

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Транспортни уређаји и машине

Број индекса: 336/2018

Дивна М. Николић
Плочасти транспортер за комадне терете
мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Ненад Милорадовић, ванр.проф
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- Истакне улогу и област примене плочастих транспортера.
- Изврши класификацију, опише конструкцију саставних елемената транспортера.
- Прикаже принцип прорачуна и за дефинисане услове транспорта уради конкретан рачунски пример.
- Применом одговарајућег CAD софтвера изврши моделирање елемената плочастог транспортера.

Препоручена литература:

- [1] Гашић, М., Транспортни уређаји – непрекидни транспорт, Машински факултет, Краљево, 1997.
- [2] Гашић, М., Транспортне машине – изводи из теорије са примерима, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Краљево, 2017.
- [3] Тошић, С., Транспортни уређаји - Механизација транспорта, Машински факултет, Београд, 1999.
- [4] Јевтић, В., Транспортне машине - за насипне и комадне терете са непрекидним начином рада, Ниш, 2001.
- [5] Дедијер, С., Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.

Крагујевац, 03. 03. 2020.

Ментор:

Др Ненад Милорадовић, ванр.проф.

Садржај

Резиме.....	4
1. Увод.....	5
2. Плочасти транспортери као машине непрекидног транспорта	7
3. Класификација и област примене плочастих транспортера.....	11
4. Основни елементи плочастог транспортера.....	15
5. Материјали за израду елемената плочастог транспортера.....	32
6. Прорачун плочастог транспортера	48
7. Закључак.....	58
8. Литература.....	59
9. Прилог	62

Summary

Within this master's act, the role and application of plate conveyors as important machines in the field of continuous transport are emphasized. Basic divisions, classifications, materials and components of the conveyor are given. The calculation of the plate conveyor for piece loads is presented and the modeling of the main elements is performed using *CAD* software (*Inventor*). The advantages and disadvantages of this type of transport are described and directions of further development are given.

Key words: plate conveyor, materials, plates, chain.

Резиме

У оквиру овог мастер рада истакнута је улога и примена плочастих транспортера као важних машина у области непрекидног транспорта. Дате су основне поделе, класификације, материјали и саставни елементи транспортера. Приказан је прорачун плочастог транспортера за комадне терете и применом *CAD* софтвера (*Inventor*) извршено је моделирање главних елемената. Предности и мане оваквог вида транспорта су описане, а дати су и правци даљег развоја.

Кључне речи: плочасти транспортер, материјали, плоче, ланац.

1. Увод

Неопходност обављања транспорта разноврсних материјала односно терета подстакла је истраживаче, инжењере на развој механизације којом би се дошло до решења проблема насталих приликом процеса вршења преноса терета са једног места на друго. Вишедеценијским радом истраживачи су поспешили и проширили тржиште понудом великог броја међусобно сличних али уједно и различитих транспортера када је реч о њиховом изгледу, обиму могућег обављања посла, употребљаваном материјалу приликом процеса израде, конструкцији, начину прављења, веку трајања, максималној количини тј. маси преносног терета, носивости машине, као и о облику преноса транспортованог терета [1]. Тако је од једноставнијег али уједно и тежег начина транспортовања, данас, захваљујући труду проналазача и израженој потреби за унапређењем од стране и корисника и произвођача дошло до постојања машина, уређаја чијом је применом упрошћен, а самим тим и олакшан, убрзан процес преноса терета. Сам састав, структура и конструкција је видно детаљније формирана чиме је постигнут позитиван ефекат, одраз задовољства корисника, што и јесте циљ и оглед успешног пословања сваке индустријске и производне гране [2].

Транспортери чија понуда непрестано расте на тржишту (домаћем и иностраном) се могу груписати у [1]:

- плочасте;
- тракасте;
- елеваторе;
- ваљкасте;
- пужне;
- грабуљасте;
- гравитационе;
- подне и висеће конвејере;
- осцилаторне.

Сваки транспортер из наведених група има своје место у гранама производног и индустријског сектора. Као пример може се узети плочасти транспортер који има широку примену у пословању великог броја делатности на местима попут [2]:

- ❖ производних погона;
- ❖ бродоградилишта;
- ❖ машиноградње;
- ❖ енергетике;
- ❖ рудника;
- ❖ металургије;
- ❖ радионица, и сл.

Важност примене плочастог транспортера је највише уочљива у случајевима када је потребно извршити транспорт материјала који има специфичне особине због којих ни један други тип транспортера не би могао испунити задате критеријуме безбедног, правилног и брзог премештања терета [2].

Цена плочастих транспортера је сличних висина код већег броја произвођача, с тим што је за разлику од појединих врста других транспортера и даље већа због потребне израде елемената који су масовније природе са аспекта употребе материјала [2].

Плочасти транспортери се могу међусобно разликовати по типу плоче, шеми трасе, типу ланца и његовог начина израде и поставке, конструкције постоља, употребљеног погонског и затезног механизма, потребне снаге електромотора којом се покреће целокупна машина, изгледу ланчаника, као и по другим утицајним факторима због којих постоје различитости и сличности са другим машинама транспорта [2]. Оно што их чини сличним и оно што им је уједно и заједничко јесте принцип прорачуна као и састав основних елемената захваљујући којима су и сврстани у групу плочастих транспортера [1].

На слици 1.1 је дат пример плоче и ланца транспортера савременог изгледа.



Слика 1.1. Изглед плоче и ланца код плочастог транспортера [3]

Посматрајући слику 1.1 може се опазити да је површина плоче обрађена тако да је због потребних уштеда у материјалу, смањења носивости и цене, извршено и њено олакшање што је у овом случају обезбеђено израдом отвора (рупа). Ланац који је употребљен припада групи ваљкастих ланаца са осигурачем као спојним, сигурносним елементом везе [1,3].

На слици 1.2 дат је приказ плочастог транспортера са раздвојеним плочама који представља добро решење за транспорт комадних терета.



Слика 1.2. Плочасти транспортер за комадне терете компаније Adept [4]

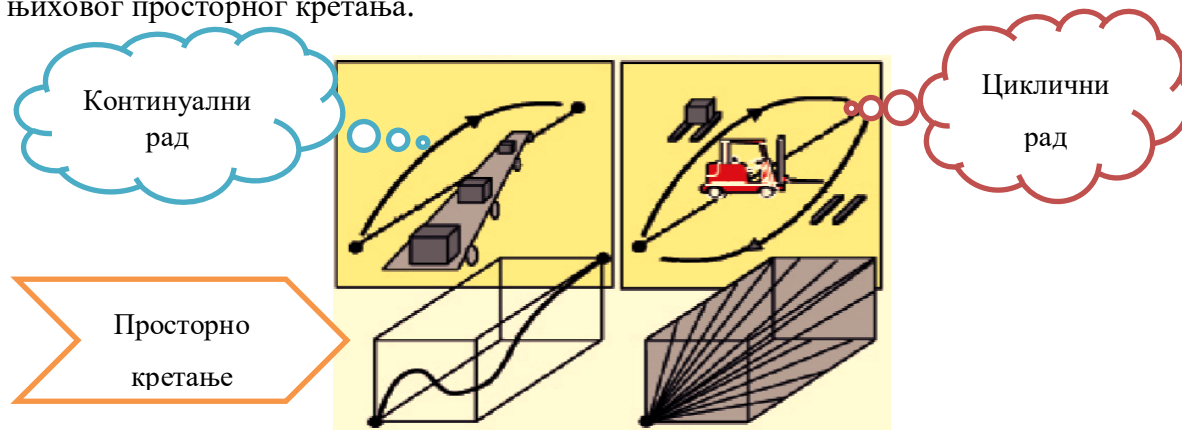
Због своје везе са ланцем, плочасти транспортери припадају групи ланчаних (чланкастих) машина које имају зглобну везу (зглобни ланац код кога постоји тзв. корак који претставља растојање између оса зглобова) [5].

2. Плочасти транспортери као машине непрекидног транспорта

Постојањем све већег броја различитих хемијских, структурних састава терета пажња конструктора је усмерена ка прављењу адекватног транспортера којим се могу постићи најбољи могући резултати са аспекта продуктивности, рентабилности, као и економичности чија је важност подједнако репродукована са произвођача на постојећег, новог или потенцијалног купца производа (машине, уређаја) [1]. Сходно свему томе, могу се опазити класификације машина по разним критеријумима од којих је основни заснован на подели машина према условима рада, и то на [6]:

- ❖ спољашњи → спроводи се у тзв. отвореном простору, ван сала и може се разврстати на:
 - копнени;
 - водени;
 - ваздушни.
- ❖ унутрашњи → спроводи се у тзв. затвореном простору, унутар сала (објеката) и може се разврстати на:
 - прекидни (циклично поновљив);
 - непрекидни (континуални).

Код унутрашњег транспорта начин обављања захтеваног рада који извршилац мора спровести у дело је основа за доношење исправније одлуке при избору адекватног типа машине или уређаја што је уједно и одличан показатељ разлике између цикличног и континуалног транспорта [6]. На слици 2.1 визуално је истакнут пример машина и њиховог просторног кретања.



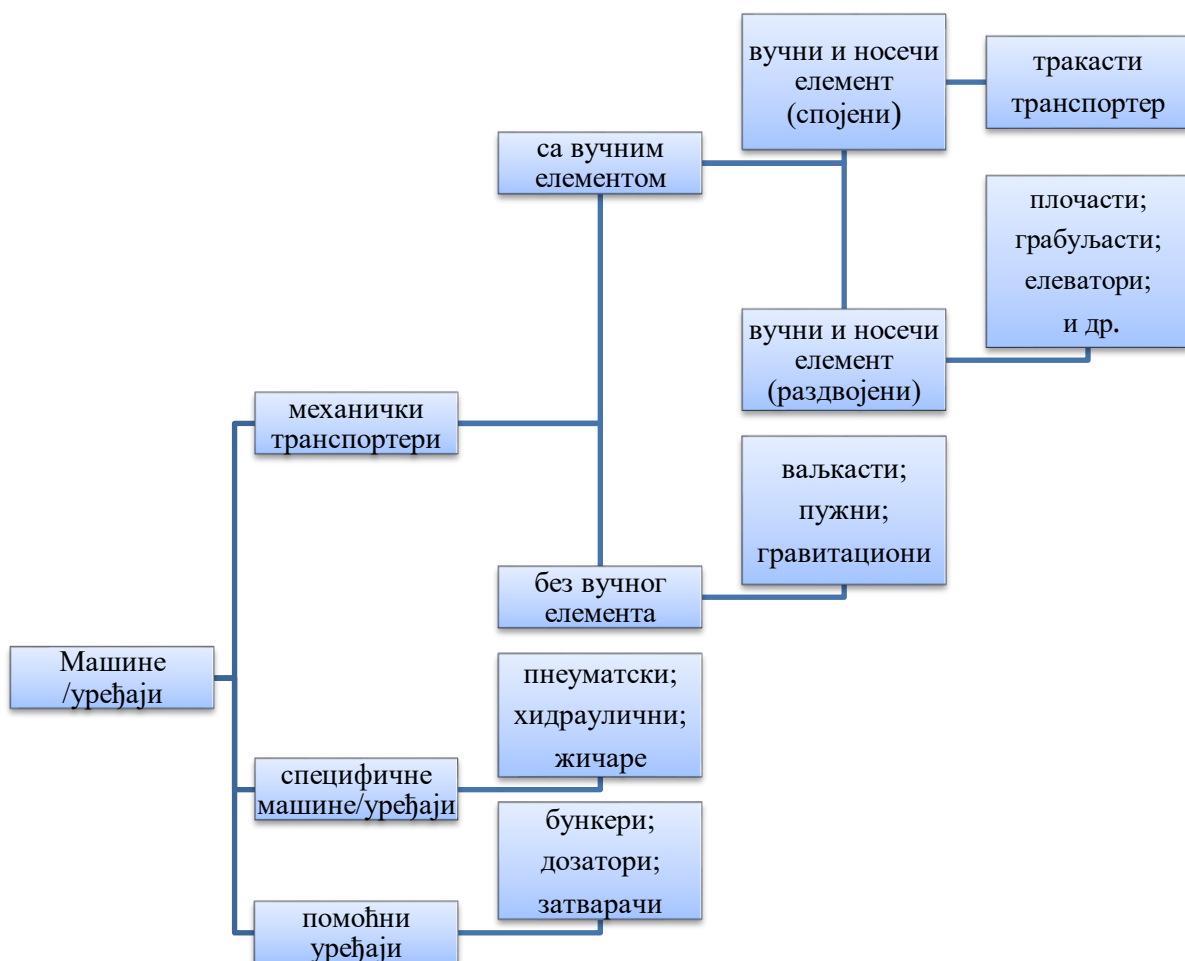
Слика 2.1. Илустровани пример кретања транспортера [7]

Када је у питању плочасти транспортер, што је у наставку шематски и приказано, он је груписан у машине које врше непрекидан транспорт терета. Пример овакве машине је дат на слици 2.2 где се могу приметити плочице које су постављене једна до друге (без међусобног размака) погодне за комадни и ситнозрни материјал, у нормалним условима рада као и сама шема трасе која је у хоризонталном положају што уједно олакшава и сам прорачун и израду транспортера чинећи је убрзаниом [2].



Слика 2.2. *Хоризонтални → плочасти транспортер [8]*

На слици 2.3 може се лакше, једноставније увидети и упоредити плочасти транспортер са другим транспортерима из своје или ван своје групе у којој је сврстан.



Слика 2.3 *Шематски приказ машина/уређаја са непрекидним транспортом [6]*

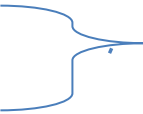
Оно што је заједничко за све транспортере тумачећи слику 2.3 јесте то да су они машине које имају вучни елемент [1].

У табели 2.1 истакнуте су заједничке предности и мане које одликују машине са непрекидним (континуалним) транспортом [6].

Табела 2.1. Предности и недостаци машина континуалног рада [6]:

ПРЕДНОСТИ	НЕДОСТАЦИ
✚ Непостојање тзв. празног хода (не захтева обавезно прекидање рада машине како би се терет поставио или уклонио). ✚ Врло су практични у разним пољима спровођења транспорта. ✚ Дobar, поуздан капацитет. ✚ Неопходна маса машине је видно мања од потребног капацитета. ✚ Није преко потребна велика снага машине. ✚ Могућ пренос разног терета, мање или више захтевног при процесу транспортовања као и успутно обављање појединих технолошких операција. ✚ Мирнији рад. ✚ Лакша контрола, провера исправности и поступка одржавања.	✚ Ограничени облици транспортованог терета са аспекта његових габаритних мера. ✚ Непотпуна флексибилност.

Почетни подаци на основу којих конструктори врше прорачун и избор врсте транспортне машине су [1]:

- капацитет
 - режим рада
 - шема трасе
 - маса и карактеристике терета.
- 
- транспортера

Пратећи уређаји који поспешују рад и животни век плочастог али и неког другог транспортера су намењени за [1]:

- пуњење транспортера теретом → постиже се ефекат равномерније расподеле терета уз умањену могућност предозирања појединих делова радне површине плочастог транспортера. Олакшано је и само стављање терета због прилагођене брзине кретању радног дела чиме се постиже и мање трење настало контактом предмета преноса и површине плоче;
- пражњење транспортера → обезбеђује мање хабање самог краја транспортера;
- чишћење транспортера → долази до потпуног избегавања или привременог одлагања смањења капацитета;
- додатну сигурност транспортера, тзв. сигурносни уређаји → поспешују безбедност оператера (извођача радова) спречавајући радни део да своје кретање врши у супротном смеру од предвиђеног.

Ради лакшег поређења плочастих транспортера са појединим типовима транспортера, на слици 2.4 су дату најзаступљенији.



Слика 2.4. *Најзаступљенији типови транспортера [9,10,11,12]*

На основу слика 2.2 и 2.4 могу се уочити поједине сличности плочастог транспортера са тракастим, с тим што се њихова разлика осим у појединим саставним елементима огледа и у намени, јединствености обављања преноса специфичног товара који захтева поштовање његовог хемијског састава (ниска/висока температура, запаљивост, озраченост, и сл. чиме се долази до потребе транспортовања материјала који се уједно суши или хлади) и стања (течно, чврсто, ситнозрно, комадно и др.) као и бројних других [6].

Век трајања је релативно дуг у складу са проценом и предвиђањима стручног кадра, првенствено оних који се сматрају њиховим ствараоцима [2].

3. Класификација и област примене плочастих транспортера

Вучни елементи плочастих транспортера су класификовани у две групе, од којих се у прву сврставају ланци, док је друга резервисана за челична ужад [1]. Пренос терета је могуће реализовати на траси која може бити [1]:

- хоризонтална;
- коса;
- хоризонтално-коса;
- комбинована (сложенија, нпр. хоризонтална-коса-хоризонтална).

Намена је нешто што доприноси при доношењу коначне одлуке везане за избор плочастих транспортера и она се дели на [1]:

- општу;
- специјалну.

Када је у питању број ланаца неопходних за нереметени рад машине, плочасти транспортери могу имати један или два ланца, према исказаној потреби, док је код мобилности (померљивости) транспортера подела извршена на [1]:

- стационарне (непокретне) → њихова позиција се може променити без потребне помоћи адекватног возила;
- нестационарне (покретне, преносиве) → преносни су самоходни или се њихово померање позиције (локације) врши путем одређеног превозног средства тј. неког возила. Најизраженија област примене оваквих транспортера огледа се у производним гранама модерне индустрије, али и у другим где су они формулисани на нивоу који доликује транспортним (претоварне и утоварне) машинама.

