

**Факултет инжењерских наука
Универзитет у крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Савремени обрадни системи

Број индекса: 359/2010

Александар М. Симић

**Оправданост увођења специјалног прибора,
алата и машине у производњи витла у фабрици
*RAPP ЗАСТАВА***

- мастер рад -

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф. Др Бранко Тадић

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да

анализира постојећу технологију израде тракасте кочнице за витло у фабрици RAPP ЗАСТАВА. Највећи део рада треба да обухвата предложено решење алата и стезног прибора као и машине за закивање. Самим пројектовањем алата, прибора и машине треба обезбедити нижу цену коштања тракасте кочнице па тиме и витла као и уштеду у времену при производњи поменутог дела. Олакшати рад радника у машинском парку и унапредити појединачну производњу ове компаније. Известити техно-економску анализу уложених и добијених средстава пројектовањем поменутог алата, прибора и машине и предложити најоптималније решење самој компанији.

Препоручена литература:

- [1] William C. Orthwein, *CLUTCHES AND BRAKES*, Design and Selection, Second Edition, Southern Illinois University at Carbondale Carbondale, Illinois, U.S.A., 2004
- [2] Мирослав Огњеновић, *МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ*, Књига са решеним примерима, подацима и задацима за вежбу, Машински факултет у Београду, 2001
- [3] Вера Николић, *МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ1*, Теорија, Прорачун, и Примена, Машински факултет у Крагујевцу, 2004
- [4] Тадић, Б., *Специјални стезни прибори – збирка решених задатака*, Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет, Крагујевац, 2002.
- [5] Јовичић, М., Кршљак, Б., *Основе конструисања алата и прибора*, Научна књига, Београд, 1990.
- [6] Тадић, Бранко, *Обрадни процеси и специјалне машине и уређаји*, монографија, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2006.
- [7] Tan, E. Y. T., Senthil Kumar, A., Fuh, J. Y. H., Nee, A. Y. C. *Modeling analysis and verification of optimal fixturing design*, IEEE Transactions on Automation Science And Engineering, Vol. 1, No. 2, pp 121-132, 2004.
- [8] Ратко Митровић, *ПРОЈЕКТОВАЊЕ ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА*, Књига, Машински факултет у Београду, 1991

Крагујевац, децембар 2012

ментор:

Др. Бранко Тадић, ред. проф

Оправданост увођења специјаног прибора, алата и машине у призводњу витла у фабрици RAPP ЗАСТАВА

РЕЗИМЕ

У оквиру овог рада анализирана је постојећа технологија израде тракасте кочнице за витло. Највећи део рада обухвата предлог и пројектовање специјаног алата и стезног прибора. Након пројектовања специјаног алата и стезног прибора приступило се конструисању машине кроз низ корака и анализа ради добијања што оптималније и рентабилније машине за процес закивања полуцевастог закивка тракасте кочнице. Након конструисања извршена је техно-економска анализа где су узета у обзир сва уложена као и добијена средства увођењем специјаног алата, стезног прибора и машине.

Validity of implementing specialised fixtures, tools and machines in winch production at RAPP Zastava

ABSTRACT

This thesis analyzes the existing technology for making band brakes for winches. The majority of the thesis covers the suggested design of specialised tools for this purpose. The machine which would utilise these tools has also been designed optimally through steps and analyses of the half-tube rivet for band brakes riveting process. A technological and economical analysis of the design is also included, in which the gains and losses of implementing such a machine in the production of winches were taken into consideration.

Предговор

Резултат овог мастер рада је оригинално решење које се огледа у конструкцији машине и специјалног алата и прибора од којег се реално очекује унапређење процеса производње и побољшање услова рада. До овог решења се дошло пре свега захвањујући специјалном програму, који је резултат сарадње факултета са фабриком RAPP MARINE GROUP, а чији сам био учесник.

Мотивација је дошла у време обављања праксе у фабрици RAPP ЗАСТАВА и сагледавања процеса производње и услова рада. Писање овог мастер рада трајало је више месеци а припрема и прикупљање материјала и информација много дуже.

У току рада остварио сам непосредну сарадњу са радницима фабрике RAPP ЗАСТАВА и од њих добио несебичну помоћ и подршку. Такође сам остварио пуно контаката са осбљем факултета и компаније RAPP MARINE GROUP, који су ми пружили пуну помоћ и подршку у раду па им се овом приликом захваљујем.

Захваљујем се у првом реду ментору, проф. Др. Бранку Тадићу на размевању и несебичној помоћи.

Желим да се захвалим дип. маš. инж. Бојану Богдановићу и дип. маš. инж. Саши Ранђеловићу за ангажовање и помоћ при решавању техничких проблема и конструкцији.

Веома сам захвалан Тове Петерсен (норв. Tove Pettersen) директорки компаније RAPP MARINE GROUP, на изузетној гостоприљивости, разумевању и пруженим информацијама.

Посебно сам захвалан својој породици, која је увек била уз мене, храбрила ме током студија и пружала подршку да истрајем до краја.

СПРИСАК ВАЖНИЈИХ ОЗНАКА

Тачка 2

d	- пречник добоша,
d_1	- пречник спојнице,
F	- сила у траци тракасте кочнице,
F_1	- максимална сила на једном крају траке,
F_2	- максимална сила на дугом крају траке,
P	- сила на полузи кочнице,
p	- притисак облоге на добош,
$p_{\max}$	- максимални притисак облоге на добош,
r	- радијус добоша,
T	- обртни момент (торзиони момент),
t	- дебљина траке кочнице,
w	- ширина траке тракасте кочнице,
α	- угао обмотавања траке кочнице,
θ, Φ	- обухватни угао траке око добоша кочнице,
μ	- коефицијент трења између добоша и облоге,
σ	- напон,
ζ	- фактор сигурности,
F_p	- сила откочивања,
G_t	- тежина тега,
F_o	- обимна сила на кочионом добошу,
ε	- радијални зазор,
G_{ko}	- тежина квоте електромагнета,
F_k	- сила кочења,
G_p	- тежина полуге,

Тачка 4

D	- спољни или номинални пречник закивка,
L	- дужина закивка,
L_1	- дужина препуста закивка пре деформисања,
d	- пречник отвора,
l	- дужина отвора,
H	- пречник главе закивка,
c	- дебљина главе закивка,
r	- радијус на врату закивка,

- S - дужина закивка који заједно са траком и облогом чини чврсту везу,
- K_i - ширина деформисаног врха полуцавастог закивка,
- d_i - спољни пречник деформисаног врха закивка,

Тачка 6

- F - сила,
- p - притисак кipa цилиндра,
- A - површина клипа цилиндра,
- D - пречник клипа хидрауличног цилиндра,
- P_u - укупни притисак,
- P_d - притисак добијен FEM анализом,
- s - степен сигурности,

САДРЖАЈ

1.	Увод.....	4
1.1.	Функција и намена витла.....	5
1.2.	Подела витала	9
1.3.	Основни елементи витла	11
1.4.	Функционалност и унапређење витла.....	15
2.	Кочнице.....	18
2.1.	Подела тракастих кочница	22
2.2.	Основи елементи тракасте кочнице	23
2.3.	Принцип рада тракасте кочнице	24
2.4.	Математички модел кочења тракасте кочнице	25
2.4.1.	Прорачун просте тракасте кочнице.....	28
2.5.	Елементи тракасте кочнице за витло	32
2.6.	Принцип рада тракасте кочнице за витло.....	34
3.	Постојећа технологија израде кочнице.....	37
3.1.	Увод у технологију.....	37
3.2.	Технологија добијања кочнице.....	38
3.2.1.	Сечење материјала	39
3.2.2.	Браварске операције	41
3.2.3.	Израђивање малих отвора	41
3.2.4.	Савијање материјала.....	42
3.2.5.	Припремци за машинску обраду	43
3.2.6.	Припремно склапање.....	44
3.2.7.	Контрола	45
3.2.8.	Процес заваривања	46
3.2.9.	Контрола и испитивање заварених спојева	47
3.2.10.	Машинска обрада отвора.....	48
3.2.11.	Браварске операције.....	49
3.2.12.	Пескарење	50
3.2.13.	Метализација	52
3.2.14.	Спајање фероде са кочницом	53
3.2.15.	Монтажа	55



3.2.16.	Фарбање	56
4.	Ангажовање машине и рад режисјских и производних радника у процесу закивања	57
4.1.	Заковани спојеви	57
4.1.1.	Полуцевасте закивци.....	61
4.2.	Процес закивања облоге тракасте кочнице	64
4.3.	Ангажовање машина и рад режиских и производних радника	65
5.	Предлози за побољшање стања преко увођења специјалних прибора и алата.....	66
5.1.	Место и улога стезних прибора	66
5.2.	Класификација помоћних прибора.....	67
5.3.	Основни принципи пројектовања стезних прибора.....	69
5.4.	Идејно решење стезног прибора и алата при закивању	69
5.4.1.	Стезање специјалног прибора при процесу закивања.....	72
5.4.2.	Позиционирање обликованог држача	73
5.4.3.	Принцип рада горњег дела алата.....	74
5.4.4.	Принцип рада доњег дела алата	75
5.5.	Материјали за израду стезних прибора.....	76
5.6.	Предности обраде закивањем уз примену предложеног специјалног алата и прибора	76
6.	Пројектовање машине	78
6.1.	Идејно решење конструкције машине	79
6.2.	Прорачун потребне силе закивања и усвање хидрауличног цилиндра.....	80
6.2.1.	Циљеви анализе.....	80
6.2.2.	Дефинисање пред-процесних параметара за анализу	80
6.2.3.	Приказ добијених резултата анализе	84
6.2.4.	Усвајање хидрауличног цилиндра на основу добијене силе	90
6.3.	Конструктивно решење склопа машине за закивање	92
6.4.	Основни елементи и принцип рада предложене машине намањене процесу обраде закивањем тракасте кочнице за витло.....	93
6.4.1.	Основни елементи машине	93
6.4.2.	Принцип рада предложене машине.....	98
7.	Техно економска анализа ефеката реинжењеринга и процена повраћаја уложених средстава.....	100



8. Закључци.....	104
9. Списак слика и табела	106
10. Литература.....	109



1. Увод

Металопрерађивачка индустрија се стално развија и напредује у погледу решења потенцијалних проблема. Са намером да се повећа квалитет производа, посматрано у ширем смислу, и смањи цена производа све више се води рачуна о оптимизацији и управљању процесима. Допринос може бити у виду промена као што су увођење поузданих и економичких уређаја, прибора, алата или пак побољшање саме технологије производње. Овакав поглед на процес производње омогућава континуални и стални процес.

