најнижа температура до које треба загрејати неко уље у условима при којима ће се ослобођене паре тренутно запалити отвореним пламеном, без трајног горења. Изражава се у °C и сматра се мерилем испарљивости а значајна је за транспорт и складиштење због опасности од пожара.

Тачка течења представља најнижу температуру на којој неко мазиво уље, приликом хлађења, још показује тенденцију течења. Непосредно испод ове температуре уље се потпуно стишњава.

Тачка замућења представља најнижу температуру на којој се у неком уљу, приликом хлађења, појављују први ситни кристали парафина, односно уље почиње да се мути. Тачка замућења се изражава у °C.

Оксидациона стабилност дефинисана је као мерило отпорности мазивих уља на дејство кисеоника. Представља једну од најважнијих особина одговорну за дужину радног века уља, али и за корозивност делова механичких система коју изазивају оксидациони продукти. Парафини оксидацијом прелазе у киселине и поликондензационе смоласте производе. У почетку ти производи су меки и делимично се растварају у уљу, повећавајући му вискозност. У даљој фази употребе ти талози прелазе у чврсте, што има за последицу веће штете на склоповима механичких система.

Термичка стабилност дефинише се као отпорност уља против разлагања услед дејства топлоте. Изражава се температуром на којој почиње разлагање. Термооксидационо разлагање је веома важно у пракси, јер је познато да се оксидација уља удвостручава са порастом температуре за сваких десет степени изнад прописане.

4.1. Подмазивање ланца моторне тестере

Радни век ланца тестере и водилице у великој мери зависи од квалитета уља за подмазивање – зато треба користити само специјално уље за подмазивање ланца.

Подмазивање се врши у интервалима и то у просеку 50 пута усекунди. Свака моторна тестера са своје доње стране има завртањ којим се регулише подмазивање ланца.

Новије конструкције ланаца у погонским ламелама имају уграђене фине канале за доток уља које подмазује спој ланца и покретне елементе зглоба ланца (слика 4.1). Са обе

стране погонских ламела утиснута су сферична улегнућа у којима се акумулира уље за подмазивање ланца. На тај начин се добија уљни филм, између погонских карика и клизних површина водилице, [9].



Слика 4.1 Подмазивање ланца тестере, [8].

Ланац је исправно подмазан када је потрошња једног резервоара уља приближно једнака потрошњи једног резервоара горива.

За аутоматско, стално подмазивање ланца тестере и водилице користи се еколошко уље за подмазивање високог квалитета – по могућности биолошко брзо разградиво уље. Није препоручљиво користити моторна уља уместо специјалних уља за подмазивање ланца јер таква уља су често мање вискозности и могу бити абразивна.

Карактеристике минералних уља за подмазивање ланца тестере *Fam Testerol*, *Lancol*, дате су у табели 4.4 и табели 4.5, [9]:

Минерално уље се користи за подмазивање ланца моторних тестера при нормалним и тешким радним условима као што су присуство високих и ниских спољашњих температура, снега, воде и прашине. Ово уље омогућава добро подношење високог притиска, одлично пријањање уља за ланац, спречавање прекомерног загревања ланца и водилице ланца тестере и при великим брзинама ланца уз минималну потрошњу уља, [9].

Табела 4.4 Карактеристике минералног уља *Fam Testerol*, [9].

Вискозност на 40 °C (mm ² /s)	100
Вискозност на 100 °C (mm ² /s)	11.0
Тачка паљења (°C)	220
Тачка течења (°C)	-15

Табела 4.5 Карактеристике минералног уља *Lancol*, [9].

Вискозност на 100 °C (mm ² /s)	9.5 – 11.5
Индекс вискозности	95
Тачка паљења (°C)	205
Тачка течења (°C)	-27

Testerol Bio је еколошко, потпуно биолошки разградиво уље за подмазивање ланаца моторних тестера. Формулисано је на бази естерских уља. Одликује се dobrим карактеристикама и добром биоразградивошћу, што је дато у табели 4.6.

Табела 4.6 Карактеристике минералног уља *Testerol Bio*, [9].

Вискозност на 100 °C (mm ² /s)	Вискозност на 40 °C (mm ² /s)	Тачка паљења (°C)	Тачка течења (°C)
12.5 – 13.5	55 – 65	280	-30

Закључак

У оквиру завршног рада извршена је подела механичких преносника снаге. Посебан осврт је на ланчаним преносницима снаге, где је извршена подела ланчаних преносника, дате основне карактеристике преносника, наведени делови и конструкција са описом.

Најбитније карактеристике ланчаних преносника јесу: преносни однос, снага коју ланац преноси као и углови којима ланац наилази на зуб ланчаника.

Може се рећи да је највећа предност ланчаних преносника у односу на друге преноснике то да имају релативно дуг век трајања, висок степен искоришћења али су подложни хабању. Ланчане преноснике треба користити за пренос великих снага на средњим растојањима, али нису погодни за пренос снаге при великим брзинама.

Ланчани преносници се користе у различитим областима индустрије. Једна од карактеристичних примена ланаца је код моторних тестера. За разлику од стандардних ланаца, ланац за моторну тестеру спада у специјалне ланце. Код ових ланаца спољашња и унутрашња ламела су израђене тако да се на њима налазе резни зупци. Облици и конструкција резних зубаца као и углови под којима се они израђују детаљно су приказани у раду.

С обзиром да су зупци ланца моторне тестере у непосредном контакту са дрветом, тј. са радном површином неминовно је постепено хабање зуба ланца. Основни механизми хабања као и карактеристичне врсте оштећења резних зубаца дате су у раду.

Да би се продужио радни век ланца моторне тестере неопходно је непрекидно и правилно подмазивање. Препоруке за избор мазива као и основне карактеристике мазива су дате у раду.

Литература

- [1] Р. Митровић: *Машински елементи 2 – механички преносници снаге – предавања*, Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, 2012
- [2] Н. Мехинагић: *Преносници снаге и кретања*, 2012.
<http://www.scribd.com/doc/109972363/Prenosnici-Snaga-i-Kretanja#scribd>
- [3] Б. Стојановић, М. Благојевић, *Механички преносници*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац 2015.
- [4] Р. Глигорић: *Машински елементи*, Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду, Нови Сад, 2015.
- [5] С. Танасијевић: *Механички преносници – ланчани преносници, зупчасти каишни преносници, кардански преносници*, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 1994.
- [6] <http://www.powerbelt.rs/>
- [7] http://www.regione.piemonte.it/foreste/images/files/pubblicazioni/manuale_boscaiolo_ser.pdf
- [8] http://static.stihl.com/security_data_sheet/downloads/Ostrenje-STIHL-reznih-lanaca.pdf
- [9] <http://www.fam.co.rs/proizvodi/industrijska-ulja-i-ulja-za-prehrambenu-industriju/ulja-za-lance-motornih-testera/149-fam-testerol>
- [10] http://www.rgf.rs/predmet/RO/VII%20semestar/Eksploatacija%20i%20odrzavanje%20gasovodnih%20sistema/Predavanja/EiOGasS_12.pdf
- [11] С. Танасијевић, *Основи трибологије машинских елемената*, научна књига, Београд, 1989