Подела се може извршити и на основу [1]:

- броја погона:
 - ◆ један
 - ◆ више
- облика плоче:
 - ◆ равне
 - ◆ таласасте
 - ◆ са бочним ивицама
- материјала плоче:
 - ◆ челичне
 - ◆ дрвене
 - ◆ пластичне

У пракси постоје и одређене подврсте када су у питању [1]:

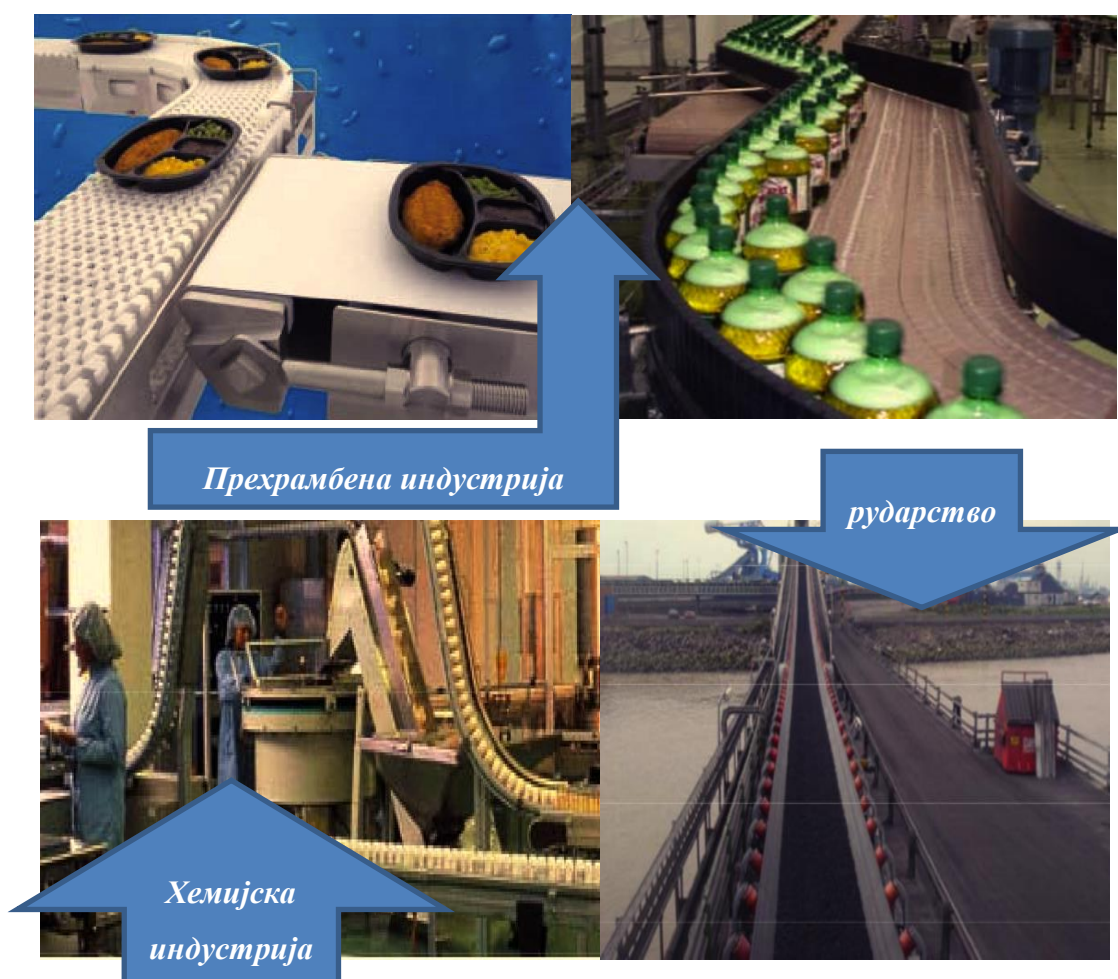
- ескалатори;
- транспортери којима се врши превоз људи;
- транспортери чији је под пројектован од сложеног профила.

Плочасти транспортери се могу додатно класификовати и на основу своје конструкције, носивости, снаге, економске и еколошке исплатљивости, итд. [2].

Примена ове врсте транспортера највише је заступљена у условима отежаног транспорта проузрокованих људским фактором или фактором спољашње средине [2]. До данас су главни предмети транспортовања плочастим транспортером били углавном окарактерисани као комадни терети (нпр. кутије, амбалаже у прехранбеној индустрији, угаљ у рударству, разним ископинама, и сл.) али осим њих, овакав вид транспорта може се наћи и приликом преношења терета који је ситнији тј. ситнозрнији или насипни [1]. Такође, своју примену могу пронаћи и у авио-индустрији где је транспорт пртљага и другог товара преко неопходан [6]. Све је чешћи случај њихове употребе у аутомобилској индустрији где се врши транспорт елемената, подклопова али и склопова који чине аутомобил апсолутно у целини. Свакако, плочасти транспортери ништа мање нису заступљени ни приликом транспортовања других типова терета возила чије носивости могу достићи велике вредности [2].

На слици 3.1 дат је пример примене плочастих транспортера у разним сферама индустријског пословања попут [6]:

- ✚ прехранбене индустрије → транспортовање хране у ресторанима уз комбинацију са тракастим транспортером, транспортовања и уједно пуњена боца или неке друге амбалаже;
- ✚ хемијске индустрије → транспортовање лекова или неких других хемикалија;
- ✚ рударство → транспортовање угља, врелог пепела, фосфата или неких других руда.



Слика 3.1. Пример примене плочастих транспортера [6]

Широм света плочасти транспортери се користе и у сврси транспортовања људи. Као класичан пример могу се узети покретне степенице (ескалатори) које се масовно користе у разним продајним местима попут тржних центара, робних кућа, маркета и сл. [2]. На слици 3.2 приказан је њихов универзални изглед.



Слика 3.2. *Покретне степенице* [6]

Иако се употреба плочастих транспортера повећава из дана у дан, битно је напоменути да је све више присутна њихова комбинација са осталим облицима транспортера због чега се предвиђају даља унапређења и рад нових модела од стране инжењера и научника [1].

На слици 3.3 дај је приказ плочастог транспортера компаније *XINBEX* .



Слика 3.3. *Плочасти транспортер компаније XINBEX* [13]

Транспортер приказан на слици 3.3 је класичан пример плочастог транспортера једноставне конструкције који је у овом случају намењен ресторанима тј. њиховим кухињама како би се олакшао и убрзао рад што се репродукује бржом услугом муштерија. Димензија овог модела је 199 *m*, са снагом од 0,75 *kW* [13].

Као и свака машина на свету, плочасти транспортер кресе и куде поједине особине које се квалификују као његове врлине или мане. У поређењу са врлинама односно предностима, мане тј. недостаци су скоро па и занемарљиви што се може видети на основу приложене табеле 3.1.

Табела 3.1. *Предности/недостаци плочастог транспортера [1,2,14,15,16,17]*

ПРЕДНОСТИ

-  Лака контрола при монтажи и демонтажи елемената попут нпр. замене чланка уколико дође до оштећења услед дотрајалости или неке хаварије;
-  Погодни су и прилагодиви разним радним условима уз пружање потребне безбедности кориснику (оператера, извршиоца радова) као и радној околини;
-  Могу се направити тако да се њима транспортују више разноврснији терети различитих карактеристика;
-  Погодни су и практични при употреби транспортовања људи што додатно олакшава и усавршава квалитет живота пратећи темпо које садашње време непрестано намеће;
-  Могу бити врло тихи при раду тако да звук који производе не ремети људе и животиње који би им стварао неки облик иритирајућег осечаја тј. нелагодности

НЕДОСТАЦИ

-  Висока цена коштања целокупне конструкције као резултат негативног и неповољног утицаја велике тежине машине (нпр. неких њених делова, елемената попут ланаца и пода);
-  У случају израде сложенијих делова машине може се доћи и до тежег склапања или расклапања што има лош утицај на количину времена потребног за обављање поменутог посла;
-  Интензивније трошење енергије;
-  Могући случајеви заглављивања у међупростору плоча;
-  Могуће потешкоће приликом обављања транспорта транспортера због веће носивости машине што директно утиче на вид њеног преноса, позиционирања до жељене дестинације.

4. Основни елементи плочастог транспортера

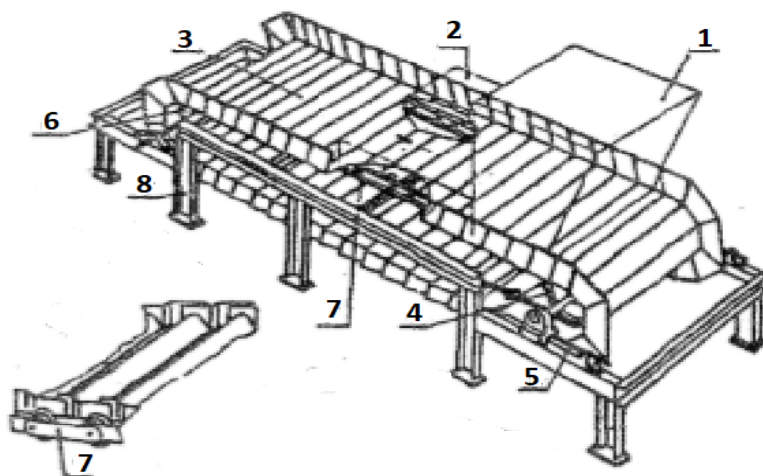
Један од главних разлога употребе плочастог транспортера односи се на састав, хемијску структуру, масу производа који је предмет транспортовања. Често се као отежавајућа околност узима сам терет који има изражену температурну разлику у односу на околину у којој се транспорт обавља тј. спроводи у дело. Та температурна разлика настаје у случају да је терет изразито загрејан, ужарен (врло високе температуре) или у случају када је терет испод нуле (врло хладан, залеђен, изразито ниска температура). Још један од битнијих разлога примене плочастог транспортера има везе са масом терета. Нпр. у бродоградњи или рударству где су транспортни терети великих тежина, толиких да се примена нпр. тракастог транспортера не препоручује као вид потенцијалног решења због могућности појаве разних облика хаварије машине подстакнуте повећаним ризиком, непредвидивим дејством производа на рад и функционалност изабране машине [2].

Пример такве непогодности која се репродукује погрешним избором типа транспортера, нпр. тракастог уместо плочастог је изражена појавом потпуног или делимичног престанка рада транспортера услед оштећења траке (настанком истегнућа, пуцања или прснућа), оштећења електромотора који није предвиђан за рад транспортера који је, у овом случају, преоптерећен и бројни други могући кварови и ризици који прате погрешне изборе [1,14].

Данас је врло популарна употреба плочастих транспортера приликом транспорта терета на ком се врши даља технолошка обрада попут [2]:

- бојења;
- испирања;
- каљења;
- слапања; и др.

На слици 4.1 приказан је плочасти транспортер са ознакама које представљају његове саставне елементе.

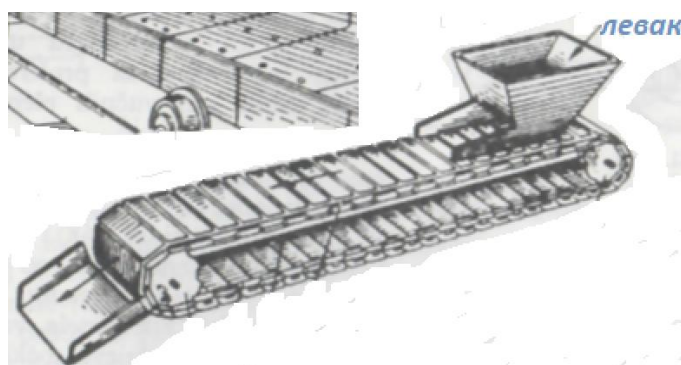


Слика 4.1. Графички приказ плочастог транспортера са ознакама позиција појединих основних елемената [2]

Елементи који су приказани и нумерички означени на слици 4.1 су [2]:

- 1 → доводни левак
- 2 → водећа плоча
- 3 → преклопне челичне плоче
- 4 → повратни ланчаници
- 5 → затезни уређај
- 6 → погонски ланчаници
- 7 → ланци са нормалним ваљцима
- 8 → носећа конструкција транспортера.

Доводни левак је пожељан али не и неопходан код ове врсте транспортера. Уколико се испостави да је неопходан онда му позиција искључиво зависи од процене инжењера и/или оператера на ком месту дуж трасе почиње унос терета, а уколико није неопходан онда се приступа употреби тзв. самоутовара терета, што и није ни мало редак случај примене у оквиру савременог доба [2]. На слици 4.2 приказан је изглед левка који је постављен произвољно на траси транспортера.



Слика 4.2. Графички приказ произвољно постављеног левка на траси плочастог транспортера [5]

Приликом димензионисања доводног левка препоручује се коришћење вредности параметара које су дате табелом 4.1 [1].

Табела 4.1. Геометријски параметри доводног левка плочастог транспортера [1]:

Ширина плоче (m)	0,4	0,5	0,65	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Растојање између бочних ивица (m)	0,27	0,34	0,43	0,58	0,66	0,8	0,94	1,06
Дужина бочних ивица (m)	1	1,2	1,5	2	2	2	2,5	2,5

Основа за назив по којој је транспортер добио име јесу управо подне плоче које су уједно и најважнији елемент транспортера јер се њиховом површином остварује директан контакт са предметом обављања транспорта (теретом) [2]. Израда подова се може реализовати на више начина због чега између осталог и постоји њихова различитост попут облика, нивоа храпавости, кртости, пластичности и еластичности површине чему доприноси изабрани материјал њихове израде. Према томе, данас постоје подови који су [2]:

- равни, размакнути без бочних страна са/без ваљака;
- равни, збијени са бочним странама;
- валовити са/без бочних страна;
- плитки/дубоки (кутијасте).

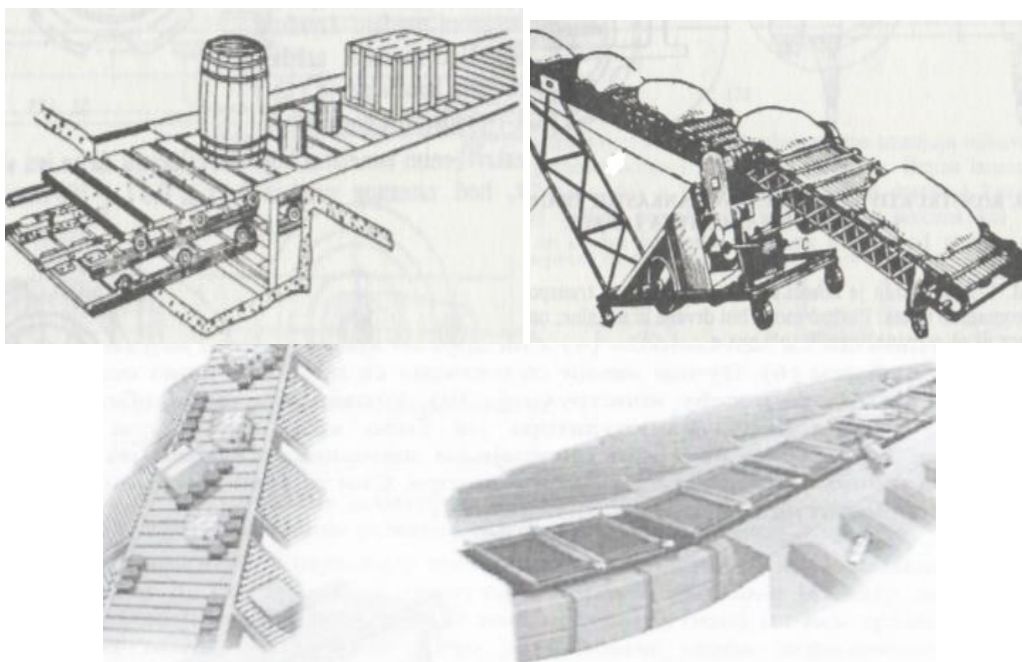
Када је у питању коадни терет, омогућена је лакша израда пода јер се у његовом случају могу избећи наслони. Али због тога није потребно страховати да ће доћи до појаве испадања терета са трасе транспортера јер су се пројектанти досетили да једна бочна страна израђена од челика, дрвета или пластике буде онемогућеног померања [2]. У табели 4.2 дат је најчешће транспортвани терет уз помоћ плочастих транспортера, уз често коришћење доводних левака [6].

Табела 4.2. Насипни терети који се транспортују плочастим транспортерима [6]:

Крупноћа	Димензија комада	Најчешћи представници
<i>коадни</i>	комад > 320	камен
	$160 < \text{комад} \leq 320$	руда, угаљ
	$60 < \text{комад} \leq 160$	камени угаљ
	$10 < \text{комад} \leq 60$	туцаник, репа
<i>зрнасти</i>	$2 < \text{комад} \leq 10$	шљунак, ситне житарице
	$0,5 < \text{комад} \leq 2$	крупни песак
<i>прашкaсти</i>	$0,05 < \text{комад} \leq 0,5$	ситни песак, со
	$\text{комад} \leq 0,05$	брашно, цемент

Приликом транспорта зрнастог или прашкастог терета, обично се користе плочасти транспортери са бочним ивицама код којих су плоче спојене тако да је међу њима растојање једнако нули [1]. Могу се направити тако да изглед плоче подсећа на отворене кутије што је погодно за материјал који је ситније грађе [2].

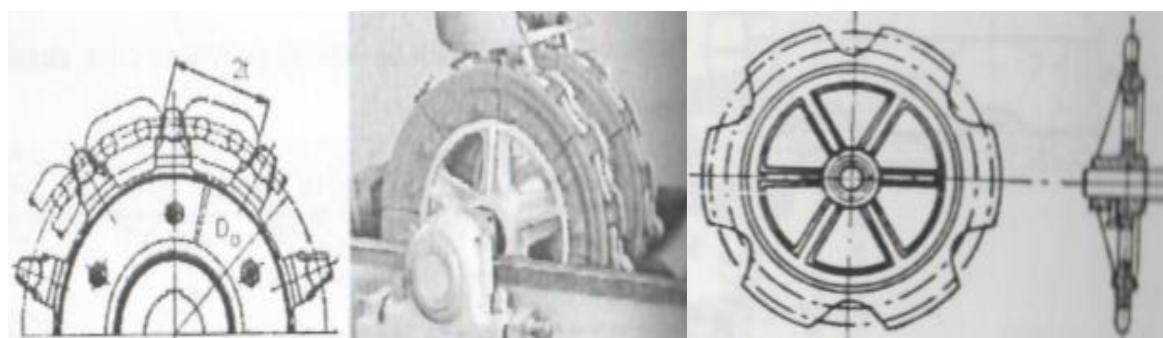
На слици 4.3 дат је пример плочастих транспортера са различитим облицима и габаритним мерама.



Слика 4.3. Графички, идејни приказ изгледа плоча код појединих плочастих транспортера за комадне терете [5,18]

Израда пода је, сама по себи, специфична због постојања разних, бројних терета које је потребно транспортовати. Плоче осим са теретом који носе, свој контакт остварују и са ланцем (један или два која су међусобно паралелно постављена) који свој даљи контакт остварује са ланчаницима (прецизније речено, њиховим зубима) [2].

Погонски и затезни ланчаници кретање врше тако што погонски ланчаник преко редуктора добије неопходну снагу која се директно оформила у електромотору (ЕМ) [2]. На слици 4.4 је дат изглед погонског механизма плочастих транспортера.