Задатак рада

Задак мастер рада је примена теоријског и експерименталног знања стеченог досадашњим студирањем, и практичног искуства стеченог током праксе у фабрици *RAPP ЗАСТАВА*. Рад обухвата технологију израде витла и конструкцију специјалног алата и прибора који знатно побољшава процес закивања при изради тракасте кочнице за витло. Примена специјалног алата и уређаја могућа је само уз конструкцију потуно нове машине на којој би се постављао наведени алат и прибор и омогућила прецизност и поузданост овог процеса. Задатак рада претпоставља да ће се конструкцијом нове машине уз примену специјалног алата и прибора оптимизирати производња и постигнути значајни ефекти стабилности и поузданости процеса производње.

Мотивација

Идеја за овај рад развила се након вишемесечне праксе у компанији *RAPP MARINE GROUP* и консултацијом са стручним кадром у фабрици *RAPP ЗАСТАВА*.

Вишемесечном праксом и анализом стања у производњи витла сагледани су одређени проблеми и јавила се жеља да се исти превазиђу применом нових решења.



Пројектовање нове машине и специјалног алата и прибора треба да омогући успешнији процес закивања тракасте кочнице витла што ће довести до одговарајуће уштеде машинског времена и значајне финансијске уштеде.

1.1. Функција и намена витла

Витло служи за подизање, вучу или држање различитих облика и типова терета. У случају дизања терета, само уже је затегнуто једним делом док је другим обмотано око погонског добоша. Оно се нашироко користи за превоз лица и робе и најчешће се користи у поморској индустрији и рударству као и у аутомобилској индустрији. Витла су основни елементи дизалица, кранова, система жичара, теретних аутомобила који врше шлеп функцију као и различитих система на бродовима од којих се захтева транспорт различитих средстава преко сајле или ужета. (слика 1.1) [1].

Једна од дефиниција витла је:

„Витла су специјализовани маханички инструменти који имају широку примену и користе се да би се повукли или подигли различити типови трета или предмета у циљу транспортовања истих. Користећи једноставан механизам, витла могу подизати веома масиван терет на одређену висину као и спуштати да би исте транспортовали са једног места на друго“.



а)



б)



в)

Слика 1.1. а) Функција витла у аутомобилској индустрији, б) приказ функције витла код дизалице за пренос терета, в) приказ витла у поморској индустрији

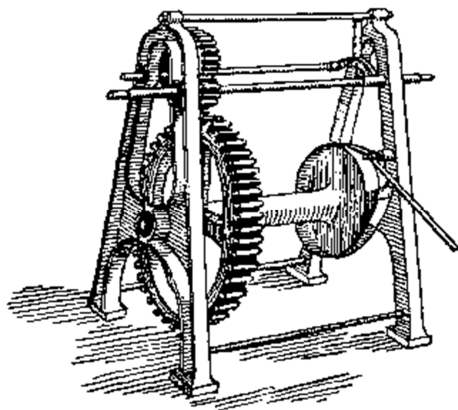
Најранији записи где се спомиње витло као механички инструмент су у Херодотовим списима при опису персијских ратова. Тада се витло користило за регулисање понтонских мостова (*мостови који се састоје од чамаца и служе за превоз људи и робе са једне стране реке на другу*), а сматра се да су витло први користили Асирци [2].

Кроз историју, витла су одувек имала широку примену како за транспорт наоружања (од камена) тако и за подизања воде са великих дубина у земљи (слика 1.2.а)). Након тога почела су да се користе у делатностима као што је риболов где и



данас имају веома важну улогу при ловљењу рибе (слика 1.1 а), б)).

Са развојем технике и индустрије витло је све више почело да заузима место у разним делатностима, тако да се данас у значајној мери користи у машинству, бродоградњи, грађевинарству, шумарству и другим делатностима (слика 1.2 ц)) [2].



а)



б)



ц)

Слика 1.2. а) Једна од првобитних конструкција витла, б) витло на броду за поморске сврхе кроз историју, ц) витло на платформи у експлоатационој сврси

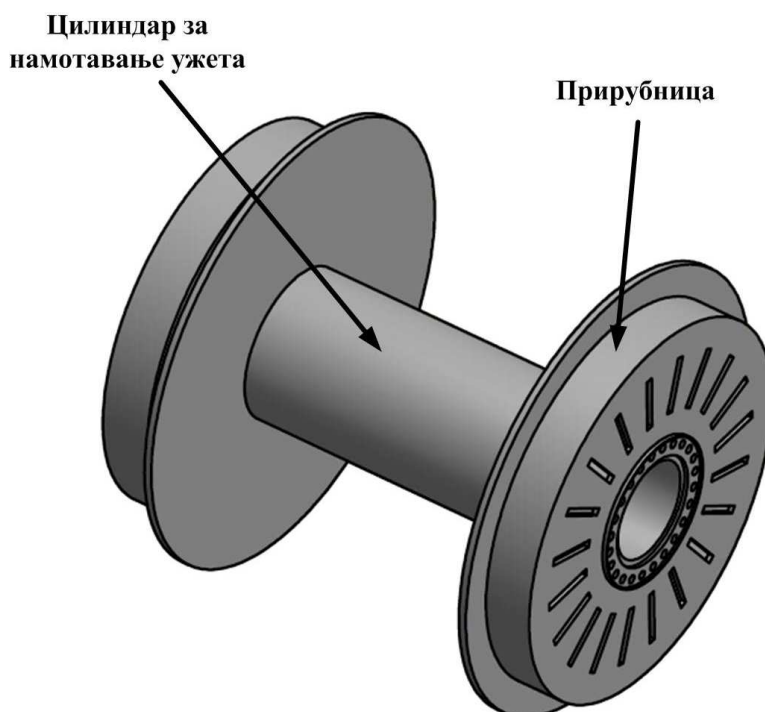
Основни термин „*витло*“ представља целу машину односно погонски маханизам који се састоји од једног добоша или „*бубња*“, ужета или сајле и неког погонског агрегата који сам покреће добош. Избор погона, добоша као и ужета зависи од конструктивног решења витла. Овај погонски систем користи и кочницу у циљу контроле подизања и спуштања различитог типа терета на одређену висину као и из безбедносних разлога [1].

Добош витла може бити вођен ручно, уз помоћ електричног погона, хидрауличног и других погонских јединица у зависности од намене витла. Такође погонски систем са добошем може бити повезан директно или индиректно са мењачем или редуктором у зависности од расположивог или захтеваног обртног момента. Индиректна спојница користи квачило или зупчаник са међу компонентом или понекад



обе компоненте. Већина система је зупчasto спојена тако да погон може да створи довољни обртни момент, али у случају да је могуће користити директну спојницу добијају се далеко бољи резултати са аспекта стварања што чвршће механичке везе.

Главни делови добоша су цев односно цилиндар за намотавање ужета (сајле) и прирубница (слика 1.3). Пређашње конструисани добоши углавном су пројектовани у циљу да издрже оптерећење на којима су изложени, али данас се поред прорачунатог оптерећења акценат даје комерцијалној конкуренцији која се односи на саму безбедност добоша као и витла у целини. Из тог разлога се иде ка што тачнијој анализи витла и што прецизнијој производњи која је од виталног значаја за пласман на самом тржишту. Економски разлози, величина, тежина и погонска снага су фактори који морају бити пажљиво прорачунати у циљу добијања што безбеднијег и продуктивнијег витла [1].

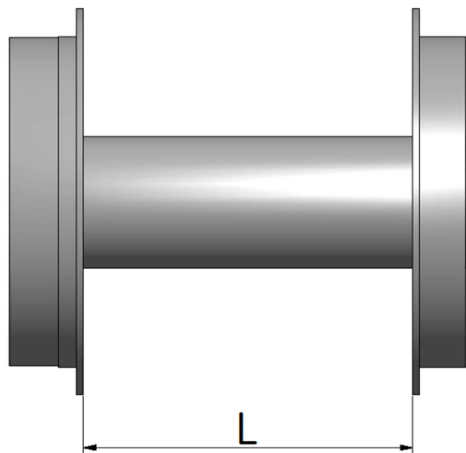


Слика 1.3. Приказ добоша са две његове компоненте

Укупни капацитет добоша омогућава да се целокупно уже намота на цилиндар за намотавање под условом да се правилно намотава. Тиме се обезбеђује константно оптерећење и равномерно обртање тј. корак добоша (који се изражава у јединици $^{\circ}/\text{мин}$). Код овог принципа функционисања витла, битну улогу има однос дужине слојева намотаног ужета и дужине самог добоша (слика 1.4)а)). У неким случајевима где се транспортује веома тежак терет долази до неравномерног намотавања ужета на добош. Овакво намотавање даље изазива низ проблема за добош а некад и за саму конструкцију витла (слика 1.4) б)). Као пример за ово су дубоки рудници и веома тежак поморски терет где се користи мулти-функционално намотавање ужета (сајле) на добош. Ова функција утиче на равномерно или континуално намотавање ужета по



ободу добоша (слика 1.5 а)), као и коришћење добоша великих димензија (слика 1.5 б)) [3].



а)

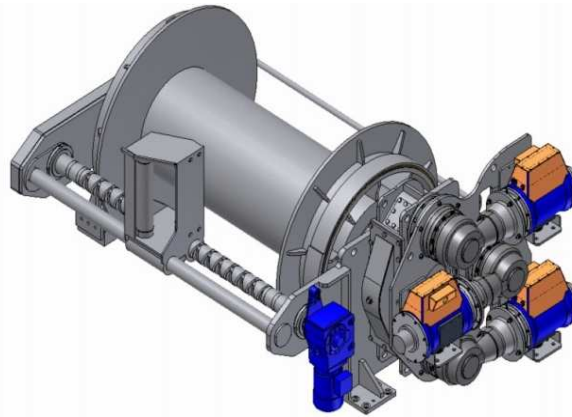


б)

Слика 1.4. а) Приказ добоша са дужином обода за намотавање ужета, б) приказ неравномерно намотаног ужета на добош витла



а)



б)

Слика 1.5. а) Слика мулти-функционалног витла које врши континуално намотавање ужета на добош, б) приказ континуално намотаног ужета

У случају да није могуће изградити витло великих димензија из разлога за неопходним простором као и из економских разлога, конструишу се мања витла са мањим добошима на које се може намотавати уже у више слојева. Ови добоши се сматрају као вишеслојни.

Материјал који се користи за израду витла је челик који има велику вредност Јанговог модула. Висока вредност Јанговог модула је повољна за индустријске сврхе из разлога што се веома добро одупире (има веома велики коефицијент отпора) силама деформисања [3].



1.2. Подела витала

Подела витла се може категорисати на више начина и то према:

- Намени витла,
- Врсти погона које витло користи, и
- Броју добоша које користи.

Према намени витла витла се могу поделити на:

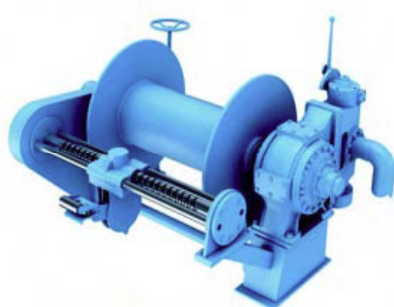
- Витла за риболов (енгл. „*Winches for Fishing*“) (слика 1.6 а)),
- Витла за вучу других бродова (енгл. „*Towing Winches*“) (слика 1.6 б)),
- Витла за океанографска испитивања (енгл. „*Oceanographic Research Winches*“)
- Витла за подизање великих терета (енгл. „*Heavy Lift Winches*“) (слика 1.6 в)),
- Витла за вучу и дизање терета (енгл. „*Traction winches*“) (слика 1.6 г)),
- РОВ витла (енгл. „*ROV Winches*“), [4]
- Витла за усидравање брода (енгл. „*Mooring winch*“) (слика 1.6 д)),
- Секундарна витла (енгл. „*Secondary winch*“),
- Витла за подизање заставица и других националних и међународних симбола,
- Витла за рад испод нивоа мора (енгл. „*Winch for underwater*“), (слика 1.6 е))

Према врсти погона које витло користи, иста се могу поделити на:

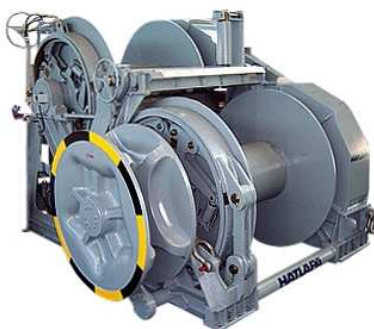
- Витла са ручним погоном,
- Витла са електричним погоном (са електромотором),
- Витла са хидрауличним погоном,
- Витла са пнеуматским погоном,
- Витла са моторним погоном (дизел мотор),

Према броју добоша витла се могу поделити на:

- Витла са једним добошем (енгл. „*Single drum winches*“),
- Витла са два добоша (енгл. „*Double drum winches*“) (слика 1.7 а)), и
- Витла са три добоша (енгл. „*Triple drum winches*“) (слика 1.7 б)).



а)



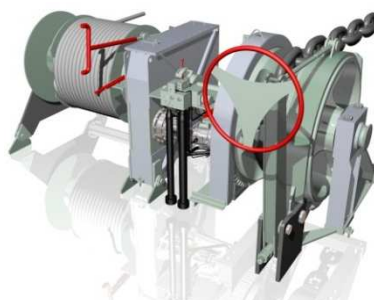
б)



в)



г)



д)

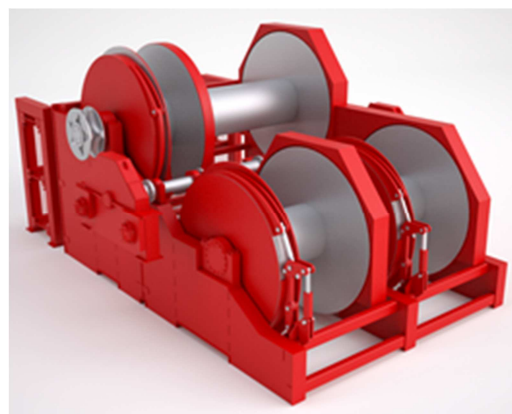


е)

Слика 1.6. а) Витла за риболов, б) витла за вучу других бродова, в) витла за подизање великих терета, г) витла за вучу и дизање терета, д) витла за усидравање бродова, е) витла за рад испод нивоа мора



а)



б)

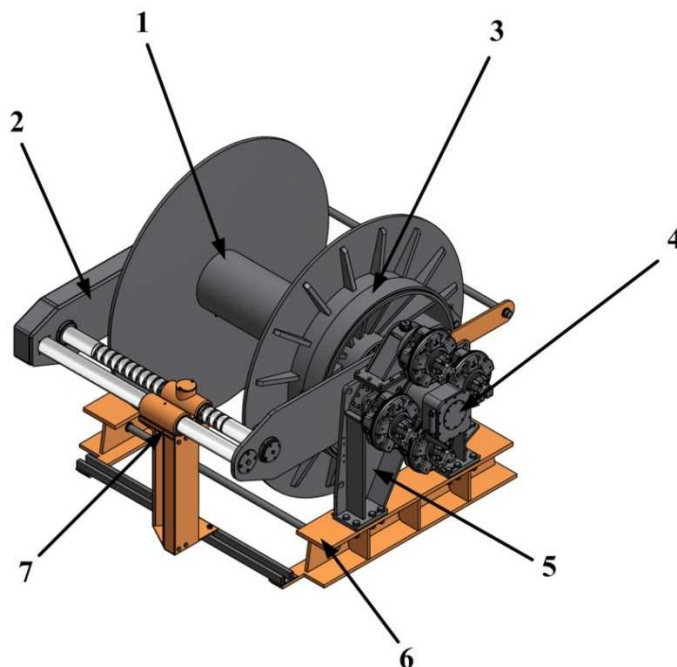
Слика 1.7. а) Витла са два добоша, б) Витла са три добоша



1.3. Основни елементи витла

Витло приказано на слици 1.8 састоји се из следећих основних компоненти, а то су [5]:

1. Добош витла,
2. Ослонц са кућиштем ланчаног преносника,
3. Кочница витла,
4. Погонска јединица,
5. Рам или држач конструкције витла,
6. Усмеривач ужета, и
7. Постоље витла.



Слика 1.8. Приказ витла са компонентама [5]

Добош или „бубањ“ (слика 1.9.) је ротациони део витла који чини један од основних елементата витла из разлога што врши најважнију функцију тј. намотавање ужета. Добош витла директно је повезан са погонском јединицом која га погони у циљу добијања обртног момента тј. обртања око своје осе да би се тако добијени момент користио за подизање, спуштање, привлачење и др. Што се тиче геометрије добоша, она зависи од конструкције и типа витла, дужине ужета које треба да се намота и неопходне тежине коју оно треба да издржи при намотавању.

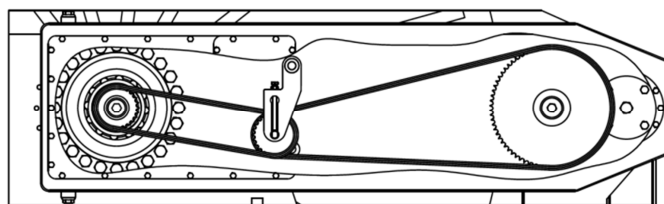


Слика 1.9. Приказ добоша витла

Ослонац са кућиштем ланчаног преносника синхронизује кретање усмеривача ужета са бројем обртаја добоша. То значи да ланчаник претвара обртни момент добоша тј. погонске јединице у праволинијско кретање усмеривача (Слика 1.10.).



а)



б)

Слика 1.10. а) Приказ витла са кућиштем ланчаног преносника, б) ланчани преносник у пресеку кућишта истог приказан шематски

Кочница витла служи за заустављање и/или успоравање и фиксирање добоша витла при намотавању или одмотавању ужета у процесу рада истог (1.11.). Овакав тип кочнице назива се „тракаста кочница“ и ради тако што ствара обимни притисак око добоша витла. Притисак се ствара посредством полуге са једног краја траке кочнице који под дејством хидрауличког цилиндра доводи до стезања по ободу добоша витла, док је други крај траке кочнице статички непомерљив.

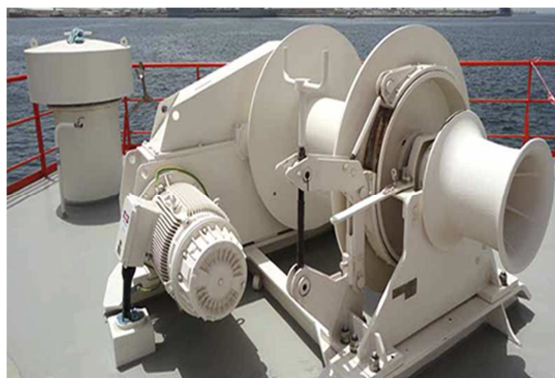


Слика 1.11. Тракаста кочница витла

Погонска јединица или „**погон**“ обавља главну функцију витла (обртање добоша). Како би витло могло да врши функцију подизања, спуштања, привлачења и др. уз помоћ ужета које се намотава на добош. Погонска јединица може бити различитог типа, а највише коришћена код витла које се користе у поморске сврхе је хидраулични и електро мотор (слика 1.12.). Ове погонске јединице често се заједно користе са редуктором као преносником жељне снаге на добош витла.



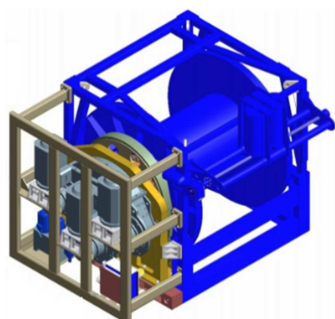
а)



б)

Слика 1.12. а) Приказ хидро-мотора на витлу, б) приказ електро мотора на витлу

Рам витла представља носећу конструкцију витла која држи све елементе витла као једну целину. Он има веома битну функцију зато што даје стабилност целој конструкцији заједно са свим њеним елементима.