Слика 4.4. Ланчаници плочастих транспортера [5,18]

У случају да постоји препрека у виду нагиба одређеног дела машине, онда је потребно извршити поставку кочионог система како би се поспешила безбедност колико машине, толико и њеног корисника, и обично се поставља у релацији [1]:

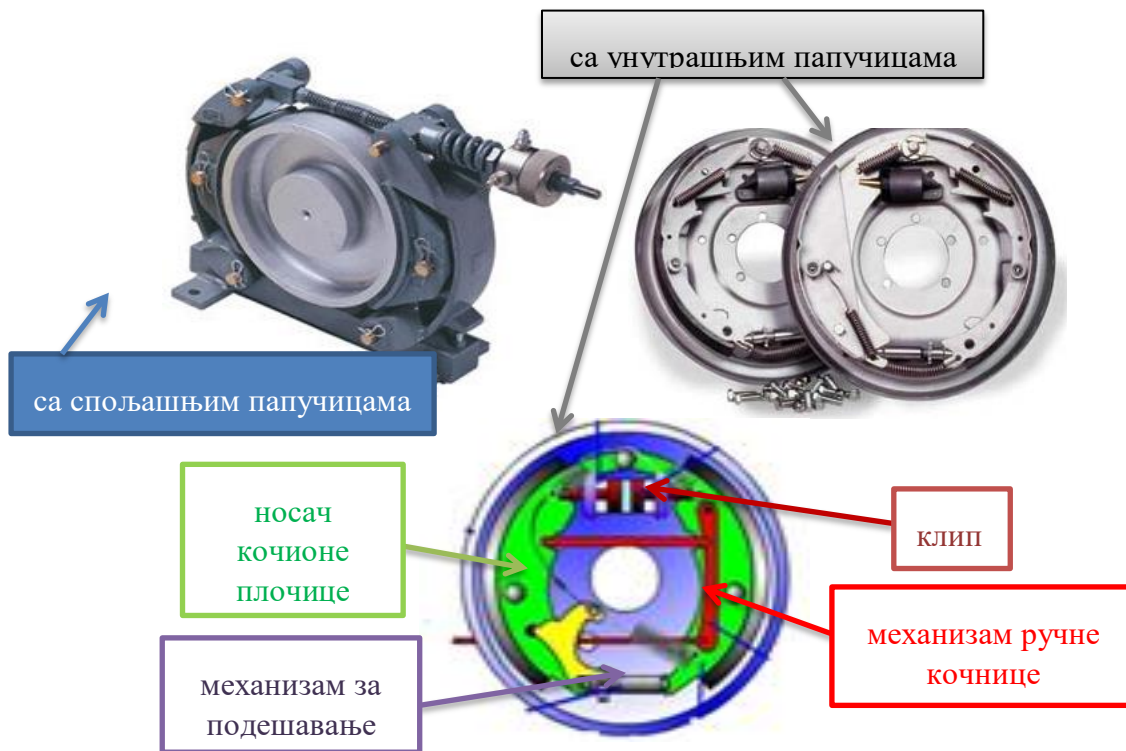
✚ мотор → кочница → редуктор;

✚ редуктор → кочница → погонски ланчаник.

Кочница која се користи код плочастих транспортера има функцију да присуством трења насталог при контакту површина од којих је једна у стању кретања (покретни део) док је друга у стању мировања (непокретни део) дозволи постепено успоравање и заустављање кретања машине [14]. На основу начина рада (да ли се кочење врши у присуству трења, магнетне привлачности/одбојности, или при протицању флуидних честица) разликују се [14]:

- механичке кочнице;
- електромагнетне;
- хидродинамичке.

Најчешће коришћене кочнице када су у питању транспортне машине су добош кочнице. Оне су оформљене тако да могу имати спољашњу или унутрашњу папучицу. У зависности од типа машине бира се у ком положају ће се оне и поставити. Зато је код дизаличних машина, кранова и сл. папучица постављена ван добоша како би се повећала безбедност при раду машине која транспортује терете, док је код нпр. возила друмског саобраћаја који имају ову врсту кочница обично папучица позиционирана са унутрашње стране кочионог добоша [14]. Добош кочница са спољашњом и унутрашњом папучицом приказана је на слици 4.5. [19,20].



Слика 4.5. Добош кочнице [19,20]

Осим добош кочница постоје и [14]:

- ❖ тзв. кочнице са траком заступљене код уређаја који нису превише оптерећени и чији је рад заснован на мањим брзинама;
- ❖ диск кочнице које имају широк асортиман понуде и примене код аутомобила јер раде по принципу хидраулике, али им употреба није ништа мања ни код осталих, новијих моторних возила.

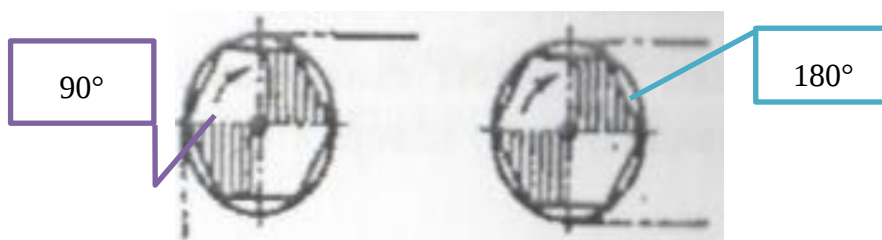
На слици 4.6 могу се видети различите врсте кочница које се користе код машина/уређаја.



Слика 4.6. Кочнице [21]

Све кочнице, али и многи други елементи (нпр. лежајеви, опруге, завртњеве, чивије, и сл.) су стандардизовани тако да се може извршити њихова набавка како би се убрзао процес моделирања и прављења машина/уређаја [14].

На слици 4.7 дат је приказ могућности формирањa спрезања ланца и ланчаника.



Слика 4.7. Угао положаја између ланца и ланчаника код плочастих транспортера [18]

Под којим углом ће бити извршено спрезање зависи од типа транспортера, тј. да ли се ради о транспортеру код кога је повратна грана паралелна радној грани (угао који заклапа ланац са ланчаником је 180°) или је реч о транспортеру код кога је правац кретања повратне гране нормалан на правац кретања радне гране (угао између ланца и ланчаника је 90°) [1].

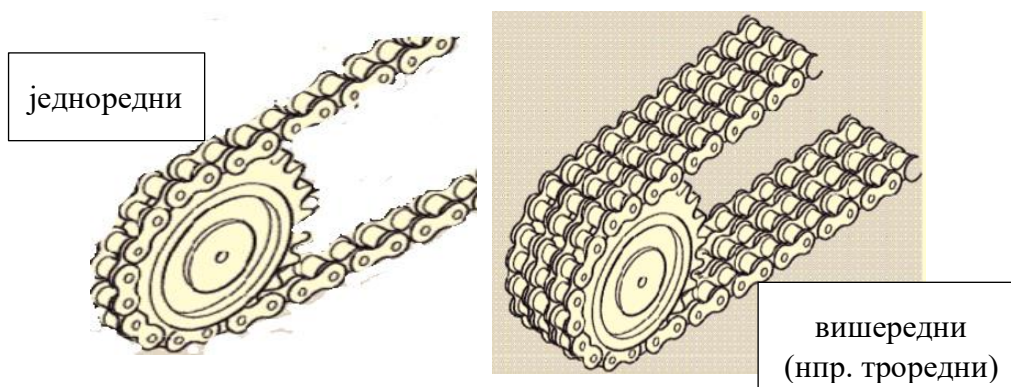
При изради плочастог транспортера за који је урађен прорачун (дат у поглављу 6), извршен је избор спрезања ланца и ланчаника, па је угао који образује њихов међусобни положај вредности од 180° [1].

У зависности од типа ланца врши се избор ланчаника на основу [14]:

- материјала израде → сиви лив, челици попут:
 - челика за побољшање;
 - челика за цементацију;
- облика зуба → димензија пречника:
 - максималне вредности тела ланчаника;
 - подеоног и подножног круга;

- максимална и минимална вредност теменог круга, и др.;
- начина обраде → технолошки облици обраде;
- броја зуба → усваја се на основу брзине кретања вучног елемента.

Изглед ланчаника (димензије, облик, маса) зависи и од броја редова ланца, па је код једноредног ланца ланчаник такође једноредан, а код вишередних ланаца примењује се вишередан ланчаник [14]. Профил ланчаника се бира на основу величина (пречника тела, ширине и заобљења венца ланчаника) које су дефинисане прорачуном [15]. На слици 4.8 дат је пример једног једноредног и вишередног ланца са ланчаником.



Слика 4.8. Пример једноредног и троредног ланца и ланчаника [22]

Конструкциона решења израде ланчаника приказана су на слици 4.10 на основу којих се уочава да ланчаник чине [15]:

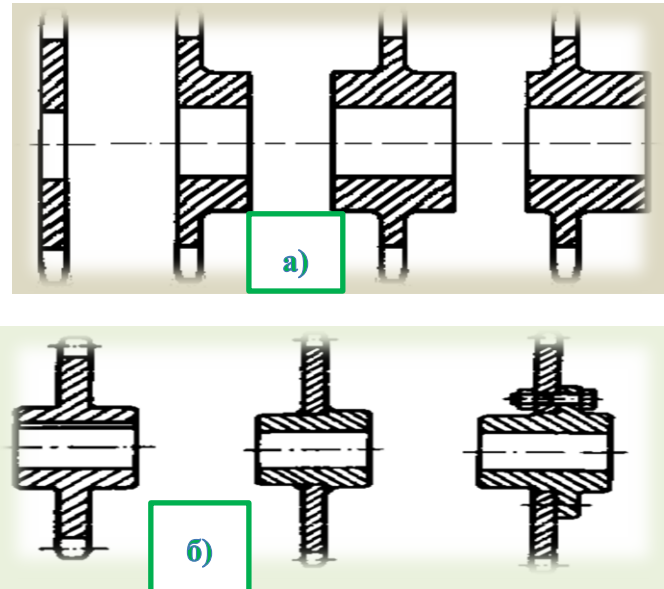
- **венац** → основни елемент ланчаника, док је главчина њен додатак који може али и не мора да се направи у зависности од брзине кретања ланца, броја зуба, профила зуба, а првенствено од снаге и обртног момента. За венац се користи материјал већег квалитета попут челика за цементацију, челика за побољшање, ређе од полимера (на слици 4.9 дат је приказ троредног ланчаника, направљеног од материјала С45 који се сврстава у челике за побољшање, оформљен без главчине, са отворима ради смањења његове носивости);



Слика 4.9. Троредни ланчаник без главчине са олакшањима, жљебом [23]

- **главчина** → може бити једнострано или двострано-симетрично одрађена на венцу чија је веза формирана захваљујући поступком заваривања, што је чест случај, али не и једини јер је везу могуће остварити на више начина применом завртњева и других врста везивних елемената. У појединим ситуацијама није је потребно направити што утиче на носивост, ниво сложености, начина одржавања и др. битних ставки којим се описује изабрана конструкција. Сиви

лив је чест материјал за њену употребу јер се тиме олакшава ланчаник, уз комбинацију са отворима. У случају да је потребан већи квалитет, у употреби су челици који се користе при изради венца, с тим што је могуће извршити ојачање страна помоћу ребара, поспешити безбедност узимајући у употребу и заштитни уређај као саставни елемент склопа ланчаника.



Слика 4.10. Пример конструкционих решења израде ланчаника а) једноставне конструкције, без израде жљеба и/или примене везивних елемената; б) сложеније конструкције са жљебом, и/или завареном везом, или са везивним елементима [15]

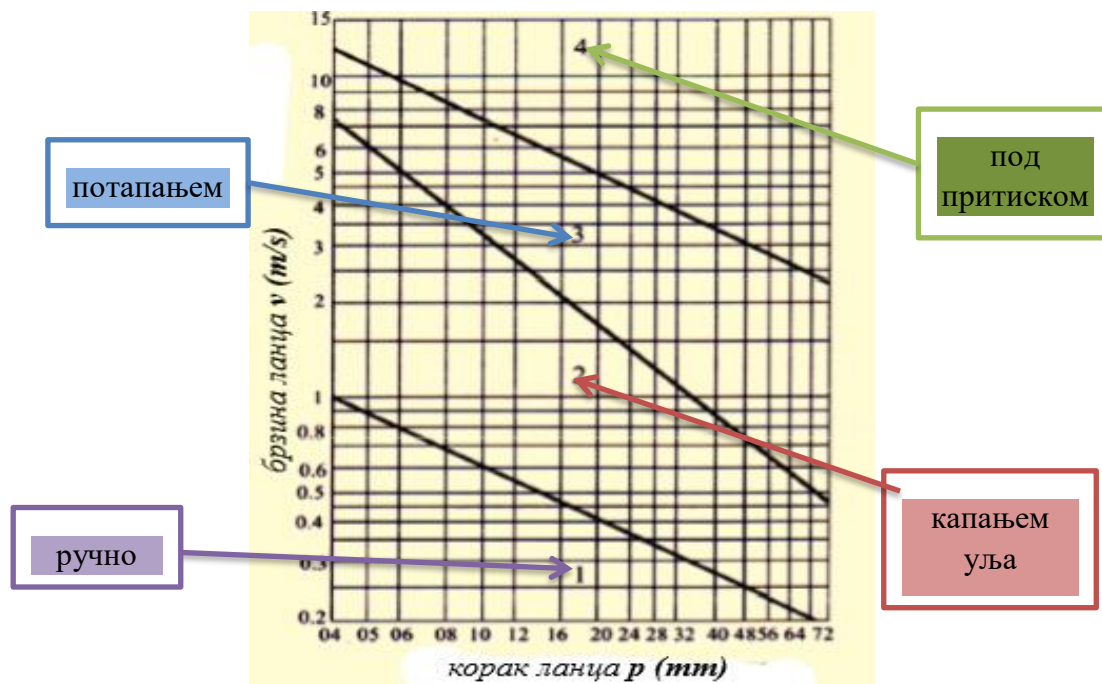
Препорука инжењера јесте да се избор ланчаника чији је ланац састављен од парног броја чланака изврши усвајањем непарног броја зуба како би се при раду ланца и ланчаника поспешила стабилност, равномерност трошења услед дејства трења саставних, контактних елемената и површина, али и обезбедила мања бука, тј. нижи ниво звучности [15].

Због природе вучног елемента, плочасти транспортери припадају групи чланкастих (ланчаних) транспортера јер је настанак ланца окарактерисан као процес међусобног надовезивања чланака образујући тако велику или малу дужину ланца која је потребна за предвиђени рад машине или уређаја [5]. У чланкасте транспортере се убрајају и коритасти (класични или са лопатицама/гребачима), кофичасти и сандучасти [18].

Кретање ланца се разликује од кретања бројних других врста машина. Тако је, нпр. код тракастог транспортера кретање остварено захваљујући присуству трења насталог услед оствареног контакта траке и бубња транспортера, што код плочастих транспортних машина није начин добијања било каквог кретања [18]. Плочасти транспортери своје кретање ланца остварују путем присутног спрезања насталог између ланца као вучног елемента и ланчаника (погонског и гоњеног) [1].

Због присуства трења потребно је посветити пажњу ка чешћој примени мазива попут уља или масти које је адекватно за изабрани тип ланца или ужади, како би се обезбедио несметани рад ланца, без појаве непредвидивих ситуација попут варница, пукотина, прслина, ломова чланака, прекид споја код зглобова ланца као и бројне друге непогоде изазване дејством трења чији је апсолутни утицај при неконтролисаним количинама

врло неповољан што се и види са становишта максималног могућег периода употребе до тренутка хаварије [15]. На слици 4.11 приказана је зависност брзине вучног елемента и његовог корака као и начин вршења подмазивања који проистиче из те зависности.



Слика 4.11. Зависност брзине и корака вучног елемента којом се врши избор начина подмазивања плочастих транспортера [22]

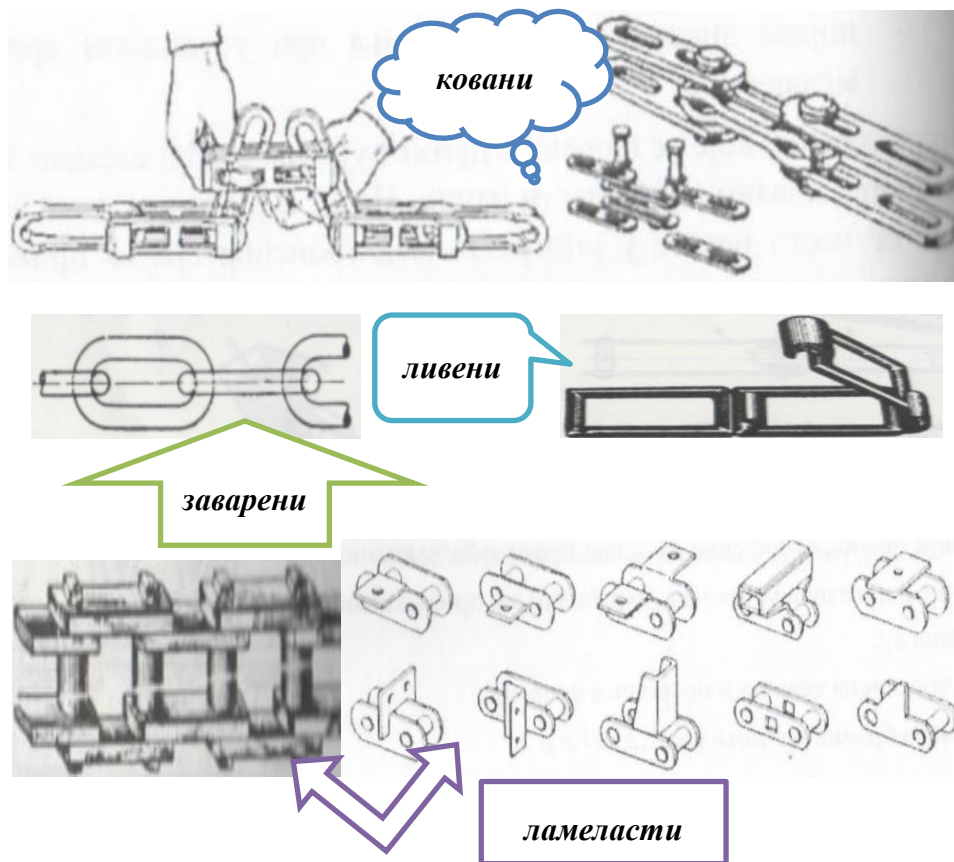
Постоје бројне предности због којих је ланац бољи избор за вучни елемент плочастог од нпр. траке тракастог транспортера, што је и приказано у табели 4.3 заједно са појединим недостацима [18].

Табела 4.3. Предности и недостаци ланца као вучног елемента плочастог транспортера у односу на траку тракастог транспортера [18]

Предности	• већа пластичност; • брза монтажа, демонтажа уколико је потребно продужити или скратити вучни елемент, или у случају неког вида оштећења чланова ланца може се на врло лак и једноставан начин приступити поступку његове замене; • лакша контрола и увид у исправност ланца; • велика савитљивост; • добра реакција на вруће, хладне или оштре предмете у случају да дође до испадања транспортованог терета са плоче транспортера; • одлична јачина и толерантност ланца са великом отпорношћу на кидање;
-------------------------	---

Недостаци	• присуство динамичких сила тј. оптерећења; • маса може бити великих вредности што утиче на целокупну носивост машине/уређаја; • неопходно подмазивање чланака, зглобова ланца ради присуства трења приликом процеса спровођења рада; • количина потребне уложене енергије је већа од оне која је потребна при покретању траке тракастог транспортера.
-----------	---

На слици 4.12 дате су врсте ланца које се користе код плочастих транспортера.



Слика 4.12. Ланци код плочастих транспортера [5,18]

Ако се посматра животињи век трајања ланца, онда се сматра да је један од најповољнијих избора управо ламелести (плочасти) ланац са чауром због емитовања нижег нивоа хабања које се јавља у тренутку превоја ланца због чега је и забележена добра релација њиховог односа којим се, без стварања потешкоћа, може обезбедити прелазак са хоризонтални положај трасе у вертикални и обрнуто, чиме се поспешује и увећава примена ове врсте ланца код машина и уређаја данашњице [18]. Због таквих резултата захваљујући којима данас постоје разни видови комбинација транспортера постижу се и велике површине и капацитивности (до $2000 \frac{m^3}{h}$ капацитета) [2].