а)



б)

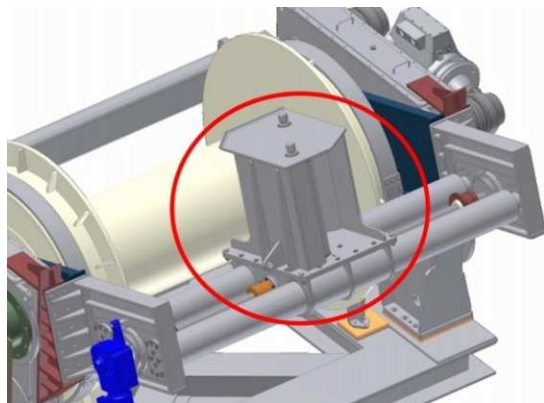


ц)

Слика 1.13. а) Приказ рама витла у изометрији, б) приказ не склопљених рамова витла, ц) добош витла заједно са рамом при процесу склапања витла



Усмеривач ужета служи за континуално намотавање ужета на добош витла при великим брзинама намотавања (слика 1.14.). Усмеривач ужета креће се праволинијски по завојном вретену и равномерно усмерава уже по целом обиму добоша. Такође треба и напоменути да је усмеривач ланчаником повезан са добошем витла тако да је у директној вези са бројем обртаја погонске јединице. Усмеривач ужета равномерним намотавањем утиче на стабилност целе конструкције витла.



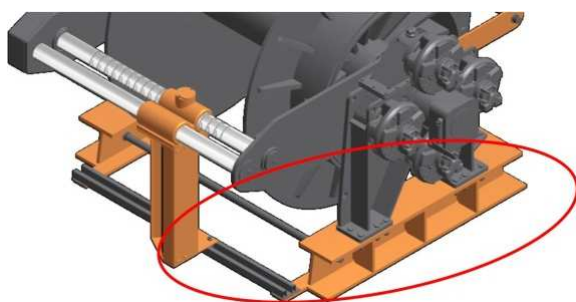
а)



б)

Слика 1.14. а) Приказ усмеривача ужета на витлу у изометрији, б) приказ целог витла заједно са усмеривачем ужета у реални условима

Постоље витла спада у рамни део конструкције витла и служи за ослањање и позиционирање витла на жељену позицију или место (слика 1.15.). Постоље витла може се разликовати у зависности од типа витла, места где треба да се позиционира (мисли се на тип брода) и стабилности коју мора да обезбеди.



а)



б)

Слика 1.15. а) Приказ постоља витла у изометрији 3D модела, б) приказ постоља витла у реалним стању



1.4. Функционалност и унапређење витла

Нови начин категоризације и функционалност витла, односно могућност транспортовања различитих типова облика и тежина терета, се све више користи када је реч о витлима. „Deck Lift“ тзв. „Podizanje palube“ је израз којим је представљено подизање веома тешког терета на одређеној висини у ваздуху при чему се на основу тог терета процењује могућност витла (слика 1.16).



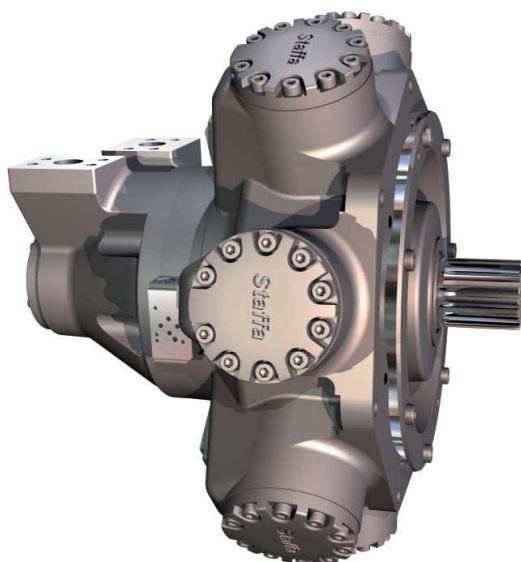
Слика 1.16. Приказ дизања терета на одрђену висину уз помоћ витла односно тзв. „подизање палубе“

Постоје два тумачења „Deck Lift“ која захтевају разјашњење. Очигледно да је добош витла највише оптерећен када повлачи терет са већ обмотаним ужетом на њему. Ово је случај где се управља оптерећењем са палубе, па се исто оптерећење разлаже по равни површине брода. Многе различите величине добоша су резултат различитих носивости, што зависи и од количине односно масе ужета које се намотава. „LIVE LOAD“ или „живо оптерећење“, је збир корисног терета и силе привлачења тј. повлачења, при чему се одузима тежина ужета са којом добош врши привлачење или транспортовање терета. Ова нелинарна вредност може да достигне минимум који је знатно мањи од силе вучења пуног добоша. У случају да носивост треба да се спусти испод равни добоша где је ова вредност најмања, витло ће теоријски бити у стању да се поврати [3].

АЦ систем вођења витла путем променљивих учестаности полако застарева, показујући да је електронска опруга преко ЦСР-ДЦ (енгл. SCR - DC) исплатива и продуктивнија опција. Доступност модуларних планетарних преносника редуктора је пружио широк опсег различитих могућности и конструктивних решења витла.



Хидраулични погонски систем за вођење је прихватљивији и више коришћен избор јер се код њега могу контролисати брзина и обртни момент у ширем опсегу различитих вредности за разилку од чисто механичког погонског система (слика 1.10 а)). Већина витала су конструисана са кочионим системом, било статичким или динамичким (слика 1.17 б)) [3].



а)



б)

Слика 1.17. а) Приказ хидрауличне погонске јединице, б) приказ кочионог система витла са хидрауличном погонском јединицом

Хидраулична витла веома дуго држе темпо са широким асортиманом хидрауличних компоненти и повећане флексибилности хидрауличних контрола – са или без електронског и дигиталног присуства. При порасту расположивости и побољшања која од скоро одликују хидрауличне моторе, променио се и сам изглед многих витала. Веома ниске цене мотора заједно са зупчастим планетарним системом преноса чини занимљиво решење као главне погонске јединице витла. Овај систем такође може поједноставити или пак елиминисати конвенционалне принципе различитих система преноса [3].

Репроматеријал програмабилних логичких контролера, PLC (енгл. „Programmable Logic Controller“), као виши степен дигиталног вођења и управљања у комбинацији са прецизним намотавањем способан је да пружи континуално намотавање ужета на добош при крајњем процесу намотавања. У овом случају при намотавању ужета врши се логичко контролисана компензација намотавања ужета. Овај принцип пружа исту силу привлачења као и исту брзину намотавања сваког наредног слоја ужета што усклађује две функције у једни и које оправдавају цену коштања таквог система. Код ове методе при континуалном намотавању, избегавају се притисци и напони на добошу при неравномерном намотавању ужета што додатно доводи до деформисања добоша витла као и измештању његове центричности.

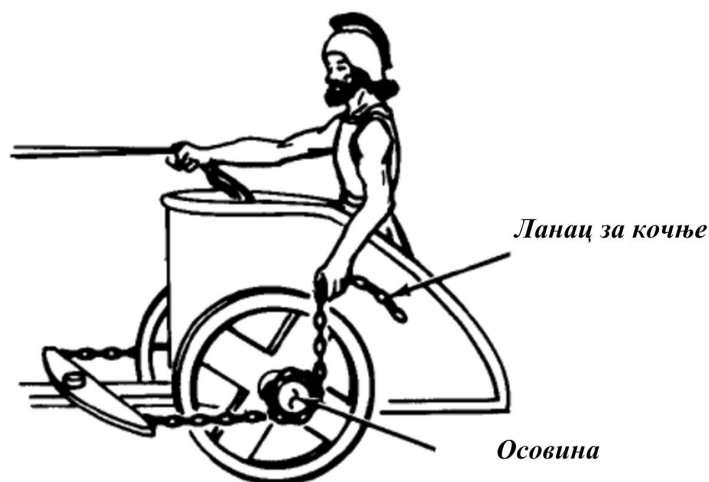


У последње време се по новом (DNV – „*Det Norske Veritas*“) стандарду који је прописан протоколом обично израђују витла на којима се може складиштити уже дужине од $5\,000 \div 6\,000\text{ m}$ што пружа довољну радну дужину, за разлику од старијег стандарда који је дозвољавао и до $10\,000\text{ m}$ намотаног ужета на добош. Витла израђивана по новом стандарду су мања, лакша и јефтинија него пређашња из тог разлога и ергономски прихватљивија. У том случају, пракса да се увек рачуна на још једно резервно уже постала је само могућност у специјаним приликама, упркос ограниченом простору и економским захтевима [3].



2. Кочнице

Верује се да је први термин кочница коршићен у старом Риму. У то доба један крај ланца био је везан за „шасију“ кочије док је други крај био контролисан од стране возача (слика 2.1.). Сталним развитком система кочења дошло се до великог напретка при кочењу цилиндричних обртних елемената тј. точкова, тако да данас постоје кочнице са веома великим степеном контроле кочења.



Слика 2.1. Приказ првобитне улоге кочнице

Кочнице су по својој функцији реверзибилног дејства у односу на фрикционе спојнице. Уместо убрзавања обртних маса, кочницама се обртне масе заустављају. Кинетичка енергија обртних маса $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$, кочењем се претвара у топлотну. Код возила или других транслаторно покретних маса, у топлоту се претвара и кинетичка енергија транслације. Осим кинетичке енергије, кочницама се у топлоту може претварати и снага погонског мотора, ради стварања радних отпора при испитивањима конструкција и сл. Кочнице су по правилу механичке, а могу бити и хидродинамичке,



нарочито при трајном кочењу ради стварања радних отпора [6].

Подела кочница се изводи према њиховој функцији на:

- Регулационе кочнице (примењују се за умањене обимне и транслаторне брзине),
- Зауставне кочнице (служе за заустављање обртних и транслаторних маса),
- Енергетске кочнице помоћу којих се постиже оптећење одговарајућих уређаја, на пример код испитних слотова; када се енергија кретања претвара у друге видове енергије [7].

Кочнице су, по правилу, механичке (раде на принципу трења чврстих тела), хидродинамичке (принцип рада се заснива на струјању флуида) и електромагнетне.

У саставу погона сваког механизма транспортног уређаја налази се кочиони уређај. По својој намени кочнице се деле на:

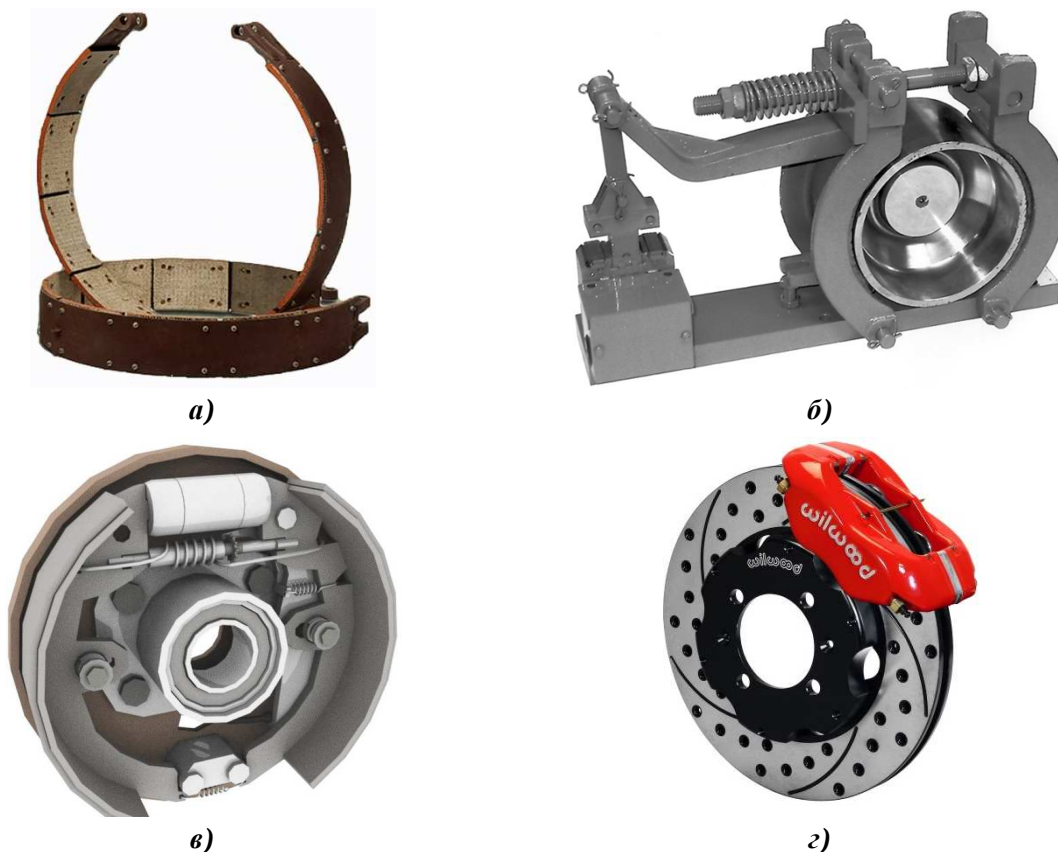
- Кочнице за спуштање (регулишу брзину спуштања и примају потенцијалну енергију терета која се спушта),
- Кочнице за кретање (примају кинетичку енергију дизалице која се транслаторно креће и прекидају даље кретање), и
- Кочнице за заустављање (после завршетка спуштања зауставе терет на одрђеној висини),

Према трансформацији енергија кретања:

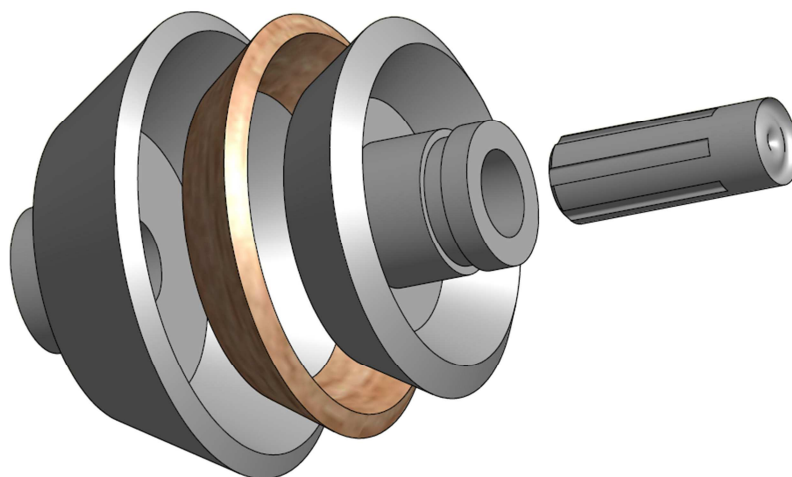
- Електричне кочнице (претварају енергију кретања у електричну енергију),
- Механичке кочнице (енергију кретања претварају у топлотну).

Према конструктивном извођењу механичке кочнице се деле на [6]:

- Тракаста (кочница са траком или појасна кочница) (слика 1.11 а)),
- Кочница са спољашњим папучама (слика 1.11 б)),
- Кочница са унутрашњим папучама (слика 1.11 в)),
- Кочница са диском (слика 1.11 г)), и
- Конусна кочнице (слика 1.11 д)).



Слика 2.2. а) Кочница са траком или тракаста кочница, б) кочница са спољашњим папучама, в) кочница са унутрашњим папучама, г) кочница са диском или диск кочница,



Слика 2.3. Приказ конусне кочнице и изометрији 3Д модела

На слици 2.2. приказане су слике различитих типова кочница чији се рад заснива на клизању фрикционих површина притиснутих одговајућим спољним оптерећењем. На слици 2.2. а) приказана је кочница са траком која је пребачена преко добоша, а затезањем посредством једнокраке полуге остварује се кочење. Низ недостатака као што је науравнотеженост сила, мале силе трења које се могу остварити и велико напрезање траке, допринело је да се ова врста кочница веома мало примењује. Уместо



траке користе се папуче за кочење добоша. Кочница са добошем и са спољним папучама (слика 2.2. б)), најчешће се користи као сигурносна [6].

Код друмских возила у примени су кочнице са добошем и унутрашњим папучама (слика 2.2. в)). Притисак на папуче остварује се механички, хидраулички или пнеуматски. Конструкција је компактна, а кочиони отпори који се могу остварити су велики. За моторна возила је још намењена и диск кочница код које се кочење постиже дејством сила и унутрашњих плочица.

Конусне кочнице (слика 2.3.) имају предност обртног момента за мању аксијалну силу него било који други тип који је предходно поменут. Повећање обима ове кочнице је ограничено, међутим, по запажању за мале углове конусног повлачења неопходна је већа снага у зависности од коефицијента трења јер спољашни и унутрашњи конусни дискови имају тенденцију ка заклињавању односно фиксирању истих.

Кочнице се обично уграђују на вратило електромотора, јер је то место најмањег обртног момента, па ће кочница конструктивно имати најмање димензије [6].

Кочница се бира према меродавном моменту кочења M_k из релације:

$$M_k = \beta \cdot M_{st}'' \quad (A-1)$$

Где су:

β – степен сигурности кочнице,

M_{st}'' – статички момент сведен на вратило електромотора

За кочнице уграђене на механизам за дизање вредности " β " су:

$\beta = 1.5$ за лаки режим

$\beta = 1.75$ за средњи режим, и

$\beta = 2.0$ за тежки режим.

Код кочница за кретање обично се узима да је:

$$M_k = 1.25 \cdot M_{st}'' \quad (A-2)$$

$$M_{st}'' = F_w \cdot \frac{D_t}{2} \cdot \frac{1}{i} \cdot \frac{1}{\mu} \quad (A-3)$$

Где су:

F_w – статички отпор кретања дизалице са коефицијентом закошења,

D_t – пречник точка,

i – преносни однос редуктора, и

η – степен искоришћења механизма.

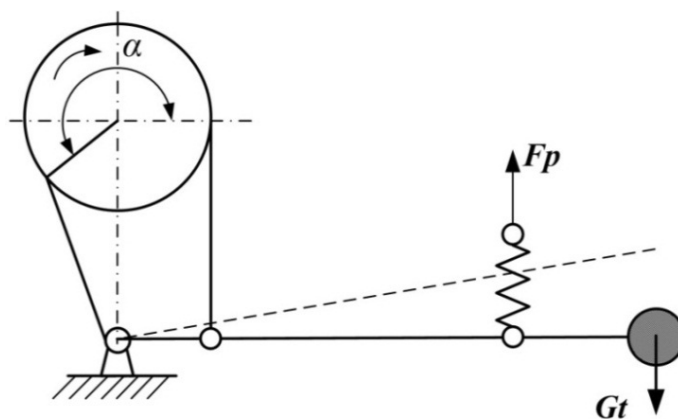


2.1. Подела тракастих кочница

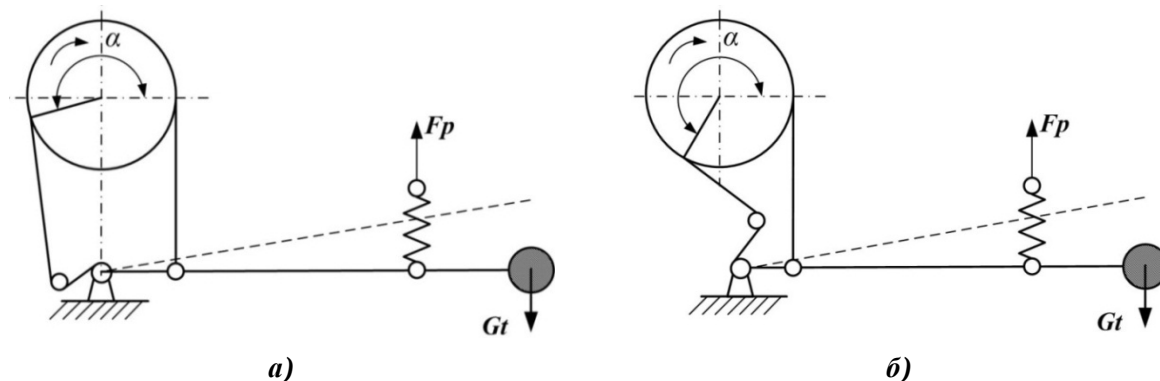
Кочница са траком спада у најједноставније системе кочница. Притисак између траке и добоша остварује се преко полуге.

Код ових кочница кочење се остварује једном еластичном траком (челичном) која је пребачена преко кочионог добоша. Да би се повећао коефицијент трења између добоша и траке, она се облаже фрикционим материјалом (фибер-феродом). Према конструктивном извођењу, тракасте или добош кочнице се деле на [9]:

- Просте (2.4),
- Диференцијалне (2.5. а)), и
- Сумарне (2.5. б)).