Са развојем технологије, узастопно су се развијали и настајали нови и/или побољшани типови већ постојећих ланаца, због чега је сразмерно расла и њихова понуда на тржишту. Због своје велике примене код бројних машина/уређаја разликују се [15]:

- зупчасти ланци → захтевају много већу пажњу приликом процеса израде што утиче на цену по којој се продају, а при том су одлично решење при условима рада где владају брзине великог интензитета [22]. Њих чине озубљене ламеле, осовинице и ламеле за вођење, што се може видети на слици 4.13;



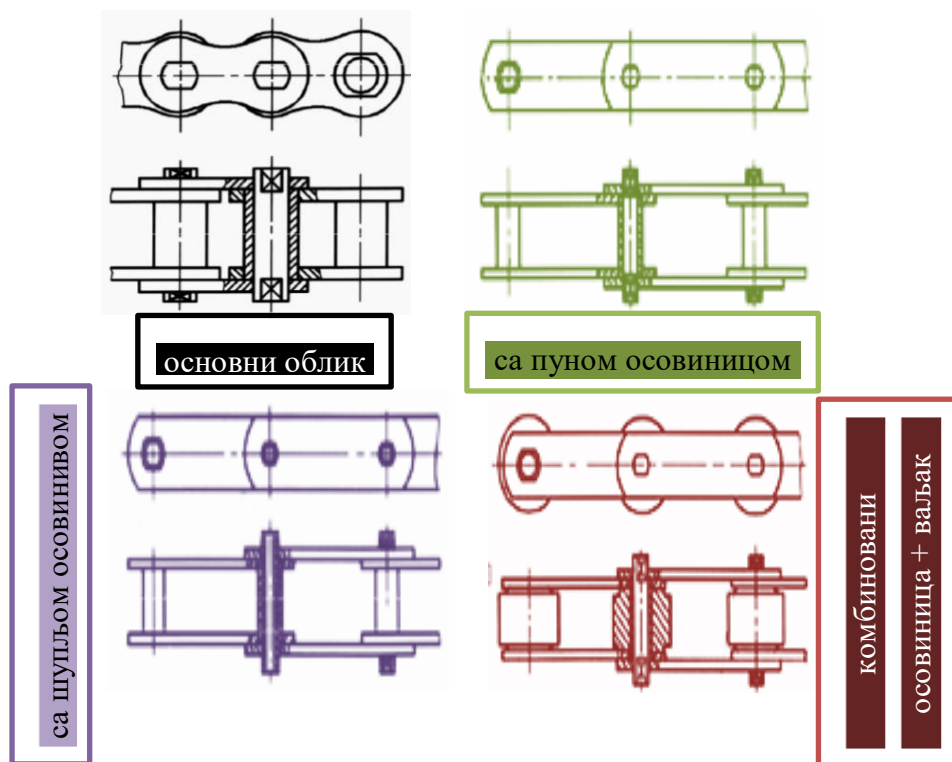
Слика 4.13. Зупчасти ланац компаније Tsubaki [24]

- чаурасти ланци → имају највећу употребу у средини у којој не владају велике брзине кретања (због појаве директног хабања површина елемената које су у додиру) попут већине транспортера чије је кретање ланца доста успореније од других врста машина/уређаја [15]. На слици 4.14 дат је пример чаурастог ланца компаније Tsubaki.



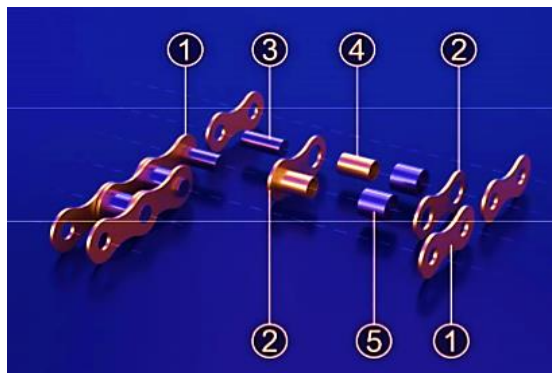
Слика 4.14. Чаурасти ланац компаније Tsubaki [24]

Осовинице којима настају везе између спољашњих и унутрашњих површина чланака могу бити израђене са/без отвора и препоручљиве су за машине чији рад тј. чија брзина не прелази више од $5 \frac{m}{s}$ [21]. На слици 4.15 графички су приказане комбинације чаурастих ланаца са/ без отвора, са/без ваљака [14];



Слика 4.15. Чаурасти ланац [14]

- ваљкасти ланци → имају доста сличности са чаурастим ланцима, с тим што у свом саставу за разлику од чаурастих имају ваљке који врше обртно кретање око чауре, што се може видети и на слици 4.16;

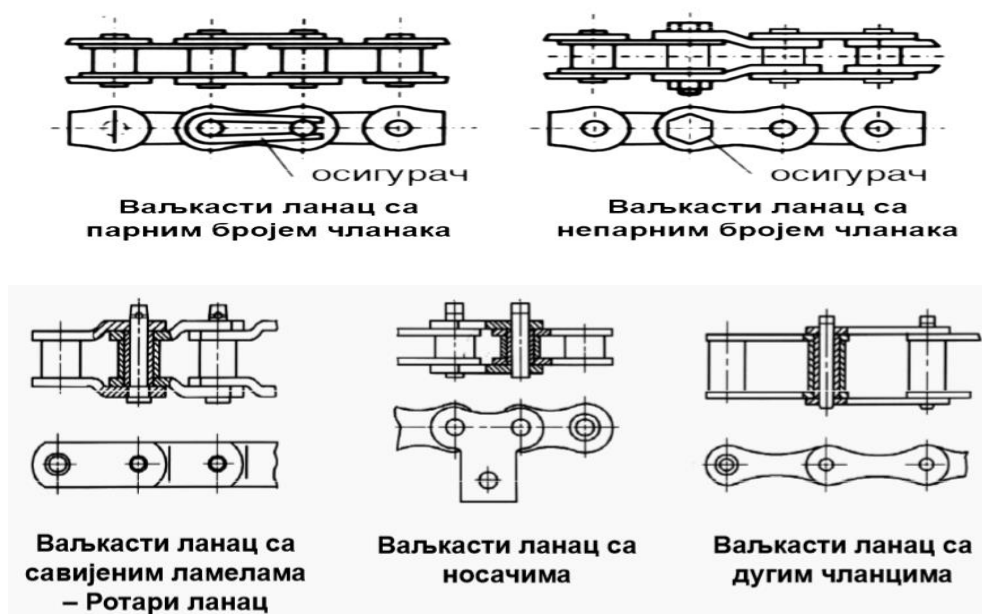


Слика 4.16. Ваљкасти ланац основног облика са означеним елементима

1 → спољашња ламела са упресованом осовиницом; 2 → унутрашња ламела са упресованом чауром; 3 → осовиница; 4 → чаура; 5 → ваљак [22]

Неки посебни облици који се могу наћи у разним гранама индустријских и др. машина/уређаја су дати на слици 4.17. Осим поменутих елемената, они имају и спојне елементе, попут [15]:

- спојке; или
- спојног члана са осигурачем који су такође дати на слици 4.17 уз назнаку кад се који спојни елемент користи.



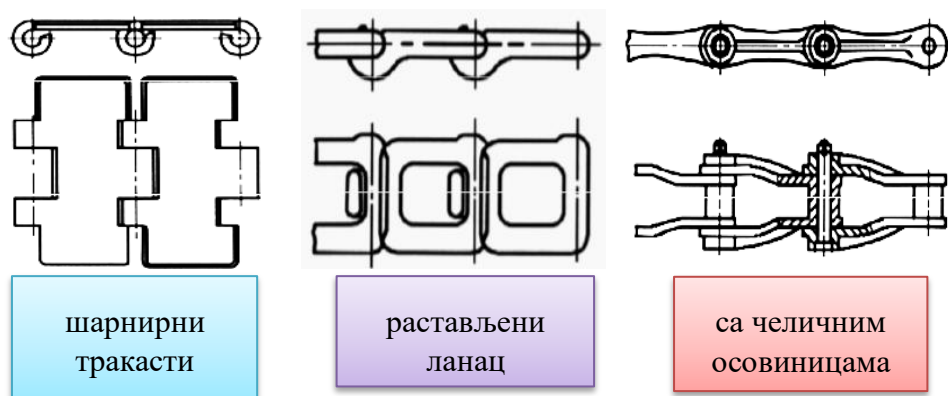
Слика 4.17. Врсте ваљкастих ланаца [22]

У табели 4.4 истакнути су материјали од којих се најчешће праве елементи ваљкастог ланаца уз слику као прилог.

Табела 4.4. Материјал за израду елемената ваљкастог ланца [25]

	елементи	материјал
1	Осовиница	15B25
2	унутрашња ламела	SAE1050
3	ваљак	C1018
4	чаура	16MnCr5
5	спољашња ламела	SAE1050

- ланци са осовиницом → чини је ламела (спољашња и унутрашња) и осовиница, па своју примену може наћи у условима у којима су максималне брзине кретања $1 \frac{m}{s}$, а међу њима најзаступљенији претставници су Флајерови и Галови ланци [15];
- специјални ланци → чини их комбинација различитих ланаца и/или комбинација одређене врсте ланца са додацима који представљају њене нове додате елементе попут оних приказаних на слици 4.18 [14].
 Спајање њихових елемената могуће је извршити применом завртњева, осигурача у облику жице који пролази кроз отвор осовинице, опруга, и др. везивних елемената који су доступни набавној служби производног погона [14].

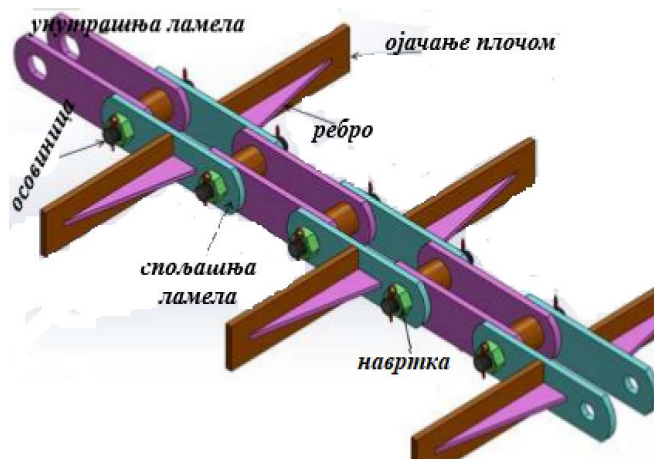


Слика 4.18. Специјални ланци [14]

За сваки тип ланца постоје стандардизоване вредности корака, разног интервалног распона што је још један вид њиховог међусобног разликовања. Нпр. код ламелних ланаца, корак им се креће у интервалу $250 \div 630 \text{ mm}$, док се код осталих типова ланаца корак може кретати и у интервалу $100 \div 1000 \text{ mm}$, што зависи од тога да ли је у питању ланац са чауром, точкићима или ваљчићима, због којих и постоје бројне врсте међу којима су и тзв. специјални ланци [1]. Њихов избор се врши на основу потребе која је дефинисана условима које изабрани ланац мора да задовољи и они су дефинисани преко [1]:

- ❖ погонске масе;
- ❖ силе кидања;
- ❖ корака ланца.

На слици 4.19 дат је ламеласти ланац са ојачивачима у виду плочица и ребра како би се спречила могућност савијања при великим силама.



Слика 4.19. Ламеласти ланац са ојачивањима (плоча + ребро) који се користи код вучних транспортера оптерећених великим силама [26]

Осим ланаца, могу се користити и ужад (челична) у ситуацијама када је потребно испунити критеријуме попут [1]:

- мање цене коштања;
- мање носивости;

- повољнијој и блажој осетљивости услед присуства нечистоћа;
- веће еластичности, и сл.

Ланац може имати и негативан ефекат уколико се тумачи сложеност његове конструкције што је и одраз појачане потребе усавршавања његових саставних елемената како би се израда и монтажа учинила још лакшом и једноставнијом што убрзава тј. скраћује потребно време израде и спајања које има битно дејство у економичности, рентабилности и продуктивности финалне верзије машине/уређаја [18].

Сви отпори који се јављају на машини/уређају се могу сврстати у две групе приказане шемом на слици 4.20.



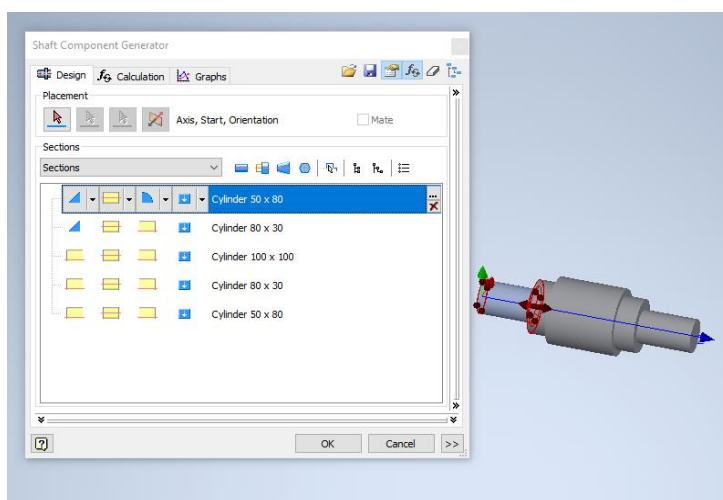
Слика 4.20. Подужни и локални отпори [18]

Најједноставнији отпор јесте отпор у хоризонталној кривини јер у том случају нема отпора подизања материјала [18]. Приликом њиховог одређивања, машина са својим компонентама пролази кроз разне облике тестирања пре финалне продаје/куповине и употребе. Анализе којима се спроводе провере исправности су експерименталног карактера и најчешће примениване су [27]:

- ❖ метода кртих лакова → којом се долази до резултата о постојаности или непостојаности прслина које нису у потпуности видљива голим оком, као и праћење понашања испитиваног елемента на различите степене оптерећивања применом тзв. баждарења којом се добија јаснији увид на могуће деформације;
- ❖ напонско-оптичке методе → у оквиру којих се групишу и:
 - моаре метода;
 - фотоеластична метода;
 - метода холографије;
- ❖ тензометријске методе → у које се убрајају средства којима се врши мерење напона и постојаних деформација елемената и та средства су груписана у:
 - мерне траке;
 - механичке уређаје.

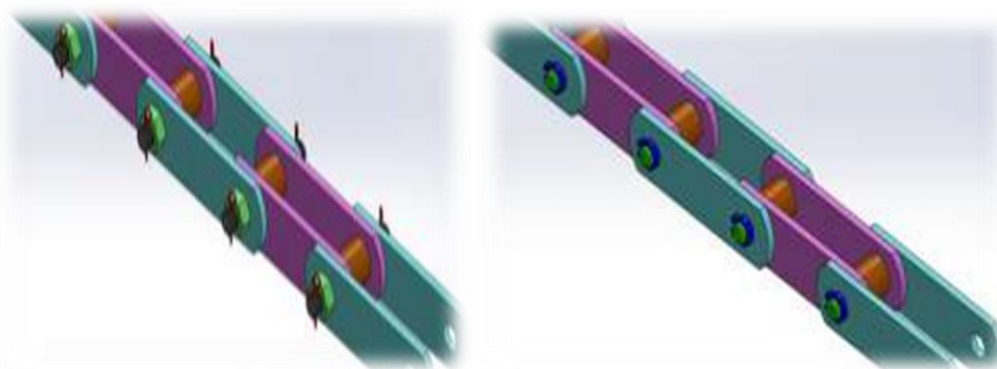
Примена савремених софтвера довела је до тога да се данас приликом процеса моделирања могу увести елементи попут вратила, зупчаника, ланчаника, лежајева што

је убрзало поступак настанка CAD модела машине/уређаја. Такође, сваки од CAD софтвера има своје појединости попут добијања готовог прорачуна на основу задатих димензија елемената нпр. вратила где корисник одлучује каквој је изгледа, којим оптерећењима је изложен, од ког материјала се израђује и сл., на основу чега софтер врши прорачун који у року од пар секунди прикаже кориснику као крајњи резултат. Пример оваквог софтвера је *Inventor* који максимално поједностављује прављење и добијање готових (појединих) елемената, њихово склапање и приказивање кроз техничку документацију. На слици 4.21 дат је приказ вратила, који су резултат рада софтвера *Inventor*.

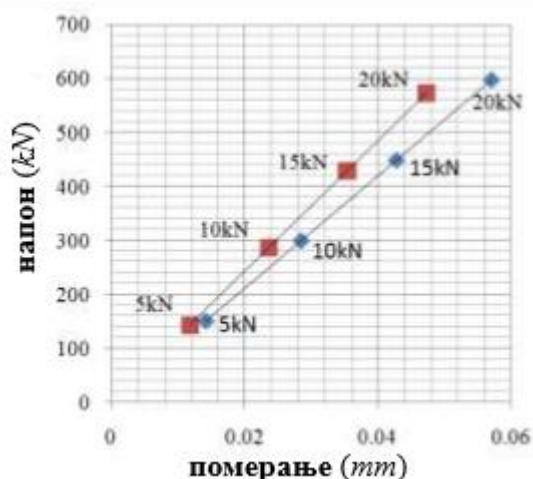
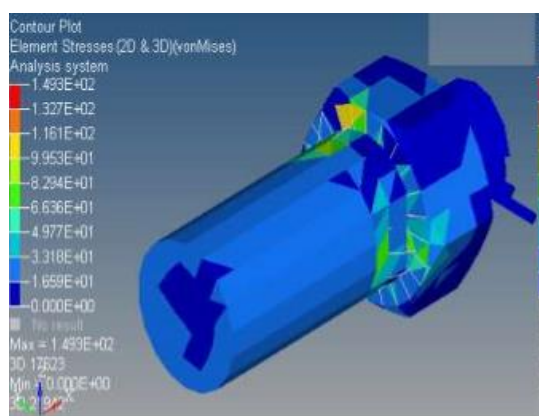


Слика 4.21. Пример изгледа вратила у процесу израде у радном окружењу софтвера *Inventor*

У бројним инжењерским часописима се могу пронаћи чланци везани за испитивања елемената, материјала нових и/или побољшаних, нових модела машина/уређаја и сл., па је на слици 4.22 дат приказ једног постојећег и побољшаног ламеластог ланца, док је на слици 4.23 дат приказ везивног елемента (навртка + осигурач) у CAD софтверу → *Solidworks* који подлеже *von Mises* оптерећењима који су на дијаграму истакнути (дејство сила и померања који су међусобно зависни) претстављајући резултате примењене *FEA* методе [26].