Слика 2.4. Схематски приказ прости тракасте кочнице



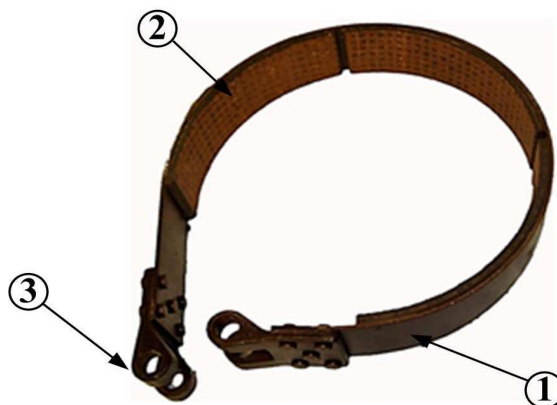
Слика 2.5. а) Приказ схеме диференцијалне кочнице, б) приказ схеме сумарне кочнице



2.2. Основи елементи тракасте кочнице

Основни елементи сваке тракасте кочнице су:

1. Трака кочнице,
2. Облога тракасте кочнице,
3. Везивни елемент кочнице (уши), и
4. Систем за притезање добоша.



Слика 2.6. Тракаста кочница

Трака кочнице може бити од коже, гуме, тврдых композитних материјала и челика. Челик се начешће користи када је неоподно кочити велике обиме добоша који имају велики обртни момент као и распон брзина. То су најчешће добоши на бродовима за лов рибе где се подижу велике тежине, добоши на нафтним платформама, добоши на дизалицама са великим могућностима транспорта и др. Материјали као што су кожа и гума користе се најчешће за добоше мањих величина и добоше од којих се не захтевају посебне перформансе при транспорту.

Облога тракасте кочнице најчешће се састоје од материјала који имају велики коефицијент трења и мали коефицијент хабања. Материјали који се најчешће користе за облогу кочнице морају бити веома отпорни на високе температуре које се стварају услед сила трења при кочењу добоша. Ти материјали су најчешће неки композитни материјали као што су политетрафлуоренски, тетрафлуоренски и други материјали који имају велики коефицијент трења на повишеним температурама и које веома добро подносе.

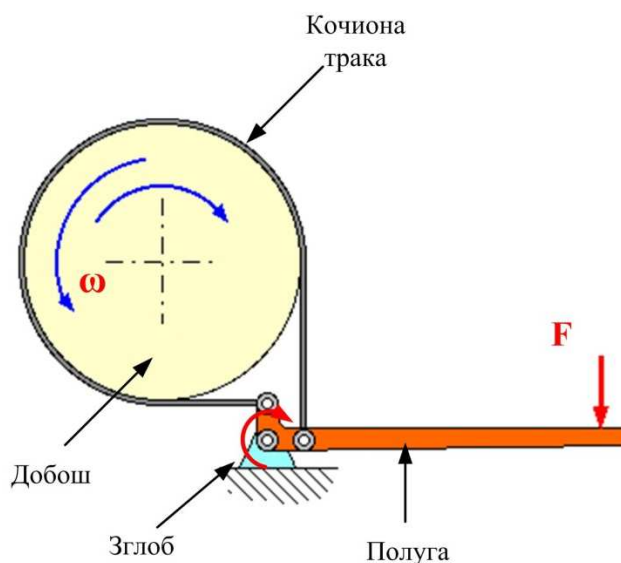
У зависности од типа или величине кочнице на својим крајевима обично имају везивне елементе тј. „уши“, спојнице или неке друге везивне елементе. Поменути елементи служе да кочницу споје са статичком осовином с једне стране и полугом која врши силу притезања на добош с друге стране.

Притезање добоша функционише преко система полужног механизма који је увек са једне стране стратички (непокретни) ослонац, а са друге стране динамички ослонац. Динамички ослонац се увек креће равански (сложено кретање) помоћу осцилујуће плоче („кулисе“) која се увек обрће око једне осе док су друге две (на којима се налазе зглобне везе) слободно окретне.



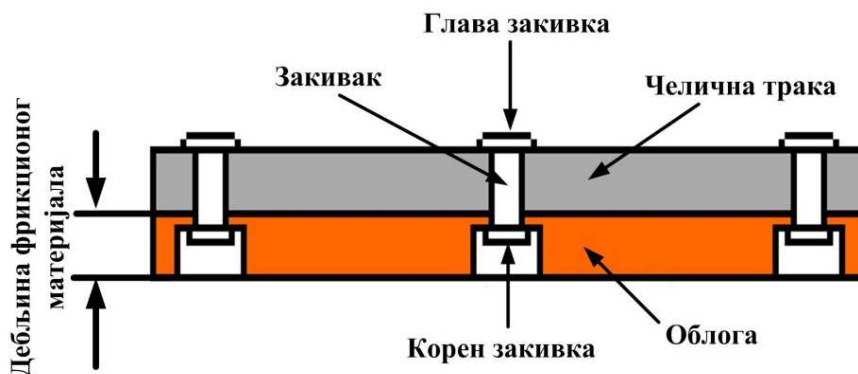
2.3. Принцип рада тракасте кочнице

Основни принцип рада тракасте кочнице своди се на систем просте полуге. Око добоша који се креће неком угаоном брзином обмотана је тракаста кочница (слика 2.7.). Кочница је са обе стране свога краја повезана са полугом која се налази на статичком зглобу и може мењати угао положаја око истог. Мењањем угла положаја полуге у правцу и смеру силе приказане на слици, трака појасне кочнице се затеже. Тим затезањем кочница смањује обим траке делујући силама притискивања на добош који се обрће. Силе притискивања стварају трење по површини добоша и услед чега долази до кочења добоша (слика 2.7.).



Слика 2.7. Приказ шеме функционисања тракасте кочнице

Услед кочења долази до хабања (трошења) фрикционе облоге, чиме се смањује њена дебљина, а самим тим и закивци приближавају површини добоша. У случају контакта главе закивка са површином добоша долази до контакта два метална материјала. Услед тог контакта при поцесу рада ствара се абразија на површини добоша, па из тог разлога долази и до оштећења добоша као и непоузданог кочења. Веома је битно пратити дебљину облоге која се троши приликом кочења услед трења и правовремено је сервисирати (мењати облогу кочнице).



Слика 2.8. Приказ пресека кочнице и облоге

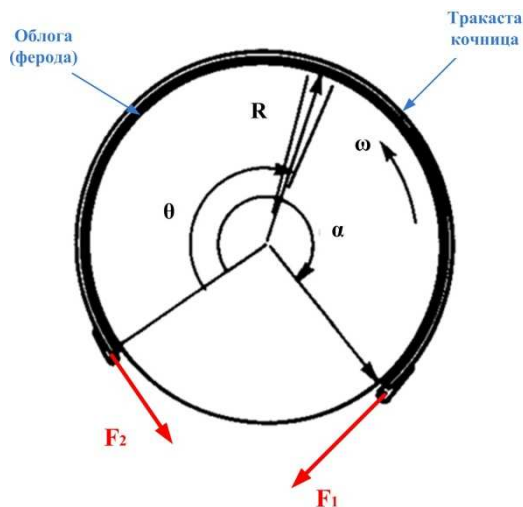


2.4. Математички модел кочења тракасте кочнице

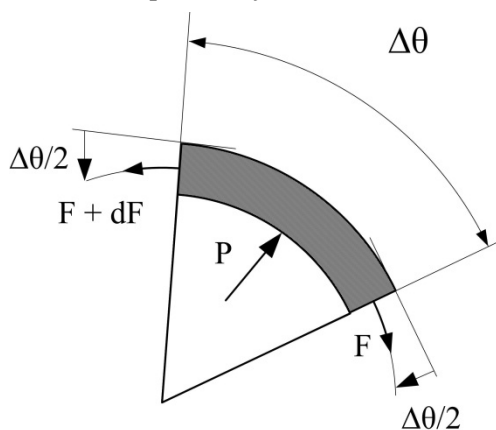
На слици 2.9. је приказан спрег сила на тракастој кочници. У складу са правцем ротације добоша, означена са ω , сила која делује на елемент кочнице приказана је на слици 2.10. На поменутој слици, R представља спољни радијус тракасте кочнице добоша. Са F_1 и F_2 представљене су силе које делују на крајевима кочнице и представљају вредност отпора при кочењу. Због правца ротације добоша вредност силе F_1 већа је од вредности F_2 (у случају приказаном на слици). Равнотежа сила у правцу нормалном на тангенту код типичне тракасте кочнице на својој средини захтева да кочиона облога заједно са кочицом има занемарљиву крутост на савијање, следи образац (А-4)

$$(F + dF) \cdot \cos \frac{d\theta}{2} - F \cdot \cos \frac{d\theta}{2} - \mu pwr d\theta = 0, \quad (A-4)$$

$$(F + dF) \cdot \sin \frac{d\theta}{2} + F \cdot \sin \frac{d\theta}{2} - pwr d\theta = 0, \quad (A-5)$$



Слика 2.9. Приказ спрега сила на тракастој кочници



Слика 2.10. Исецак траксте кочнице приказан у елементарном случају на кога делује спрег сила

По упрошћавању једначина (А-4) и (А-5), а имајући у виду да као елемент дужине кочнице тежи нули, $\sin(\frac{d\theta}{2}) \approx \frac{d\theta}{2}$, $\cos \frac{d\theta}{2} \approx 1$, и производ $dF(\frac{d\theta}{2})$ постаје занемарљивији у односу на Fdt , тада се ове две једначине свode на:

$$dF = \mu pwr d\theta, \quad (A-6)$$

тако да следи једначина:

$$F = pwr, \quad (A-7)$$

када се изврши смена pwr из једначине (А-7) у једначину (А-6) добија се интегрисана



једначина која гласи [6]:

$$\ln F - \ln F_2 = \frac{F}{F_2} = \mu\theta, (A-8)$$

где се за θ узима нула на крају опсега траке кочнице где дејствује сила F_2 . Па се из тога разлога лепше може написати у форми као:

$$\frac{F}{F_2} = e^{\mu\theta}, (A-9)$$

који изражава потенцијалну силу у траци кочнице у функцији положаја дуж траке кочнице.