Слика 4.22. Пример ламеластог ланца у а) старом и б) побољшаном издању [26]

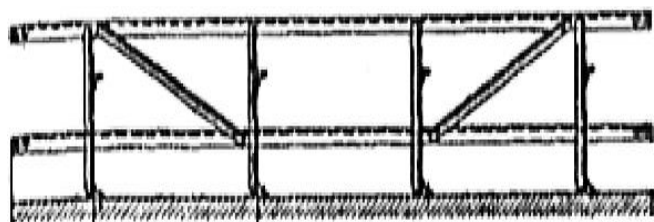


Слика 4.23. Пример а) везивног елемента (навртка + осигурач) у CAD софтверу → Solidworks који подлеже von Mises оптерећењима и б) дијаграм којим се уочава зависност оптерећења старог и побољшаног везивног елемента изложени различитим интензитетима сила праћени са различитим интензитетима померања [26]

На дијаграму слике 4.23 црвени квадратићи претстављају однос напона и померања различитих интензитета елемента који је усавршен, док су плави квадратићи претставници старијег модела везивног елемента који подлеже истим силама као и побољшани елемент али са различитим резултатом односа њиховог напона и померања [26].

Дакле, може се закључити да се са порастом напона добија и израженије померање, али уколико је број саставних чинилаца неког елемента мањи и бољи (квалитетније израђен), онда се могу очекивати врло повољан резултат као одговор на примењено побољшање [26].

Носећа конструкција плочастог транспортера је углавном израђена од стандардизованих профила (I, L, T , и сл.) што је случај и при изради плочастог транспортера чији је цртеж приказан кроз прилог. Пример профилисане конструкције је приказан на слици 4.24 (у овом случају, у питању је I профил, чија је траса оформљена праволинијским секцијама) [1].



Слика 4.24. Носећа конструкција плочастог транспортера са праволинијским секцијама [1]

Вратило које је узето за контакт ЕМ, кочнице, погонског ланчаника је од пуног профила, право и степенастог облика, чији хемијски састав одговара челицима за побољшање [14].

5. Материјали за израду елемената плочастог транспортера

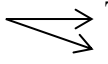
Пресудан чинилац за избор материјала при изради саставних елемената транспортера (попут нпр. плоча) јесте управо природа терета који се преноси. Према томе, због разноврсних типова терета попут крупно/ситно-комадних, масивних, абразивних и њима сличних разликујемо и материјале који су у обавези да испуне све постављене услове, примарне критеријуме чиме се додатно и гарантује дуг животни век и несметана функционалност рада транспортера у целости [2]. Наравно, и искуство и стечено знање пројектанта је од битног значаја за сам процес односно процедуру настанка и развоја квалитетне жељене машине/уређаја [28].

Тако је запажено да се адекватним поступком прераде сировог гвожђа попут рафинације, довођења до сниженијег садржаја угљеника (чија је максимална вредност до 1%), као и додавања легираних елемената постиже добијање челика који се може даљом прерадом обликовати у готов производ или полупроизвод. Као пример класичне употребе овог материјала јесте производња плоча које су по облику сличне лимовима и тракама, с тим што је дебљина плоча приметљивија јер се данас масовно (серијски) производе плоче које имају дебљину доста већу од 5 mm, док је код трака/лимова дебљина у вредности од 5 mm уједно и њихова максимална величина (горња граница) [29].

Процес ваљања је класичан поступак њихове производње и то нарочито топлог ваљања јер се највише примењује. Пресовање, ковање су подједнако битни поступци прераде добијања великог броја сличних/различити полупроизвода овог века. Осим већ поменутих постоје још неки поступци обраде тј поделе челика и то су [29]:

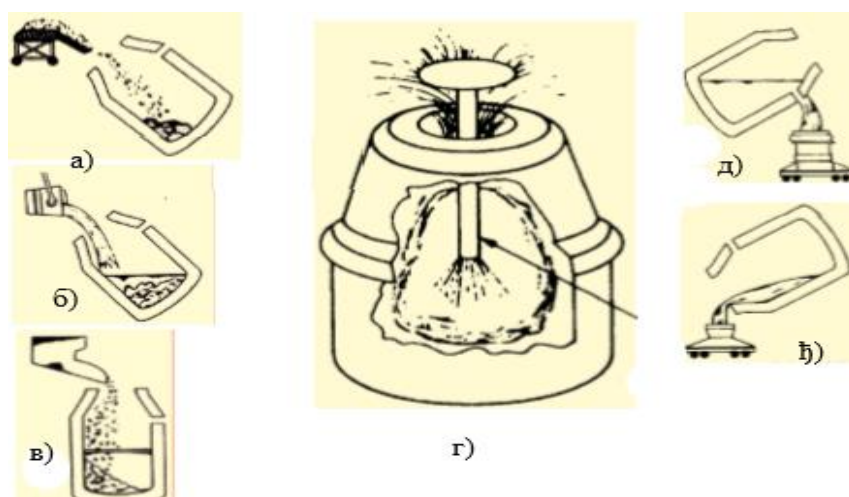
- ливење;
- брушење;
- вучене;
- љуштење.

Поступци добијања челика топљењем гвожђа је могуће извршити применом [30]:

- ❖ поступка претапања што се остварује захваљујући тзв. електропећима;
- ❖ поступка пламена у Сименс-Мартеновим пећима;
- ❖ конвертора:  Томасов
Бесемеров.

Добијања челика поступцима конвертовања заснива се на [30]:

- пуњењу конвертора тзв. отпадом (металним);
- уливању растопљеног метала;
- додавању креча (печеног);
- доводу кисеоника;
- изливању добијеног растопа;
- пуштање материје ван посуде, што је илустровано сликом 5.1 (са ознакама од *a*) до *h*) које претстављају описани поступак прераде метала).



Слика 5.1. Поступак конвертовања [30]

Додавањем појединих легираних елемената као и прерадом челика применом различитих поступака добијени су многобројни производи који на себи носе одређене ознаке прописане стандардом како би се кориснику пружила максимална сигурност против преваре и олакшао сам избор који се може спровести у било ком тренутку због обезбеђеног, дозвољеног приступа подацима којима се описује хемијска структура, прерада и обрада материјала (сировине од које је направљен производ, нпр. челик) готовог производа [28].

Свака земља које је независна или уједињена са једном или више држава има своју почетну ознаку за стандард којом се наглашава власништво тј. порекло производа, па се тим значењем води и наша земља чији стандарди почињу са *SRPS* (ову ознаку носе сви производи који су направљени у складу са прописаним стандардом и могу се приметити на бројним артиклима, производима који своју примену проналазе на домаћем и/или иностраном тржишту) [16].

Квалитет челика се огледа по карактеристикама које га описују и постављеним условима које је потребно у потпуности задовољити. У зависности од степена испуњена постављених и прописаних жеља које материјал тј. сировина (у овом случају челик) треба да реализује кроз свој хемијски и механички састав, истакнуте су најчешће захтеване ставке попут [16]:

- корозионе отпорности материјала која је у већини ситуација неопходан сегмент за даљи поступак израде и/или обраде сировине (до тренутка настанка циљног производа или/и након тог тренутка, што није редак случај за већину добијених производа);
- високе жилавости што је врло битан чинилац у случајевима када је потребна већа тврдоћа и отпорност на физичке или хемијске реакције спољашње средине којима се излаже производ сачињен од материјала специфично изражене жилавости;
- динамичке отпорности, првенствено се мисли на силе, моменте које га додатно оптерећују и које настају услед примене односно употребе производа;

- термо-постојаности која је врло чест захтев код већине производа код којих је потребна добра отпорност на рад у условима у којима влада виша температура;
- велике отпорности на хабање и бројних других ставки.

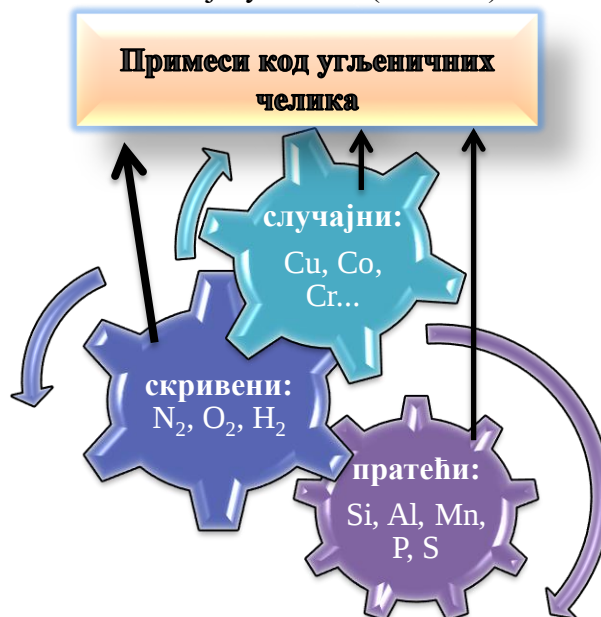
У табели 5.1 дат је процентуални приказ састава легираних елемената присутних код најчешће коришћених производа.

Табела 5.1. Најчешће коришћени легирајући елементи [29]

<i>Најчешће коришћени легирајући елементи код материјала који се користе при изради плочастих транспортера и других машина/уређаја са истакнутим процентуалним саставом и специфичним особинама којима доприносе материјалу</i>	
Хром: 12%	<u>нерђајући</u>
Никл: до 5%	<u>жилав</u> на <u>нижим</u> температурама
Манган: 12-14%	отпоран на <u>хабање</u>

На слици 5.2 дат је приказ примеса који су присутни унутар саме структуре челика и они представљају нечистоће које у већој количини неповољно утичу на квалитет челика због образовања једињења као што су [30]:

- оксидна;
- сулфидна;
- фосфидна → може изазвати појаву плавог (хладног) лома.



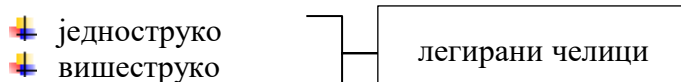
Слика 5.2. Илустровани приказ шеме врста примеса [30]

Табелом 5.2 приказан је стандарно дефинисан садржај елемената који у приказаним и/или мањим вредностима од датих представљају примесе челика уместо легирајућих елемената. Уколико би њихова вредност садржаја челика била већа од приказане, онда се они не би третирали као нечистоће које штете челику већ би били тумачени као елементи за његово побољшање, допринос тј. као легирајући елементи [16].

Табела 5.2. Максимална процентуално приказана вредност састава хемијских елемената унутар челика због које нису легирајући елементи већ [16]

Хемијски елементи унутар челика	Максимална вредност садржаја хемијског елемента у %, због којег се он и даље третира као непогодан чинилац (примес)
Алуминијум	0,05
Силицијум	0,6
Никл	0,3
Хром	0,2
Молибден	0,05
Титан	0,05
Бакар	0,03
Кобалт	0,05
Ванадијум	0,05
Манган	0,8
Волфрам	0,1

У зависности од количине легирајућих елемената које чине челик квалитетнијим, разликују се [30]:



Под једноструким се подразумева да је у саставу челика додат један елемент легирајућих својстава [30].

Код вишеструко легираних челика подразумева се да је њихова структура боље оформљена јер је број легираних елемената већи што се уједно рефлектује одразом вишег квалитета материјала [16]. У табели 5.3 дати су легирајући елементи са појединим особинама (врлинама/манама) којима поспешују, у скоро занемарљивој мери слабе челик.

Табела 5.3. Легирајући елементи и њихове особине [14,16,17,29,30]

Хром је хемијски елемент ознаке **Cr** који на челик као легирајући елемент делује тако што му повећава ватроотпорност, отпорност на корозију, јачину челика тј. затезну чврстоћу, отпорност на оксидацију, напон течења (али уз појаву и негативних ефеката попут смањене пластичности, жилавости и термичке проводности).

Никл (**Ni**) поспешује структуру челика чинећи га јаким и жилавим при раду у условима нижих температура без појава промена или неких других негативних утицаја када је у питању пластичност.

N претставља ознаку за азот који на челик утиче тако што га чини јачим у нетолерантним срединама где је изложен високим температурама. Оно што га чини специфичнијим јесте то да челик који га садржи нема смањену отпорност на корозију због способности необразовања везе тј. директне повезаности са угљеником.

Силицијум (**Si**) негативно утиче на жилавост и способност челика да буде подложен деформацијским променама које се у процесу обраде челика захтевају, али је зато његова примена позитивна ако се жели добити материјал који има већу затезну чврстоћу и/или напон течења.

Елемент попут угљеника (**C**) на челик делује тако што му смањује жилавост, донекле и пластичност, а повећава и поспешује тврдоћу, прокаљивост, отпорност на хабање. За разлику од других легирајућих елемената, угљеник се сматра најефикаснијим када се ради о повећању затезне чврстоће (чак и до десет пута више је ефикаснија мања количина нпр. 0,1 % **C** је скоро исто што и 1% **Cr**).

Манган ознаке **Mn** поспешује челик обезбеђујући му већу јачину, напон течења, али нема добар ефекат на жилавост материјала.

W је ознака за волфрам и он утиће негативно кад је у питању заварљивост челика, али му је појачана електрична отпорност и сличан је молибдену и ванадијуму јер челику својим присуством допринео тако што му је повећао тврдоћу, напон течења, уз умереније одузимање жилавости.

Бакар (**Cu**) је чест састојак који се додаје код челика којима је потребна већа јачина, отпорност на корозију и/или већи напон течења, па је класичан пример употребе код челика који су окарактерисани као конструкцијски. Неповољније утиће на жилавост, али не у великој мери.

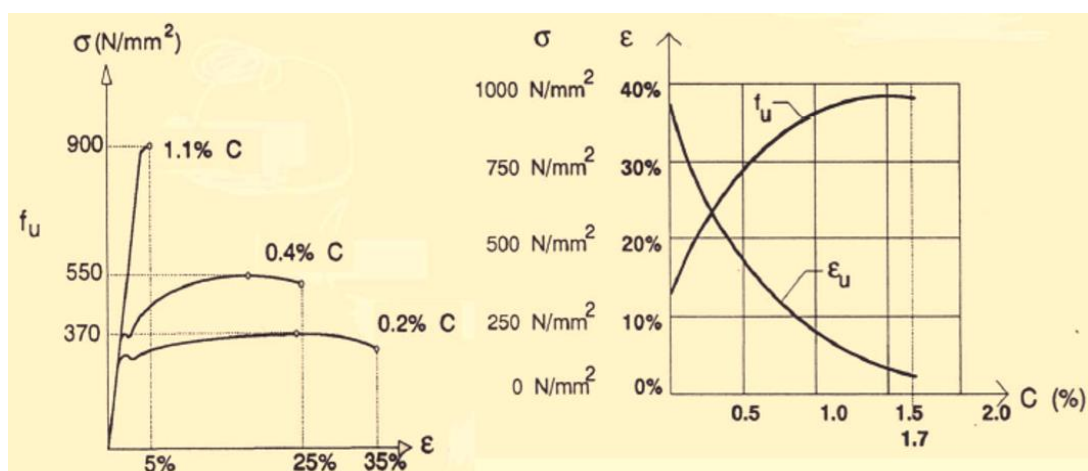
Алуминијум ознаке **Al** се добро показао у случају смањивања процеса старења и повећања отпорности на процес настанка оксидације уколико се комбинује са елементима попут силицијума и хрома. Негативног је утицаја јер ремети жилавост челика, као и, у већој мери, и саму пластичност материјала.

Када је потребно створити адекватну отпорност на киселе средине, онда је употреба титана (**Ti**) добар избор. И њега, попут већине, прати негативан карактер који се испољава на жилавост материјала.

Поменути елементи се сврставају у две основне групе које представљају два различита доприноса на хемијске особине, састав челика и то су [16]:

- ✚ феритизатори → у њих спадају (*Cr, W, V, Ta, Al, Ti, Mo, Si, Nb*)
- ✚ аустенитизатори → у њих спадају (*Cu, C, Mn, Ni, N*)

Без обзира којој групи припадају, сви легирајући елементи имају нешто што им је заједничко а то је да они на челик делују тако што изазивају структурне промене које се дешавају услед низа реакција легирајућег елемента са другим честицама средине у којој се пронађу [31]. Дијаграми приказани на слици 5.3 претстављају графички илустрован однос између напона и коефицијента деформације у односу на количину легирајућих елемената, док табела 5.4 представља пример механичких својстава метала/неметала на температури од 20°.



Слика 5.3. Дијаграми претстављају графички истакнуту зависност између напона, степена деформација и легирајућих елемената са аспекта постепеног повећавања количине угљеника [31]

Табела 5.4. Пример метала/неметала и њихових механичких особина на температури до 20° [32]

<u>МЕТАЛИ</u>	Напон течења (R_e) $\frac{N}{mm^2}$	Затезна чврстоћа (R_m) $\frac{N}{mm^2}$	Издужење ($A_{5,65}$) %
алуминијум	35	90	45
бакар	70	220	45
никл	58	320	30
титан	140-550	275-690	17-30
волфрам	550-690	620-760	0
<u>НЕМЕТАЛИ</u>			
керамика		140-260	0
термопластика		7-80	5-1000

У табели 5.5 дате су везе легирајућих елемената који остварују одређени однос са својствима челика на који делују градећи једињења.

Табела 5.5. Остварене везе легирајућих елемената са структуром челика [30]

Легирајући елементи	Раствор у <u>чврстом</u> стању	Легирани <u>цементит</u>	Једињење
<i>Al</i>			Al_2O_3 ; AlN
<i>Ni</i>			Ni_3Al
<i>Si</i>			$SiO_2M_xO_y$
<i>Mn</i>	$(Fe,Mn)_3C$		MnS ; $MnOSiO_2$
<i>Cr</i>	$(Fe,Cr)_3C$	Cr_7C_3 ; $Cr_{23}C_6$	
<i>Mo</i>		Mo_2C	
<i>W</i>		W_2C	
<i>V</i>		VC	
<i>Ti</i>		TiC	
<i>Nb</i>		NbC	

Намена примењиваних легирајућих елемената је приказана сликом 5.4 која представља њену поделу у виду шеме којом се воде скоро сви произвођачи приликом вршења избора адекватног елемента хемијске структуре прерађене сировине.



Слика 5.4. Подела према намени легирајућих елемената [16]

За израду плоча примењују се заварљиви челици изражајне јачине који су обрађени тако да им је отпорност на корозију велика и то поступцима попут поцинковања и галванизовања. У зависности од услова рада врши се избор челика или неког другог материјала (по потреби и неопходности) који је најпогоднији за примену у поступку израде и обликовања плоче и/или осталих елемената склопа и подсклопа машина/уређаја. За рад машине у условима где владају ниске температуре погоднији избори за такве услове су челици који у свом саставу имају *Ni* или *Mn*. Они су нисколегирани и могу у зависности од величине процентуалног удела имати одличну отпорност на велике минусе када је температурни опсег у питању [16].

Тако је нпр. при садржају *Ni* од 8 до 10%, челик предвиђен за несметану употребу, за рад на температурама и до 200°C. У мањем или већем процентуалном саставу, та температура се пропорционално смањује или повећава [16].

Челици описани као класични, обичног квалитета карактерише садржај угљеника мањи од 0,5%, фосфора мањим од 0,07% и сумпора садржаја не већим од 0,06%, док су челици описани као челици високог квалитета направљени тако да садржај сумпора и фосфора не прелази више од 0,025% њиховог састава [30]. На овај начин може се опазити да је челик који садржи што мањи процентуални удео фосфора и сумпора унутар самог челика заправо предуслов за добијање квалитетнијег, префињенијег челика којег одликују добре особине. У табели 5.6 дат је пример где се и за које послове најчешће употребљавају нелегирани и легирани челици.

Табела 5.6. Класични примери употребе нелегираних и легираних челика [16]

НЕЛЕГИРАНИ (УГЉЕНИЧНИ) ЧЕЛИЦИ	ЛЕГИРАНИ ЧЕЛИЦИ
<i>општа подела</i>	<i>општа намена</i>
○ обичног (класичног) квалитета; ○ квалитетнији челици	➤ за побољшање; ➤ за површинско каљење; ➤ за цементацију; ➤ за нитрирање
<u>посебне намене</u>	
○ за грађевинарство; ○ за железнице; ○ за бродоградње; ○ за цеви, жице, завртњеве, закивке; ○ за корлове, судове под притиском; ○ за заварене ланце; ○ за каросеријске лимове; ○ за електротехнику	○ за опруге; ○ за котрљајне лежајеве; ○ за рад на ниским температурама; ○ за вентиле

Конструкциони челици који имају највећу примену приликом израде елеманата, а првенствено конструкција машина/уређаја или неких грађевина чији је опсег температуре којој су изложени у интервалу између $-25 \div 300^{\circ}$ што не утиће негативно на функционалност производа чији је садржај угљеника мањи од 0,6% без обзира којој групи конструкционих челика припада сировина која је коришћена за производњу [16]. Погодан су избор и због своје цене коштања и због могућности вишеначинске обраде.

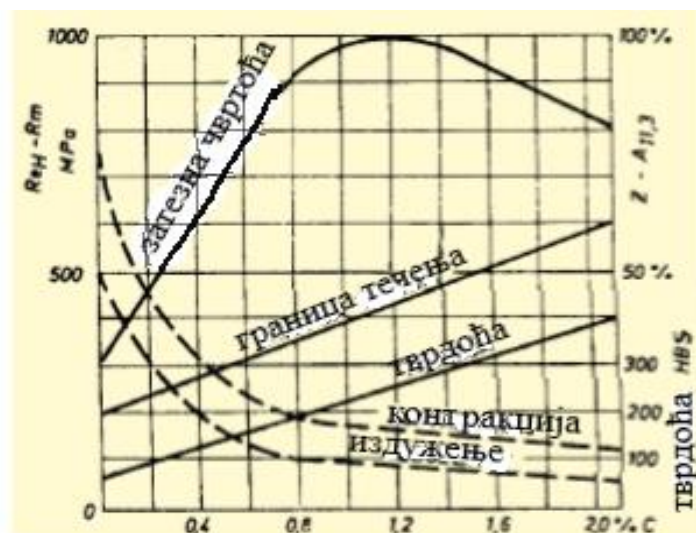
Представници нерђајућих челика припадају групама хромних, комбинованих хром-мангана или хром-никла са становишта хемијске структуре док је, кад се на основу металуршке структуре ова подела добија другачији облик, тј. разликују се поред феритних, термо-постојаних и аустенитних и таложно ојачани као и мартензитни челици [29].

На слици 5.5 дат је шематски приказ употребе нерђајућих челика на основу поменутих металуршких структура по којима се међусобно разликују.



Слика 5.5. Шема употребе нерђајућих челика према подели металуршке структуре [29]

На слици 5.6 дат је приказ интензитет дејства постепеног процентуалног повећавања садржаја угљеника код нелегираних челика који проузрокује постепене промене тврдоће.



Слика 5.6. Дијаграм утицаја угљеника на механичка својства челика [30]

Колико је тврд материјал може се захључити и експерименталним путем намерног оптерећивања како би се утврдило у ком тренутку ће доћи до настанка хабања челика као и о којој врсти хабање је заправо реч, а у пракси могу се наћи следећи облици хабања [16]:

- абразионо;
- вибрационо;
- кавитационо;
- адхезионо,
- ерозионо,
- заморно.

Осим челика, у све већој примени су и материјали попут керамике, композита, а за поједине елементе у употреби су и полимери.

Керамика припада групи синтерованих (неорганских) материјала који имају максималну отпорност на корозију, одличну толерантност на високе температуре и хабање, отпорност на пузање, али због мана као што је кртост, умањена пластичност тј. способност деформисања, као и мала затезна чврстоћа довели су до немогућности примене керамике у производњи било ког производа [17]. У табели 5.7 дата је основна подела керамике.

Табела 5.7. Основне поделе керамике [17]

Оксидна: Al_2O_3 , ZrO_2 ,...	Неоксидна: SiC , WC , TiC ,...
Индустријска (техничка)	Традиционална
Al_2O_3 ZrO_2 Si_3N_4	Глина- SiO_2 -фелдспат (група силиката и кристала минерала)

Уколико би се керамика, у будућности, усавршила тако да се отклоне сви недостаци који је описују, онда би она била најупотребљивији материјал због своје изузетне притисне чврстоће и тврдоће што је чини квалитетнијим материјалом од већине метала. Данас се керамика због своје ограничености када је употреба у питању, користи у производњи облога машинских елемената који захтевају висок квалитет као и све остале, већ наведене предности које се постижу њеном применом [33].

У табели 5.8 дата је њена незаобилазна употреба код појединих елемената као и процес који елементи морају да прођу уколико се производе од керамике.

Табела 5.8. Употреба и процес израде елемената од керамике [16]

Употреба:	Фазе обраде конструкционог елемента:
○ при изради површина попут клипова мотора СУС које су осетљивије због смеше са којом образују контакт; ○ елементе гасних турбина; ○ издувних грана мотора, и сл.	+ почетна фаза тј. фаза припреме сировине (материјал у облику праха); + фаза обраде материјала путем: ➤ ливења; ➤ обликовања: → хладно → суво + фаза синтеровања прашкастог материјала поступком: • изостатичко; • конвенционално; • истискивањем. + финална фаза: → фаза полирања, брушења, и сл.

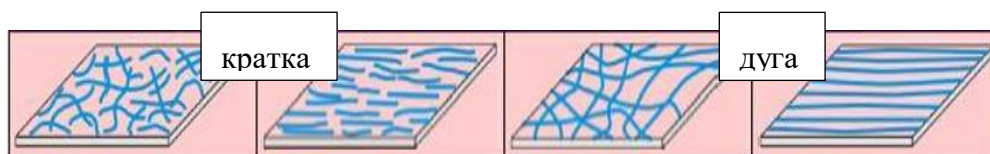
Кочница је елемент чија површина захтева финију обраду и ојачану површину што се може постићи применом керамичких облога или чешће композитних облога које имају металну или керамичку матрицу чиме се постижу одлични резултати у условима експлоатације [33].

Композитни материјали настају комбинацијом (два или више) материјала формирајући тако нову сировину чији је састав вишеструко побољшањији што има велики утицај на карактеристике производа који се припрема за даљу употребу [17]. Композити се међусобно разликују по врсти матрице, влакна, облику додатака, и др.

Осим металне и керамичке, у употреби су и [34]:

- ❖ полимерне;
- ❖ полиматричне;
- ❖ угљеничне.

Подела по врсти влакана чији је распоред случајан или усмерен дата је на слици 5.7.



Слика 5.7. Врсте влакна композитних материјала [17]

Уколико се изврши комбиновање више врста влакана, онда се добијају композити са још бољим карактеристикама (веће чврстоће, боље жилавости, мање густине, и сл.) познатији као хибридни композити [34]. Слика 5.8 претставља приказ расподеле, облика, орјентације тј. положаја, димензије, удела тј. густине влакана композитних материјала, као и специфичне особине поменутих врста композита..



Слика 5.8. Структура влакна и специфичности композитних материјала [34]

Применом композитних материјала постиже се низ предности попут [17,35]:

- побољшане карактеристике материјала применом ојачивача, графита, и других додавача и адитива који утичу на хемијска и механичка својства материјала чија се структура мења;
- могуће ниже цене производа у зависности од примењених поступака добијања композита, врсте коришћеног додавача, укупне потрошње материјала приликом израде производа, и сл.;
- мање масе;
- могуће једноставније израде због непотребних додатних термичких и/или механичких обрада;

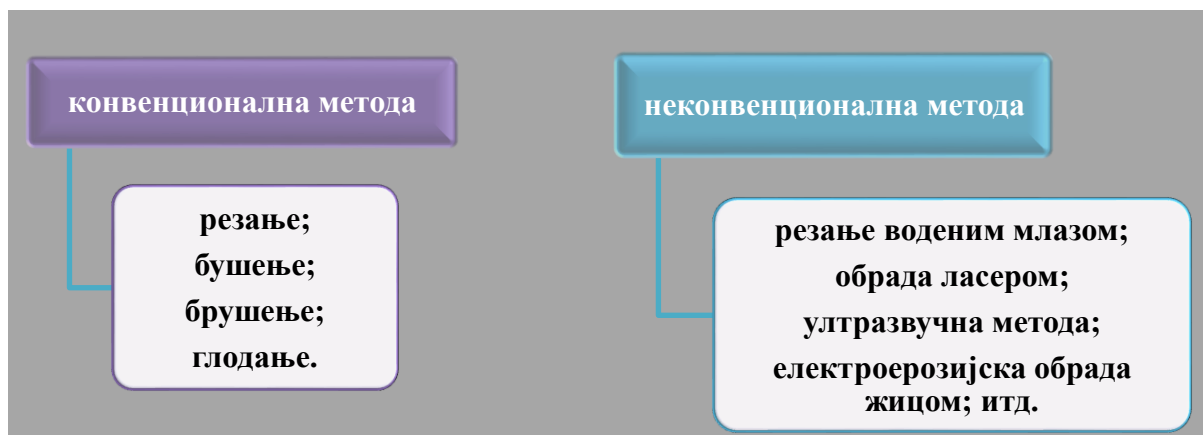
- густине која има нижу вредност због чега је материјал крутији и чвршћи;
- могуће биоразградње што се емитује добрим односом који гради са животном средином;
- добре реакције на абразивност;
- повољни су при употреби израде изолаторних производа;
- одличан су избор примене код израде елемената попут:
 - вратила;
 - зупчаника;
 - ланчаника;
 - опруга;
 - завртњева;
 - каишника;
 - лежајева; и др. елемената којима су особине које остварују применом композита сасвим довољне и/или потребне;
- отпорности на корозију;
- квалитетније вибрационе, звучне изолације, и др.

Али, на жалост, код неких композита наведене предности нису у потпуности задовољене, нпр. није сваки композитни материјал биоразградиве природе. Према томе разликују се [17]:

- безопасни материјали (биоразградиви) → код којих се примењује тзв. примарна рециклажа;
- материјали опасни по живи свет → уколико дође до њиховог међусобног контакта;
- рециклабилни материјали → који се могу поново применити за добијање новог материјала и производа;
- нерестилабилни материјали → који се, уколико не спадају у еколошки ризичне материјале могу употребити као енергент за производњу потребне енергије.

Према новијим истраживањима, просечно је око 2% рециклабилног материјала, а остатак је сврстан у отпад који се искористи као енергент или у отпад који се уништава или одлаже тј. складишти [17].

Када је реч о начину обраде композитних материјала, разликујемо два типа која су шематски истакнута сликом 5.9.



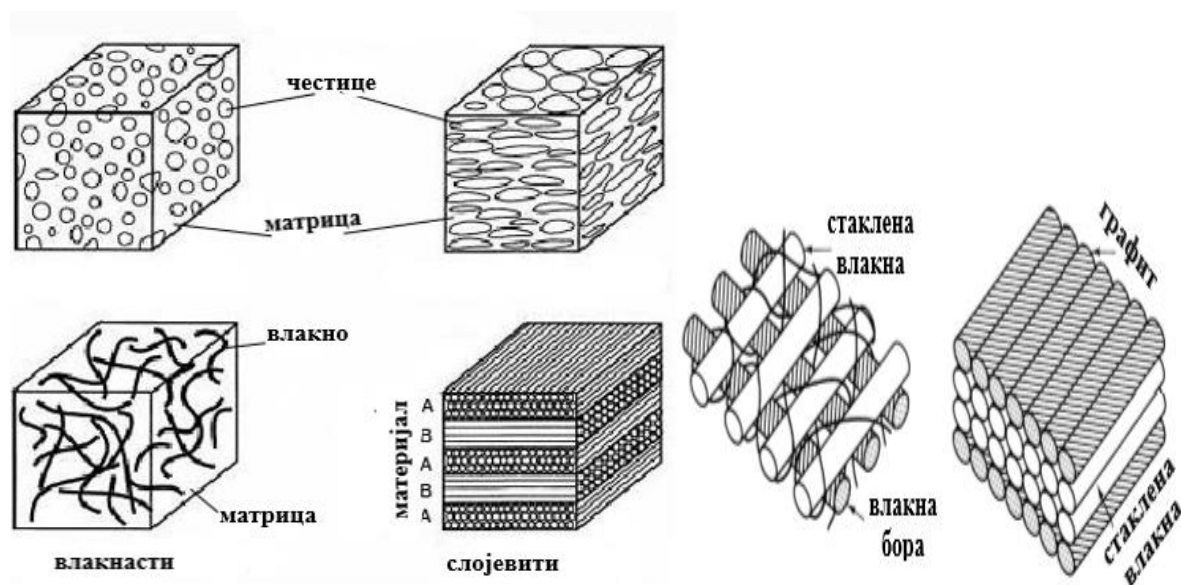
Слика 5.9. Методе технологије обраде композита [17]

Која метода ће се применити зависи искључиво од композитног материјала на коме се примењује. Композитни материјали имају заједничке чиниоце којима се може описати, окарактерисати материјал и они су претстављени табелом 5.9.

Табела 5.9. Подела композита по структури и фактору којим се описује [34]

структура	станични композити
	слојевити композити (ламинати)
	сендвич конструкције
начин окарактерисања (описа)	фактор еластичности и чврстоће <u>vlakana</u>
	фактор хемијске стабилности и чврстоће <u>матрице</u>
	фактор степена остварене <u>чврсте везе</u> оформене између <u>vlakana</u> и <u>матрице</u>

На слици 5.10 дат је приказ микроструктурног састава композита који има једну врсту ојачивача као и структуру композита који припада хибридим.



Слика 5.10. Микроструктурни састав композита са а) једном врстом додатка; б) са више врста додатка – хибридни композит [34]

Табелом 5.10 дат је пример својстава које имају влакна и матрице уз истакнуте примере тј. њихове типове који се разликују по густини, еластичности, чврстоћи.

Табела 5.10. Својства (механичко-физичка) код влакана и матрица [17]

ВЛАКНА	густина ($\frac{kg}{m^3}$)	затезна чврстоћа (Мра)	модул еластичности (GPa)
арамидна	1400	2800	135
борна	2600	2800	385-430
угљенична	1700-2000	2800-4500	260-385
стаклена	2400-2500	2100-4600	72-86
МАТРИЦЕ (СМОЛА)			
епоксидна	1150	82,74	4300
полиестерска	1100-1300	43,31-68,95	3300
фенолна	1300	41,31-62,05	3100

Иако се тежило ка што већем усавршавању композита, и даље постоје појаве хаварије која је праћена оштећењем додатака и/или производа композита као што су [16]:

- слабљење везе остварене међусобно између додатака влакана;
- оштећење (делимично или потпуно) испољено у облику лома насталог у структури самог композита као:
 - лом влакана који су имали функцију да га побољшају;
 - лом матрице услед преоптерећења које је изазвано случајно или је дошло до грешке при избору услед лоше процене или израде потребне основе.
- појаве деламинације који проузрокује скаћење животног века производа услед оваквог облика оштећења његове структуре;
- појава извлачења тј. прекид односа, релацијске везе матрица↔влакна;
- оштећење производа тј. његове конструкције услед интензивних удара задобијених од стране неких других предмета (тела);
- оштећење конструкције која има пробијиву/непорбијиву микроструктуру;
- разни други видови оштећења који могу настати грешком утицаја рада тј. деловања људи и околине на компоненте композитног материјала.

На слици 5.11 дат је приказ груписања оштећења која се јављају код пробојиве и непробојиве микроструктуре композита.



Слика 5.11. Пример груписања (не)пробојне структуре [17]

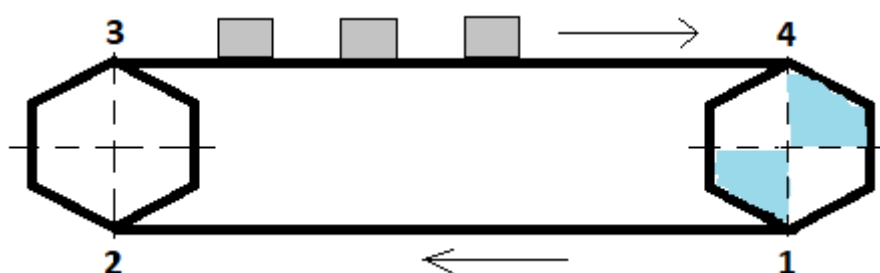
У циљу добијања што квалитетнијих елемената, склопова, подсклопова које машине попут плочастих транспортера треба да имају, потребно је велику пажњу усмерити ка бројним контролама пре саме производње, као и проверама у току и на крају циклуса настанка производа. Уколико се сматра да је изабрани материјал неадекватан за производњу конкретног производа, онда га по препоруци треба избећи и заменити са материјалом који може да задовољи све постављене захтеве. Али, уколико се деси да је већ изабрани материјал који је у примени подложен оштећењима, онда се приступа његовој доради, поправци ако је то уопште изводљиво. Због свега тога, материјали од којих се праве сви саставни делови машина/уређају међу којима су сврстани и плочастим транспортери, морају се пажљиво, тачно, законски изабрати, изградити, испитати ради стварања исплативог производа [28].

6. Прорачун плочастог транспортера

Критеријуми који се постављају при изради транспортера се доносе на основу бројних фактора међу којима су [1]:

- ❖ врста, количина, величина, облик терета;
- ❖ правац преноса терета (хоризонтално, вертикално, косо).

На основу приказаног примера на основу ког се врши прорачун приказан сликом 6.1 може се опазити да се транспортовани терет креће искључиво у хоризонталном правцу и да се приликом спровођења таквог облика кретања долази до трошења одређене количине енергије ради савлађивања отпора тј. сила отпора које се образују у току рада целокупног механизма транспортера [19].



Слика 6.1. Шема плочастог транспортера

Почетни подаци су:

- ❖ Као предмет транспорта у питању су кутије у којима се налазе ауто-делови;
- ❖ Димензија сваке кутије појединачно износи $(600 \times 350 \times 200) \text{ mm}$;
- ❖ Тежина пуне кутије која се транспортује је 70 kg , а густина $1,1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$;
- ❖ Транспортер је капацитета од $60 \frac{\text{t}}{\text{h}}$, а дужина пређеног пута терета је 30 m .

Напомена:

Све табеле и обрасци који су кориштени у овом прорачуну су узети из књиге др. Миломира Гашића, дипл. маш. инж., која носи назив "Транспортне машине".