Такође, може се наћи F_1 из једначине (A-9) једноставнијим постављањем $\theta = \alpha$, па се на основу тога добија једначина:

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\alpha}, (\alpha - \text{угао обмотавања}), (A-10)$$

Пошто ова једначина указује да се максимална сила јавља при $\theta = \alpha$ (слика 2.9.), што следи из једначине (A-4) може се даљим извођењем добити:

$$F = wrp_{max}, (A-11)$$

по питању радијуса добоша r и ширине траке w . Ова једначина указује на недостатак тракасте кочнице: „Хабање облоге је веће када делују велике вредности притисака на крају траке кочнице“. Због тога облога кочнице се мора заменити само када је дотрајала на једном крају, или може бити окренута на другу страну на половини свог радног века. Из тог разлога облога кочнице мора бити направљена од два, три или чак више типова различитих слојева са различитим коефицијентима трења [8].

Торзиони момент (или момент увијања) кочнице у спреси са силом траке гласи:

$$T = (F_1 - F_2) \cdot r, (A-12)$$

По утврђивању да то није промелива F_1 позивајући се на једначину (A-10), а затим мањајући вредност F_2 по десној страни једначине (A-11), добија се:

$$T = F_1 r (1 - e^{-\mu\alpha}) = p_{max} w r^2 (1 - e^{-\mu\alpha}), (A-13)$$

што даје максималну вредност кочења (највећу зауставну силу) обртног момента добоша у функцији његових димензија и максималне компресије притиска. Ова једначина се може примењивати уколико водећа веза (мисли се на везу између траке и хидрауличног цилиндра) може да издржи силу $F_1 = rwp_{max}$ и ако је трака довољно јака

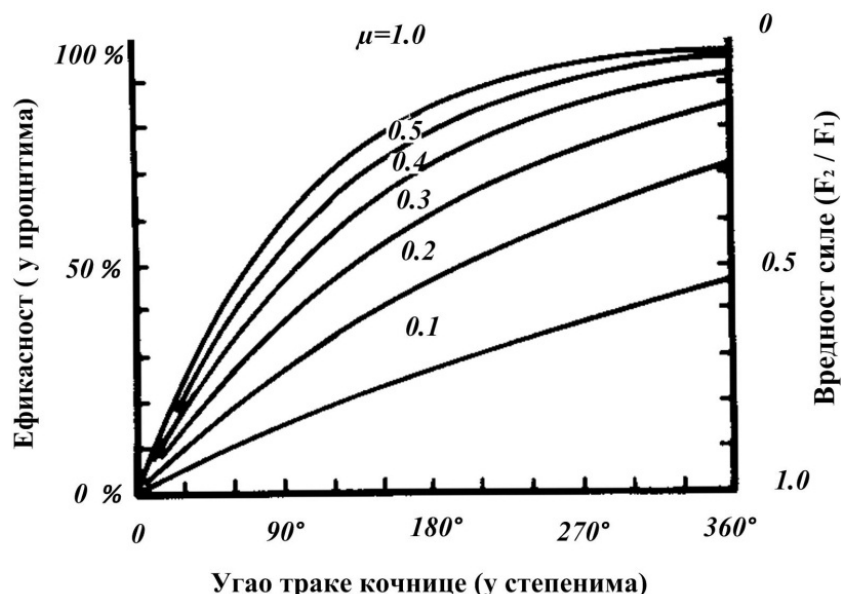


да подржи силу дату једначином (А-9) за $0 \leq \theta \leq \alpha$.

Мера ефикасности тракасте кочнице је однос почев од примењеног торзионог момента кочнице па до момента који се може добити директним деловањем сила на сам добош [8].

$$\frac{T}{F_1 r} = 1 - e^{-\mu \alpha}, \quad (A-14)$$

Максимална вредност овог показатеља за један окрет тракасте кочнице вредност силе је 0,998 када је $\mu = 1.00$. Приказ овог показатеља дат је на дијаграму (слика 2.11.), где се очигледно види да смањење угла савијања траке кочнице са 360° на 270° има релативно мали утицај на ефикасност за 6,5% или мало већу вредност. Одавде се такође може уочити да кочница ограничава лук од 270° или више у зависности од саме конструкције и дизајна кочнице. У склопу дизајнирања сваке кочнице треба имати у виду и само трошење и деградацију облоге („фероде“) као и прљавштину из околине која може веома лоше утицати на само кочење добоша.



Слика 2.11. Приказ ефикасности и односа силе у функцији обухватног угла кочења

Будући да ојачање траке поред његовог дела за вођење (стежање) зависи од силе присилног пропадања у функцији дуж металне траке кочнице. То може бити од значаја за приказ како F опада са ϕ , мерено од вођеног краја траке. Да би добила та вредност, наопходно је заменити F_2 са F и заменити угао α са Φ у једначини (А-10) да би се добило [8]:

$$\frac{F}{F_1} = e^{-\mu \Phi} \quad \Phi = \alpha - \theta, \quad (A-15)$$

за тракасту кочницу ова вредност простире се изнад угла ϕ од силе F_1



28



Из претходних релација следи: $F_1 = \frac{F_k \cdot e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha}-1}, \rightarrow F_2 = \frac{F_k}{e^{\mu\alpha}-1}, \rightarrow F_k = \frac{2M_k}{D_k}, (A-19)$

Односно: $F_1 = \frac{2M_k \cdot e^{\mu\alpha}}{(e^{\mu\alpha}-1) \cdot D_k}, \rightarrow F_2 = \frac{2M_k}{(e^{\mu\alpha}-1) \cdot D_k}, (A-20)$

Тег има улогу да остварује момент кочења а електромагнет врши откочавање. Ако се постави моментна једначина у односу на тачку „О“, следи [9]:

$$\sum M_0 = 0, (A-21)$$

$$F_2 \cdot a_1 - G_p \cdot a_2 - G_{ko} \cdot a_3 - G_t \cdot a_4, (A-22)$$

$$G_t = \frac{F_2 \cdot a_1 - G_{ko} \cdot a_3 - G_p \cdot a_2}{a_4}, (A-23)$$

Ако се узме у обзир трење у зглобовима са $\eta = 0.9 \div 0.95$, онда је [9]:

$$G_{tstv} = \frac{\frac{1}{\eta} F_2 \cdot a_1 - (G_{ko} \cdot a_3 + G_p \cdot a_2) \cdot \eta}{a_4}, (A-24)$$

Ако се у претходном образцу замене вредности сила F_1 и F_2 добија се:

$$G_{tstv} = \frac{2 \cdot M_k \cdot a_1 - (G_{ko} \cdot a_3 + G_p \cdot a_2) \cdot (e^{\mu\alpha}-1) \cdot D_k \cdot \eta^2}{a_4 \cdot \eta \cdot D_k \cdot (e^{\mu\alpha}-1)}, (A-25)$$

Анализа утицаја смера обртања добоша кочнице на велчину момента кочења:

а) За смер обртања у смеру казаљке на сату (према слици):

$$F_1 > F_2, (A-26)$$

$$M_k = (F_1 - F_2) \cdot R_k, (A-27)$$

$$F_1 = F_2 \cdot e^{\mu\alpha}, (A-28)$$

$$M_k = F_2 \cdot (e^{\mu\alpha} - 1) \cdot R_k, (A-29)$$

Где је: R_k – полупречник кочионог добоша

б) За смер обртања супротан смеру казаљке на сату [9]:

$$F_2 > F_1, (A-30)$$

$$M_{k1} = (F_2 - F_1) \cdot R_k, (A-31)$$

$$F_1 = \frac{F_2}{e^{\mu\alpha}}, (A-32)$$

$$M_{k1} = F_2 \cdot \frac{(e^{\mu\alpha}-1)}{e^{\mu\alpha}} \cdot R_k, (A-33)$$

Сила F_2 је у оба случаја иста јер зависи од величине тега (тег се конструктивно



мења) [9].

Тада је: $\frac{M_k}{M_{k1}} = e^{\mu\alpha}, (A-34)$

$$M_{k1} = \frac{M_k}{e^{\mu\alpha}}, (A-35)$$

Ова особина простих тракастих кочница, да не развијају исти кочиони момент за оба смера обртања при истом тегу, отежава њихову употребу код уређаја који имају променљив смер обртања [4].

Померање траке на месту везе са полугом „ Δ “ износи: $\Delta = \varepsilon \cdot \alpha, (A-36)$

Даље следи: $h_{ko} : \Delta = a_3 : a_1, (A-37)$

$$h_{ko} = \Delta \cdot \frac{a_3}{a_1} = \varepsilon \cdot \alpha \cdot \frac{a_3}{a_1}, (A-38)$$

При избору електромагнетног подизача узима се да је: $(h_{ko})_{kat} > h_{ko}$

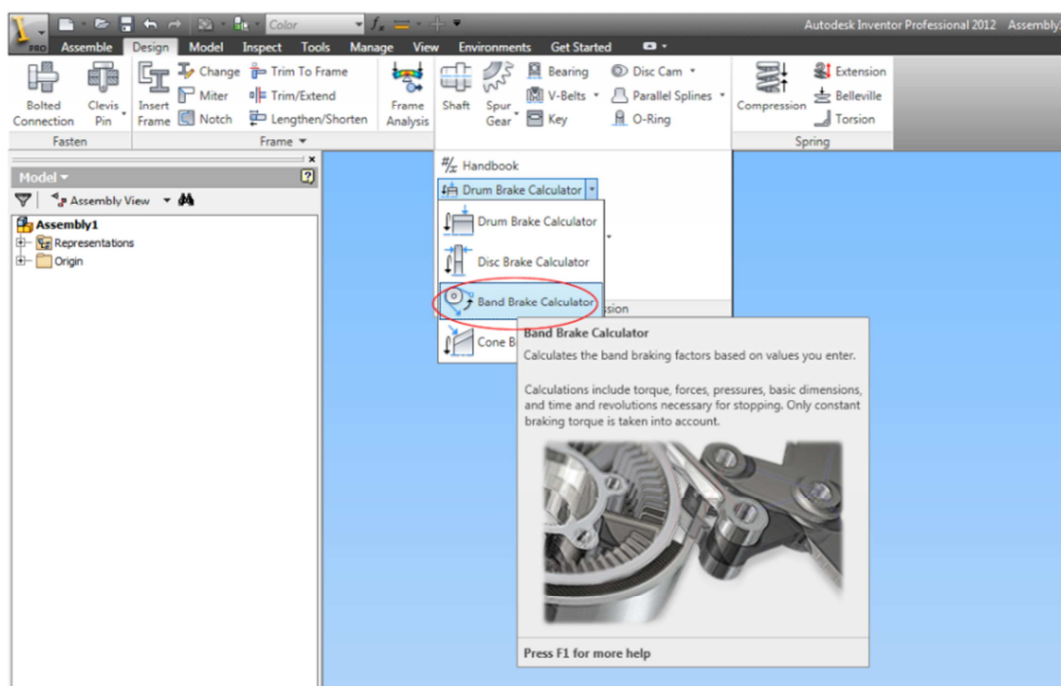
Онда је: $(h_{ko})_{kat} = \frac{1}{K} \varepsilon \cdot \alpha \cdot \frac{a_3}{a_1}, (A-39)$