На основу табеле која је у књизи нумерисана као Т.3.1 (стр. 149) која је издвојена под нумерацијом → Табела 6.1., усвојен је тип плоче транспортера, у овом случају, равне и размакнуте.

Табела 6.1. Облик плоча [1]

Тип плоче транспортера	Област примене
Равне и размакнуте	За транспорт комадних терета
Равне састављене	За транспорт комадних и ситно-комадних насипних материјала
Олучасте без бочних ивица	
Олучасте са бочним ивицама	За транспорт ситно-комадних и ситно-зрнастих материјала
Кутијасте	За транспорт насипних материјала

Пошто је изабран тип плоча на основу којих ће се направити модел, потребно је утврдити њихову ширину. Она се, у овом случају може израчунати уз помоћ обрасца који је у књизи нумерисан као (3.4) стр. 151, а у овом примеру као (6.1).

$$B \geq b_1 + B_1 \quad (6.1)$$

где су дате ознаке заправо [1]:

$B \rightarrow$ ширина плоче;

$b_1 \rightarrow$ максимална димензија комада која се добија мерењем у правцу његовог кретања на који делује нормално;

$B_1 \rightarrow$ додатак за плоче са/без бочних ивица. У овом случају изабран је додатак без бочних ивица који износи $B_1 = (50 \div 100) mm$.

Максимална димензија комада се може добити на следећи начин који заправо представља дијагоналу кутије уколико би се она дијагонално поставила на плочу што би уједно био и тзв. најнеповољнији случај могућег оптерећења саме плоче.

$$b_1 = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{600^2 + 350^2} = 694,622 \approx 695 \text{ mm} \quad (6.2)$$

На основу изабраних и усвојених сабирака обрасца (6.1) следи да је :

$$B \geq b_1 + B_1 = 695 + (50 \div 100) = (745 \div 795) \text{ mm}$$

Пошто је израчунат интервал који представља минималну вредност димензија плоче, може се из књиге на стр. 151, из (Т.3.3), изабрати адекватна ширина плоче, што у овом случају износи 800 mm. Подаци ове табеле су дати у табели 6.2.

Табела 6.2. Ширина плоча [1]

Ширина плоче	В (mm)							
	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600
Висина бочне ивице h_b (mm)	100÷ 160	100÷ 200	100÷ 250	100÷ 320	100÷ 320	100÷ 320	100÷ 320	100÷ 320

Захваљујући добијеној ширини може се из табеле 6.3 која је у књизи под ознаком Т.3.7, а на стр. 155, усвојити корак ланца ($t_L = 400 \text{ mm}$).

Табела 6.3. Препоручене вредности корака ламелног ланца [1]

Ширина плоче	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600
Корак ламелног ланца t_L (mm)	250	320	400	400	500	500	630	630

Такође, након усвојене ширине плоче може се приступити усвајању њене брзине кретања, из књиге на стр. 152 (Т.3.5), која је у овом примеру истакнута табелом 6.4.

Табела 6.4. Препоручене брзине кретања транспортера [1]

Ширина плоче В (mm)	400; 500	650; 800	1000; 1200	1400; 1600
Брзина кретања плоче v ($\frac{m}{s}$)	0,125 ÷ 0,4	0,125 ÷ 0,5	0,2 ÷ 0,63	0,25 ÷ 0,63

Сходно претходној табели, из приложеног интервала за брзину кретања плоче усваја се $v = 0,2 \frac{m}{s}$.

Оно што је потребно утврдити јесте погонска маса материјала и покретних делова плочастог транспортера.

Из обрасца (6.3) који је у књизи означен као (1.10), на стр. 19, може се добити погонска маса материјала.

$$Q = 3,6 \cdot q_m \cdot v \quad (6.3)$$

$$q_m = \frac{Q}{3,6 \cdot v} = \frac{60}{3,6 \cdot 0,2} = 83,33 \frac{kg}{m}$$

Образац (из књиге на стр. 160, (3.12)) који се користи за добијање погонске масе покретних делова је [1]:

$$q_{tr} \approx 60B + K \quad (6.4)$$

где су [1]:

q_{tr} → погонске масе покретних делова;

K → коефицијент.

Из табеле 6.5. која је у књизи означена као Т.3.12, стр.161, изабрана је вредност коефицијента на основу густине материјала која је дата у почетним подацима као и ширине плоче која је узета без бочних ивица.

Табела 6.5. Вредност коефицијента K [1]

Карактеристике материјала $\rho \left(\frac{t}{m^3} \right)$	Ширина плоче без ивица			Ширина плоче са ивицама		
	0,4; 0,5	0,65; 0,8	$\geq 1,0$	0,4; 0,5	0,65; 0,8	$\geq 1,0$
$\rho < 1$	35	45	60	40	50	70
$\rho = 1 \div 2$	50	60	90	60	70	110
$\rho > 2$	70	100	130	80	110	130

Па се на основу усвојених вредности добија:

$$q_{tr} \approx 60B + K = 60 \cdot 0,8 + 60 = 108 \frac{kg}{m}$$

Оно што је потребно израчунати јесте приближна вредност вучне силе (образац из књиге (3.10), стр. 159).

$$F'_O = 1,05[F_{min} + g(\omega q_m L_h^{RO} + 2\omega q_{tr} L_h \pm q_m H) + W_O + W_{PL}] \quad (6.5)$$

Ознаке које су приказане у обрасцу (6.5) представљају [1]:

F'_O → приближна вредност вучне силе;

F_{min} → минимална вредност затезне силе;

ω → коефицијент отпора кретању ламелног ланца;

L_h^{RO} → дужина хоризонтално оптерећене пројекције;

L_h → дужина хоризонтално неоптерећене пројекције;

H → висина дизања материјала;

W_O → отпор који се јавља при настанку трења између материјала и ивица олука;

W_{PL} → отпор који се јавља уколико се материјал скида плугом.

У обрасцу (6.5) може се опазити могућност избора између математичких операција сабирања или одузимања вредности, означено са знаком " $\pm$ ". Која операција ће се изабрати зависи од ситуације да ли долази до оптерећивања или растерећивања транспортера коадним теретом. Па се, према томе, операција сабирања примењује у случају када се на радној површини плоче (тј. деоници) поставља терет, док се операција одузимања примењује у случају када терет силази са те исте деонице [1].

Пошто немамо висину дизања терета као ни поменуте отпоре који фигуришу у обрасцу (6.5), образац се додатно поједностављује и настаје у облику:

$$F'_0 = 1,05[F_{min} + g(\omega q_m L_h^{RO} + 2\omega q_{tr} L_h)]$$

и пошто је и $L_h^{RO} = L_h$, следи да је:

$$F'_0 = 1,05[F_{min} + g\omega L_h(q_m + 2q_{tr})] \quad (6.6)$$

У књизи, на стр. 158, образац (3.8.а) ће се узети за прорачун минималне силе затезања који гласи:

$$F_{min} = (1000 \div 3000) N \quad \text{па се из овог интервала усваја средња вредност од } 2000 N.$$

На стр. 160, (Т.3.11) приказане у књизи, може се усвојити коефицијент отпора насталог при кретању ламелног ланца, која је у овом прорачуну приказана у табели 6.6.

Табела 6.6. Понуђене вредности коефицијента отпора $\rightarrow \omega$ за изабрани тип ланца [1]

Тип ланца	Пречник чочкића (mm)	Услови рада		
		лаки	средњи	тешки
са чауром	/	0,2 ÷ 0,25	0,3 ÷ 0,35	0,4 ÷ 0,45
са ваљчићима	/	0,2 ÷ 0,25	0,3 ÷ 0,35	0,4 ÷ 0,45
са глатким чочкићима	До 20 преко 20	0,07 0,06	0,09 0,08	0,11 0,10
са тичкићима са венцима	До 20 преко 20	0,08 0,07	0,10 0,09	0,13 0,12

На основу табеле 6.6. усваја се ланац са чауром који, према почетним информацијама, ради у средњим условима рада.

$$\omega = 0,32$$

Пошто су сада сви неопходни подаци познати, укључујући и силу земљине теже $g = 9,81$ може се приступити решавању и добијању конкретне вредности обрасца (6.6).

$$F'_0 = 1,05[2000 + 9,81 \cdot 0,32 \cdot 30(83,33 + 2 \cdot 108)] = 31699,1872 N \quad (6.7)$$

Као што је приказано на слици 6.1, потребно је за сваку тачку одредити силе и отпоре који делују у току рада транспортера.

Па је почетна сила тј. сила и тачки 1 најмања и због тога следи да је:

$$F_1 = F_{min} = 2000 \text{ N} \quad (6.8)$$

Сила у тачки 2 шеме приказане на слици 6.1. се добија преко обрасца:

$$F_2 = F_1 + W_{1 \div 2} \quad (6.9)$$

$$W_{1 \div 2} = \omega \cdot g \cdot q_{tr} \cdot L_h = 0,32 \cdot 9,81 \cdot 108 \cdot 30 = 10171,008 \text{ N} \quad (6.10)$$

$$F_2 = F_1 + W_{1 \div 2} = 2000 + 10171,008 = 12171,008 \text{ N} \quad (6.11)$$

Сила у тачки 3 (истакнута на шеми плочастог транспортера слике 6.1.) се добија:

$$F_3 = F_2 + W_{2 \div 3} \quad (6.12)$$

Пошто се дошло до превоја, отпор који се јавља се рачуна као (у књизи, на стр. 78, (2.57) дат је образац за добијање отпора превијања):

$$W_p = F_n(k_p - 1) \quad (6.13)$$

при чему је [1]:

$k_p \rightarrow$ коефицијент отпора превоја који се усваја на основу угла вучног елемента што је у књизи, на стр.78 приказано као (Т.2.30), а у прорачуну као табела 6.7.

Табела 6.7. Коефицијент отпора на превојним местима [1]

Обухватни угао	k_p
$\alpha = 90^\circ$ $\alpha = 180^\circ$	$1,03 \div 1,05$ $1,05 \div 1,07$

Па на основу усвојене вредности коефицијента отпора превоја која износи $k_p = 1,07$ може се приступити даљем решавању образаца 6.13 и 6.12.

$$W_{2 \div 3} = F_2(k_p - 1) = F_2(1,07 - 1) = (0,07 \cdot F_2) \text{ N}$$

$$F_3 = F_2 + W_{2 \div 3} = F_2 + 0,07F_2 = 1,07F_2 = 1,07 \cdot 12171,008 = 13022,9786 \text{ N} \quad (6.14)$$

Сила F_4 представља силу која се на шеми слике 6.1. јавља у тачки 4.

$$F_4 = F_3 + W_{3 \div 4} \quad (6.15)$$

У овом случају, имамо ситуацију пражњења тј. истовара материјала (терета) па се приликом рачунања отпора мора узети у обзир и маса материјала који оптерећује плочу од места тачке 3 до места тачке 4, гледајући приказану шему слике 6.1.

$$W_{3\div 4} = \omega g(q_m + q_{tr})L_h = 0,32 \cdot 9,81 \cdot (83,33 + 108) \cdot 30 = 18018,6941 \text{ N} \quad (6.16)$$

$$F_4 = F_3 + W_{3\div 4} = 13022,9786 + 18018,6941 = 31041,6727 \text{ N} \quad (6.17)$$

Максимална сила се добија тако што се на израчунату вредност силе у тачки 4 узме у обзир и вредност отпора превоја ланца која се јавља приликом његовог савијања.

$$F_{max} = F_4 + F_4(k_p - 1) = k_p F_4 = 1,07 \cdot 31041,6727 = 33214,5898 \text{ N} \quad (6.18)$$

Пошто су познате вредности максималне и минималне силе онда се може израчунати вредност вучне силе.

$$F_O = F_{max} - F_{min} = 33214,5898 - 2000 = 31214,5898 \text{ N} \quad (6.19)$$

Процентуално одступање код силе добијене уз помоћ обрасца 6.19 је:

$$\Delta F = \frac{F_O - F'_O}{F_O} \cdot 100 = \frac{31214,5898 - 31699,1872}{31214,5898} \cdot 100 = 1,55\% \quad (6.20)$$

Потребна снага на вратилу ланчаника који погони машину је (у књизи дата на стр. 162, ознаке (3.16)) [1]:

$$P_O = \frac{F_O \cdot v}{10^3 \cdot \eta_v} = \frac{31214,5898 \cdot 0,2}{0,95} = 6,5715 \text{ kW} \quad (6.21)$$

Коефицијент корисног дејства вратила погонског ланчаника је на основу интервала који је дат у књизи, на стр. 162, као $\eta_v = (0,94 \div 0,96)$ усвојен и има вредност 0,95.

Потребна снага ЕМ је (дата у књизи као образац (3.17), стр. 162):

$$P_{EM} = \frac{P_O}{\eta_{meh}} = \frac{6,5715}{0,80} = 8,2144 \text{ kW} \quad (6.22)$$

где је [1]:

$\eta_{meh} \rightarrow$ Коефицијент корисног дејства погонског механизма који се у књизи, на стр.162 креће у интервалима од 0,75 до 0,85.

Оно што је потребно дефинисати јесте сила на основу које ће се извршити избор ланца.

У књизи, на стр.155 дат је образац добијања силе када су у употреби два ланца, и он гласи:

$$F_L = 0,6F_r \quad (6.23)$$

F_r представља рачунску силу затезања која је у књизи, на стр.161, ознака (3.15), дата преко обрасца:

$$F_r = F_{max} + F_{din} \quad (6.24)$$

Пошто нам је F_{din} која означава динамичку силу којом се оптерећује ланац непозната, потребно ју је израчунати применом обрасца (који је у књизи, на стр.161, (3.14)):

$$F_{din} \approx \frac{60 \cdot v^2}{z^2 \cdot t_L} \cdot (q_m + k_1 \cdot q_{tr}) \cdot L \quad (6.25)$$

У обрасцу (6.25) фигуришу ознаке z и k_1 које представљају [1]:

$z \rightarrow$ број зуба ланчаника (у књизи, стр.157, (Т.3.9) може се усвојити вредност на основу брзине кретања ланца);

$k_1 \rightarrow$ коефицијент утицаја других параметара (у књизи, стр.161, (Т.3.13) може се изабрати на основу дужине транспортера која је дата у поставци као један од почетних података.)

И они су дати у табелама 6.8. и 6.9.

Табела 6.8. Утврђивање броја зуба ланчаника [1]

Број зуба	Брзина кретања ланца
$z \geq 6$	до 0,5
$z \geq 7$	0,5 ÷ 0,75
$z \geq 9$	0,75 ÷ 1,0
$z \geq 11$	> 1

Усвојени број зуба ланчаника, на основу табеле 6.8. је $z = 6$.

Табела 6.9. Утврђивање вредности коефицијента утицаја осталих параметара [1]

Дужина транспортера (m)	k_1
до 25 25 ÷ 60 преко 60	2,0 1,5 1,0

Усвојена вредност коефицијента узета из табеле 6.9. је $k_1 = 1,5$.

$$F_{din} \approx \frac{60 \cdot v^2}{z^2 \cdot t_L} \cdot (q_m + k_1 \cdot q_{tr}) \cdot L = \frac{60 \cdot 0,2^2}{6^2 \cdot 0,4} \cdot (83,33 + 1,5 \cdot 108) \cdot 30 = 1226,65 \text{ N} \quad (6.26)$$

$$F_r = F_{max} + F_{din} = 33214,5898 + 1226,65 = 34441,2398 \text{ N} \quad (6.27)$$

$$F_L = 0,6F_r = 0,6 \cdot 34441,2398 = 20664,7439 \text{ N} \quad (6.28)$$

Пошто су у књизи на стр.156 дати образац (3.6) који представља услов за правилан избор ланца и (Т.3.8) којом се може на основу силе кидања и корака ланца утврђује пречник чауре. Ова табела је приказана у овом примеру као табела 6.10, док је образац силе кидања дат под ознаком 6.29.

$$F_k \geq v \cdot F_L \quad (6.29)$$

где је [1]:

$v \rightarrow$ степен сигурности против долажења до могуће хаварије ланца.

$v = 6 \div 10$ (у књизи, на стр.156, изабран је овај интервал јер се те границе користе за ланце који имају хоризонтални или коси пренос терета).

Табела 6.10. Поједини и основни параметри ламелног ланца [1]

Пречник чауре (<i>mm</i>)	корак ланца				Сила кидања <i>F_k</i>
	са чауром	са ваљчићем	са точкићем		
			глатким	са венцем	
14	100	100	/	/	125
20	125, 160, 200, 250	125, 160, 200, 250	200, 250, 320	/	125
24	160, 200, 250, 320	160, 200, 250, 320	250, 320, 400	320, 400, 500, 630	300
30	320	250, 320, 400	320, 400	630, 800	500
36	320, 400	250, 320, 400	320, 400	500, 800, 1000	700
44	400	400, 500	320, 400, 500, 630	/	1000

За силу киданја усвојено је на основу корака ланца (са чауром) од 400 *mm* из табеле 6.10. сила $F_k = 700 \text{ kN}$.

$$F_k \geq v \cdot F_L = (6 \div 10) \cdot 20664,7439 = (123988,4634 \div 206647,4390) \text{ N}$$

$$F_k \geq (123,9885 \div 206,6474) \text{ kN} \quad (6.30)$$

На основу интервала датог у изразу 6.30, закључује се да вредност силе мора бити већа или једнака том интервалу, што је у овом случају и задовољено. Самим тим, избор ланца је правилно одређен.

На слици 6.2. дат је приказ изабране верзије узора за пројектовање плоча плочастог транспортера чије су димензије у складу са извршеним прорачуном.



Слика 6.2. Изглед плоча плочастог транспортера [36]

Сви неопходни саставни елементи ланца димензионисани су по препорукама из каталога компаније *RENOLD* [37].

На слици 6.3. дат је приказ изгледа ланца по угледу на израђени модел компаније *WEBSTER* као и дела носеће конструкције компаније *Tsubaki* [24,38].



Слика 6.3. Изглед плоча плочастог транспортера [24,38]

Сви остали саставни елементи увезени су из каталога које нуде софтвери попут *Inventor*, *Catia*, и њима сличних.

7. Закључак

Развој технике и технологије праћен је са развојем свести инжењера проузрокујући му наметнуту жељу да побољша и створи нове и иновативније производе. С таквом жељом настају и идеје чијом се реализацијом одмах баве оформљене групе инжењера, истраживача, технолога што захтева велике инвестиције и притом ствара велике ризике који постају занемарљиви тек у тренутку настанка профита након извршења циљева у унапред предвиђеном року.

Данас постоје разне машине, попут транспортера без којих би свет био у незгодном положају са аспекта вођења лагоднијег стила живота. Тако су и плочасти транспортери нашли своју примену за транспорт разних типова терета, попут коадних који својим габаритима, хемијским и механичким карактеристикама остављају утицај на избор, начин израде и обраде материјала од ког се праве елементи, подсклопови, склопови транспортера, носеће конструкције које машину и чине функционалном.

Посебна пажња је исказана при избору и/или изради делова као што су: ланчаници, ланци, плоче, усвојени погони и конструкцијски профили плочастих транспортера.

Препорука је да треба наставити са даљим унапређивањем транспортера у виду истраживања и потраге за: бољим, економичнијим материјалом чиме би се смањила носивост машине, што лакшом контролом чиме би се скратило време пре, у току и након експлоатације транспортера, као и израде што једноставнијих елемената како би се олакшала монтажа, демонтажа, начин руковања транспортером и др. Приликом контроле од стране корисника, потребно је према издатом упутству произвођача извршити и подмазивање на местима где је појава трења неизбежна уз примену адекватног мазива задовољавајуће вискозности чиме се добија безбеднији рад и дужи животни век контролисане машине.

Сходно теми, у раду су истакнути разлози због којих су плочасти транспортери сврстани у категорију неопходних радних машина пропраћеним информацијама које се односе на поделу, класификацију, услове рада којима су првобитно намењени, итд.

На основу спроведеног прорачуна неопходно је задовољити све ставке које дефинишу правилност израде, а касније и функционалност транспортера.

8. Литература

- [1] Гашић, М., Транспортне машине – изводи из теорије са примерима, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Краљево, 2017.
- [2] Тошић, С., Транспортни уређаји - Механизација транспорта, Машински факултет, Београд, 1999.
- [3] <https://www.transporteri.com/proizvodi/plocasti-transporteri>, приступљено 08.04.2020.
- [4] <https://adeptconveyor.com.au/slat-chain-conveyors/1:26/>, приступљено 08.04.2020.
- [5] Дедијер, С., Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.
- [6] https://meh.mas.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2020/03/P1_Uvodno-predavanje-podela-2017.pdf, приступљено 15.04.2020.
- [7] http://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/MP_2019_PRETOVARNA_MEHANIZACIJA.pdf, приступљено 03.05.2020.
- [8] <https://www.pigo-r.com/foto-galerija/content/02.%20Transporteri%20i%20elevatori/PR-026---Plocasti-transporter.jpg>, приступљено 02.05.2020.
- [9] <http://srla.tsyplast.com/conveyor/pvc-belt-conveyor-machine.html>, приступљено 05.05.2020.
- [10] <https://www.transporteri.com/images/strane/lancasti6.jpg>, приступљено 10.05.2020.
- [11] <https://previews.123rf.com/images/macrovector/macrovector1602/macrovector160200292/52695270-elevator-design-set-with-closed-doors-and-button-panel-isolated-vector-illustration.jpg>, приступљено 01.05.2020.
- [12] <https://i.pinimg.com/originals/f3/a2/73/f3a2734f5b2eb69c88aca26eb0fae5c9.jpg>, приступљено 09.06.2020.
- [13] <http://ba.pvc-belt.com/logistic-conveyor-belt/conveyor-belt-in-supermarket.html>, приступљено 09.06.2020.
- [14] Николић, В., Машински елементи – теорија, прорачун, примери, Машински факултет, Крагујевац, 2004.
- [15] Стојановић, Б., Благојевић, М., Механички преносници, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2015.
- [16] Јовановић, М., Лазић, В., Арсић, Д., Наука о материјалима, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2017.
- [17] Ђорђевић, З., Композитне конструкције, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2018.

- [18] Јевтић, В., Транспортне машине - за насипне и комадне терете са непрекидним начином рада, Ниш, 2001.
- [19] <https://3.imimg.com/data3/AX/PO/MY-13245431/unnamed-250x250.jpg>, приступљено 12.04.2020.
- [20] https://pajca.hr/wp-content/uploads/2014/01/bubanj_kocnice.jpg, приступљено 13.06.2020.
- [21] http://mehanizacija.ftn.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2016/03/Masinski-elementi-II-15_Kocnice.pdf, приступљено 02.04.2020.
- [22] http://mehanizacija.ftn.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2017/10/Masinski-elementi-15_Lancani-prenosni-parovi.pdf, приступљено 13.06.2020.
- [23] <https://www.lyshmac.com/sprocket/conveyor-roller-chain-sprocket.html>, приступљено 20.04.2020.
- [24] <https://tsubaki.eu/products/automotive/timing-chain-system/chains/>, приступљено 04.07.2020.
- [25] <https://pdfs.semanticscholar.org/5dce/449ebdc92a001516fd476df10f0f66267e40.pdf>, приступљено 02.04.2020.
- [26] <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.735.1691&rep=rep1&type=pdf>, приступљено 13.06.2020.
- [27] Јосифовић, Д., Испитивање машинских конструкција I, Машински факултет, Крагујевац, 2000.
- [28] Јовичић, С., Марјановић, Н., Основи конструисања, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2011.
- [29] Јовановић, М., Лазић, В., Адамовић, Д., Ратковић, Н., Машински материјали, Машински факултет, Крагујевац, 2003.
- [30] http://afrodita.rcub.bg.ac.rs/~rzoran/6-MM_ho.pdf, приступљено 05.06.2020.
- [31] https://www.mfkv.kg.ac.rs/index.php/s-nastavni-materijali/doc_download/930-predavanje-7b, приступљено 05.06.2020.
- [32] https://nastavnimaterijalvtsz.files.wordpress.com/2018/10/predavanje_3_-_ponasanje_metala.pdf, приступљено 06.06.2020.
- [33] Глишовић, Ј., Лукић, Ј., Стојановић, Н., Airborne wear particles from automotive break systems in urban and rural areas, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, 2018.
- [34] https://nastavnimaterijalvtsz.files.wordpress.com/2018/12/predavanje_-_kompozitni_materijali.pdf, приступљено 23.05.2020.

[35] <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0354-7965/2016/0354-79651601019A.pdf>,
приступљено 18.06.2020.

[36] https://www.motionindustries.com/motion3/fsdb/images/item/WEBSTER_81X_IMPORT.jpg,
приступљено 18.06.2020.

[37] <https://feyc.eu/download/catalogos/transmision/renold/Conveyor%20Chain.pdf>,
приступљено 03.06.2020.

[38] <https://5.imimg.com/data5/QC/MA/GS/ANDROID-12636739/product-jpeg-500x500.jpg>,
приступљено 15.06.2020.

9. Прилог

Као прилог дати су цртежи плочастог транспортера на основу извршеног прорачуна. У њих спадају:

- Технички цртеж ланца;
- Технички цртеж носеће конструкције;
- Технички цртеж склопа.

Елементи, попут лежајева, вратила и др. прорачунати су у оквиру софтвера *Inventor* који након извршеног аутоматског прорачуна нуди и велики избор стандардизованих елемената. Такође, сви остали елементи који чине склоп моделирани су у софтверу *Inventor*. Прорачуни у овом софтверу су извршени у складу са почетним и крајњим подацима датих у поглављу 6.

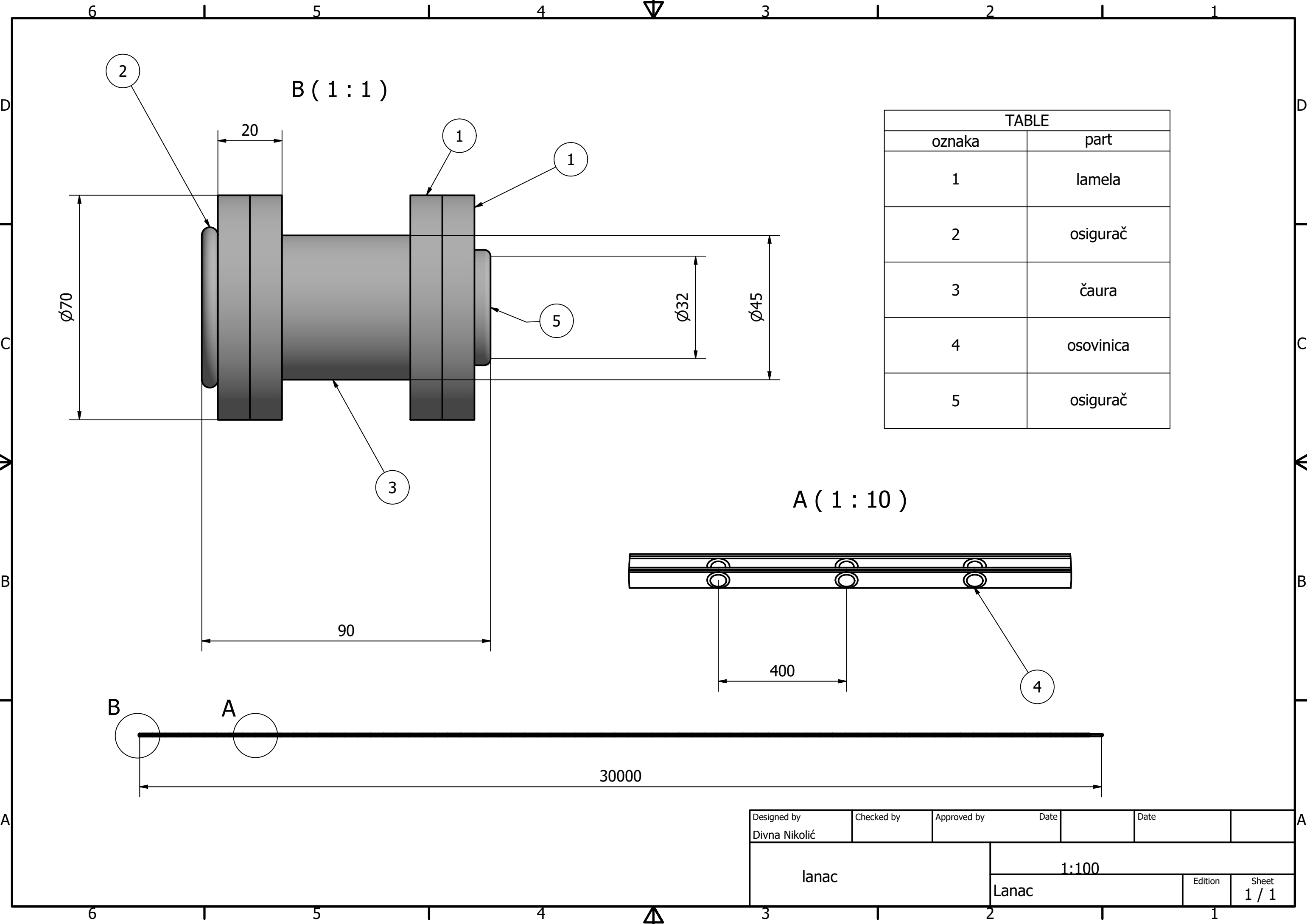
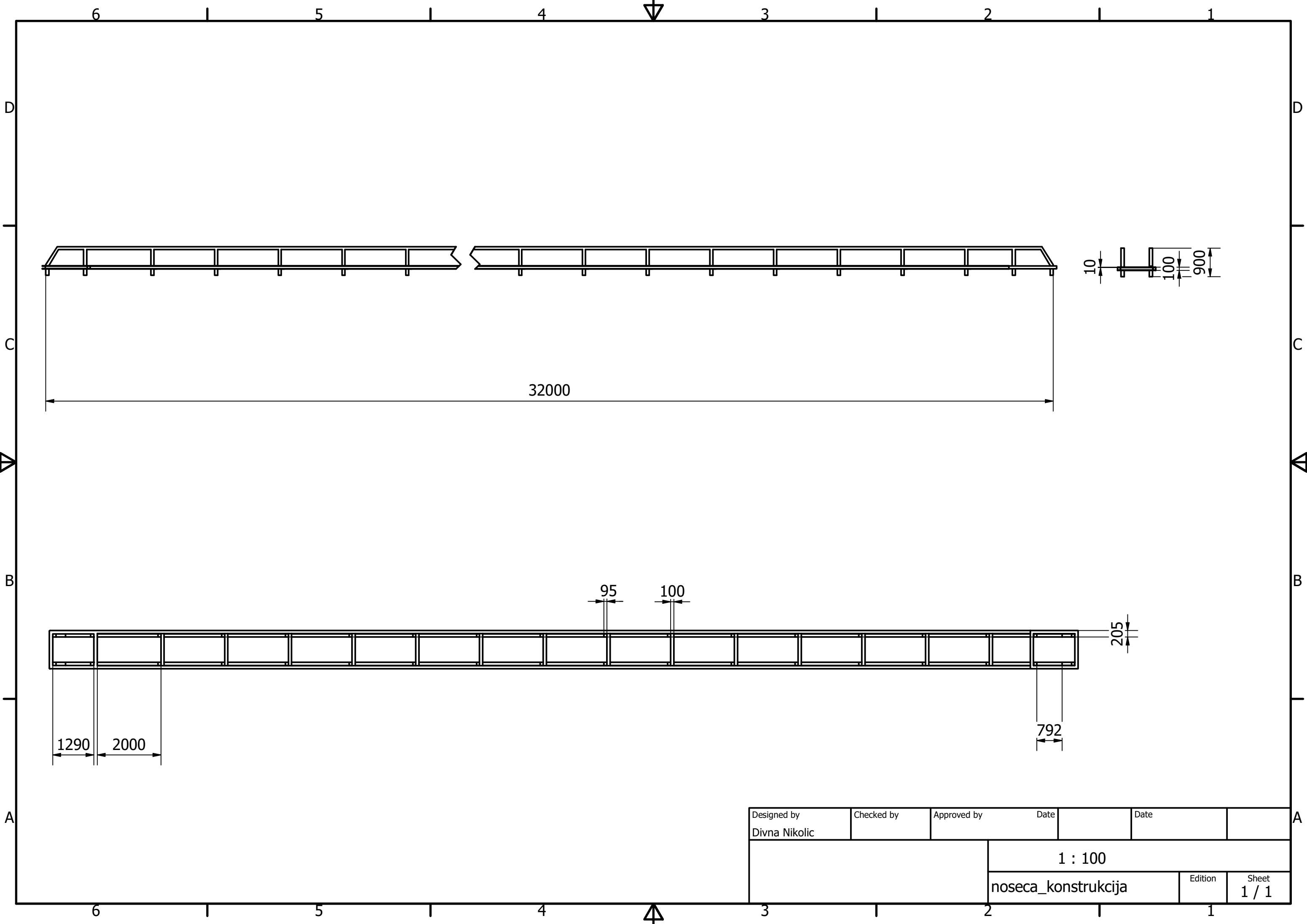
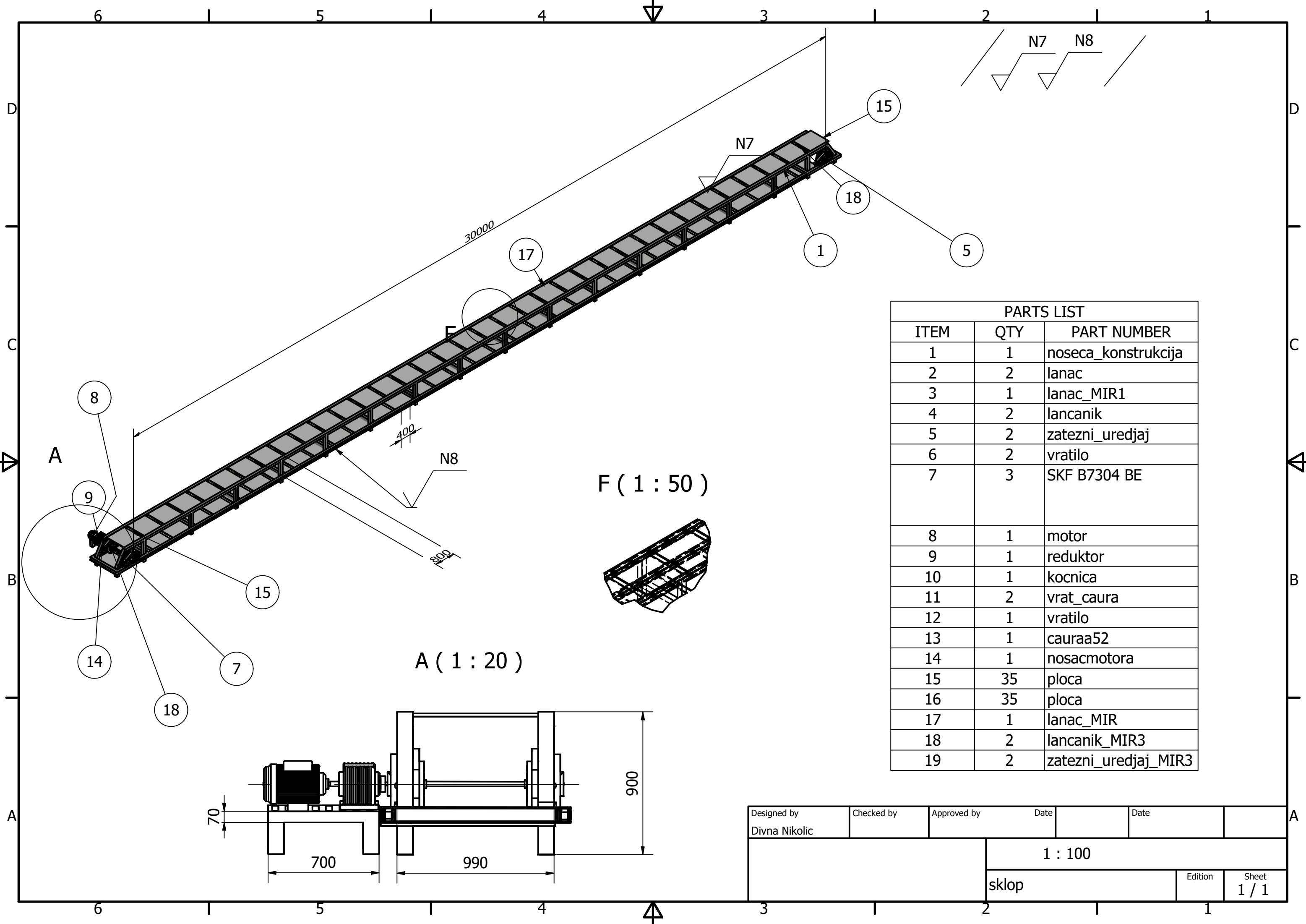


TABLE	
oznaka	part
1	lamela
2	osigurač
3	čaura
4	osovina
5	osigurač

Designed by Divna Nikolić	Checked by	Approved by	Date		Date	
lanac		1:100				
Lanac				Edition	Sheet 1 / 1	



Designed by Divna Nikolic	Checked by	Approved by	Date		Date	
			1 : 100			
			noseca_konstrukcija		Edition	Sheet 1 / 1



PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	noseca_konstrukcija
2	2	lanac
3	1	lanac_MIR1
4	2	lancanik
5	2	zatezni_uredjaj
6	2	vratilo
7	3	SKF B7304 BE
8	1	motor
9	1	reduktor
10	1	kocnica
11	2	vrat_caura
12	1	vratilo
13	1	cauraa52
14	1	nosacmotora
15	35	ploca
16	35	ploca
17	1	lanac_MIR
18	2	lancanik_MIR3
19	2	zatezni_uredjaj_MIR3

Designed by Divna Nikolic	Checked by	Approved by	Date	Date	
			1 : 100		
			sklop	Edition	Sheet 1 / 1