Где је: $K = 0.75 \div 0.8$

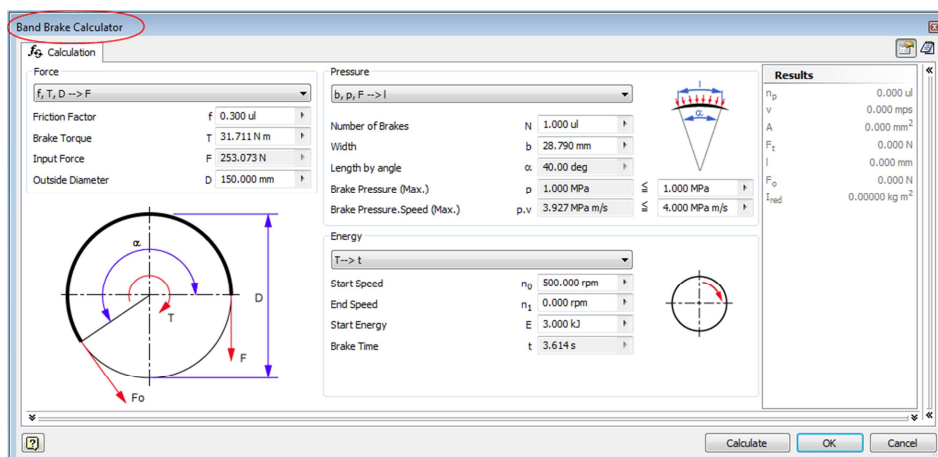
Сила електромагнетног и хидрауличног подизача [9]:

$$F_p = \frac{1}{a_3} (G_{tstv} \cdot a_4 + G_{ko} \cdot a_3 + G_p \cdot a_2) \cdot \frac{1}{\eta}, (A-40)$$

Приказани порачун просте тракасте кочнице се може израчунати преко параметарских вредности који се налазу у Autodesk-овом програму *Inventor*. У овом програму за CAD моделирање је дефинисано окружење (слика 2.13.) за просте тракасте кочнице као и параметарски прорачун (слика 2.14.). Овај начин је много лакши и прецизнији од традиционалног начина прорачунавања просте тракасте кочнице.



Слика 2.13. Окружење за тракасте кочнице у Inventor-у



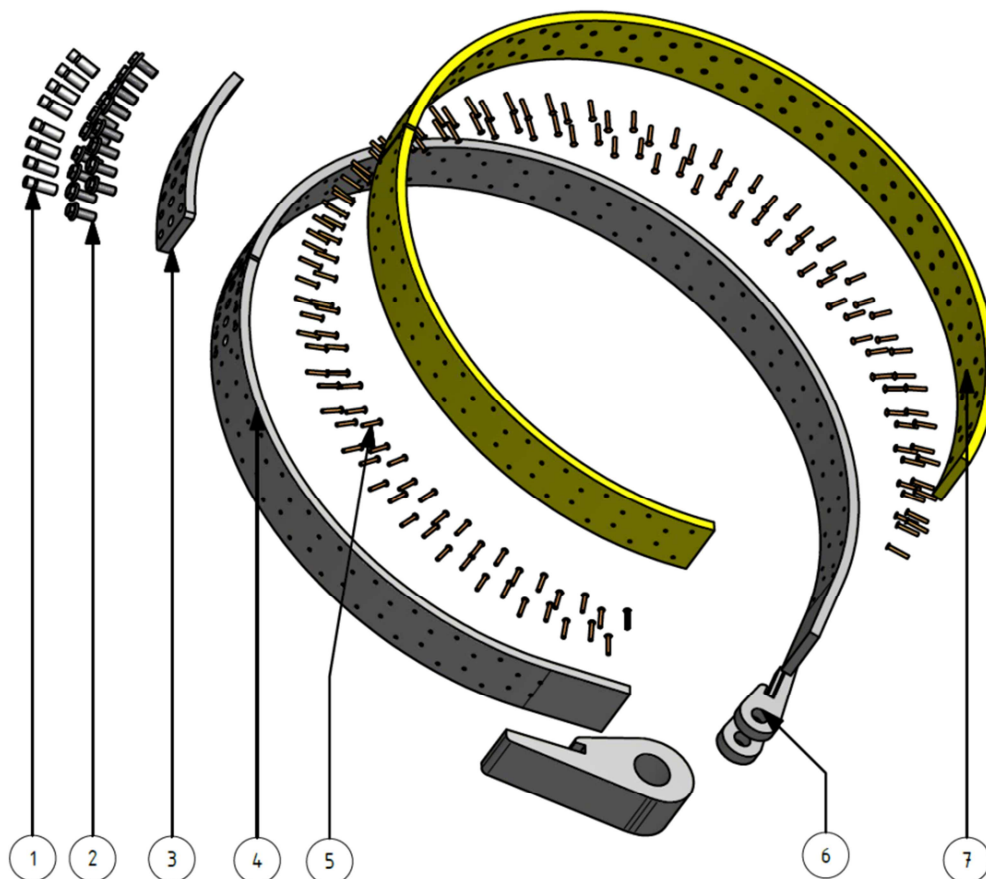
Слика 2.14. Приказ параметарског прорачуна у програму AutoDesk Inventor за CAD моделирање



2.5. Елементи тракасте кочнице за витло

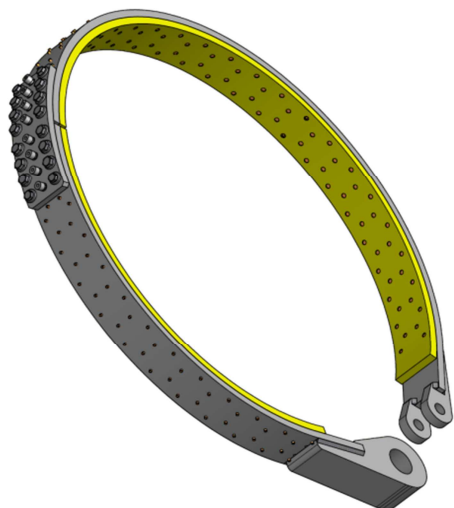
Поред основних елемената тракасте кочнице који су набројани у тачки 2.3., тракаста кочница за витло састоји се из више елемената. Ову кочницу као конструкциони подсклоп витла чине следећи елементи (слика 2.15.):

1. Чивије,
2. Завртњеви,
3. Спојница траке,
4. Челична трака,
5. Забивци (нитне),
6. Уши, и
7. Облога кочнице (ферода).

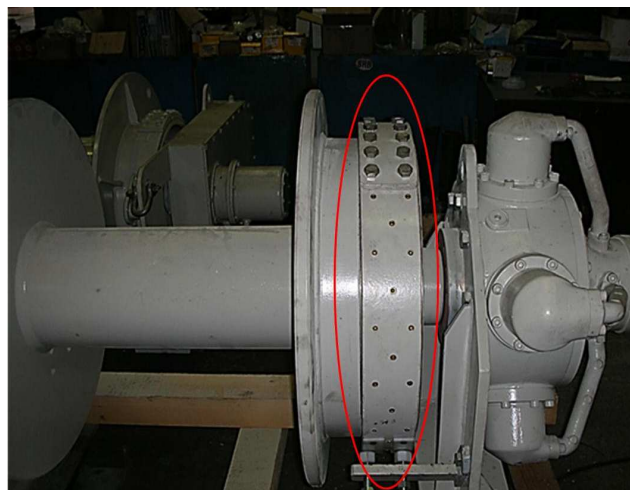


Слика 2.15. Приказ кочне у растављеном изометријском стању по елементима

Чивије и завртњеви обично су стандардни елементи, док се сви остали израђују. Пошто је кочница витла специфичног дизајна процес добијања ове кочнице састоји се из више различитих подпроцеса који ће даље бити описани у технологији добијања тракасте кочнице за витло.



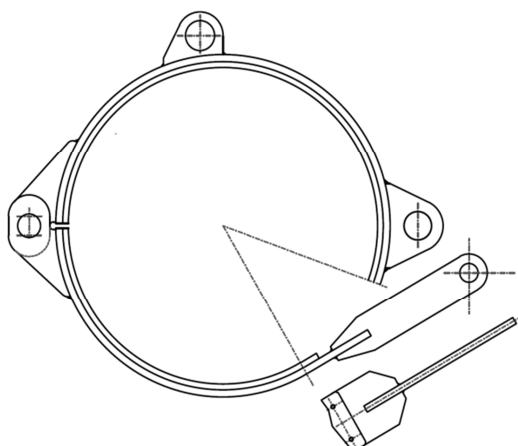
а)



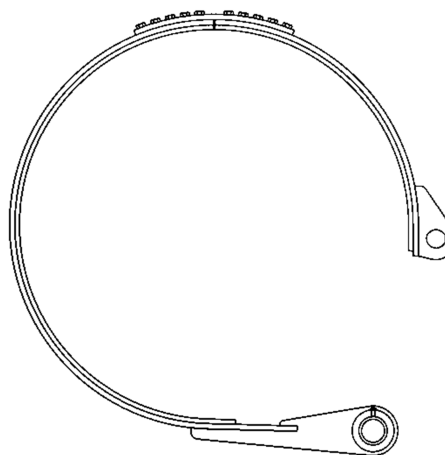
б)

Слика 2.16. а) Приказ кочнице у склопљеном стању б) витло са тракастом кочницом спремо за уградњу,

Трака појасне (или тракасте) кочнице (слика 2.15., позиција бр. 4) се у овом случају (приказаном на слици) састоји из два сегмента. Број сегмената и елемената као и сам дизајн кочнице, варира од једног до другог типа траксте кочнице за витло (слика 2.17.). Конструкционо решење кочнице се дефинише у односу на тип и карактеристике које мора да обезбеди једно витло у раду при кочењу. У неким случајевима исти тип кочнице може се користити за више типова витала. На слици су приказана два различита типа тракастих кочница за витло.



а)



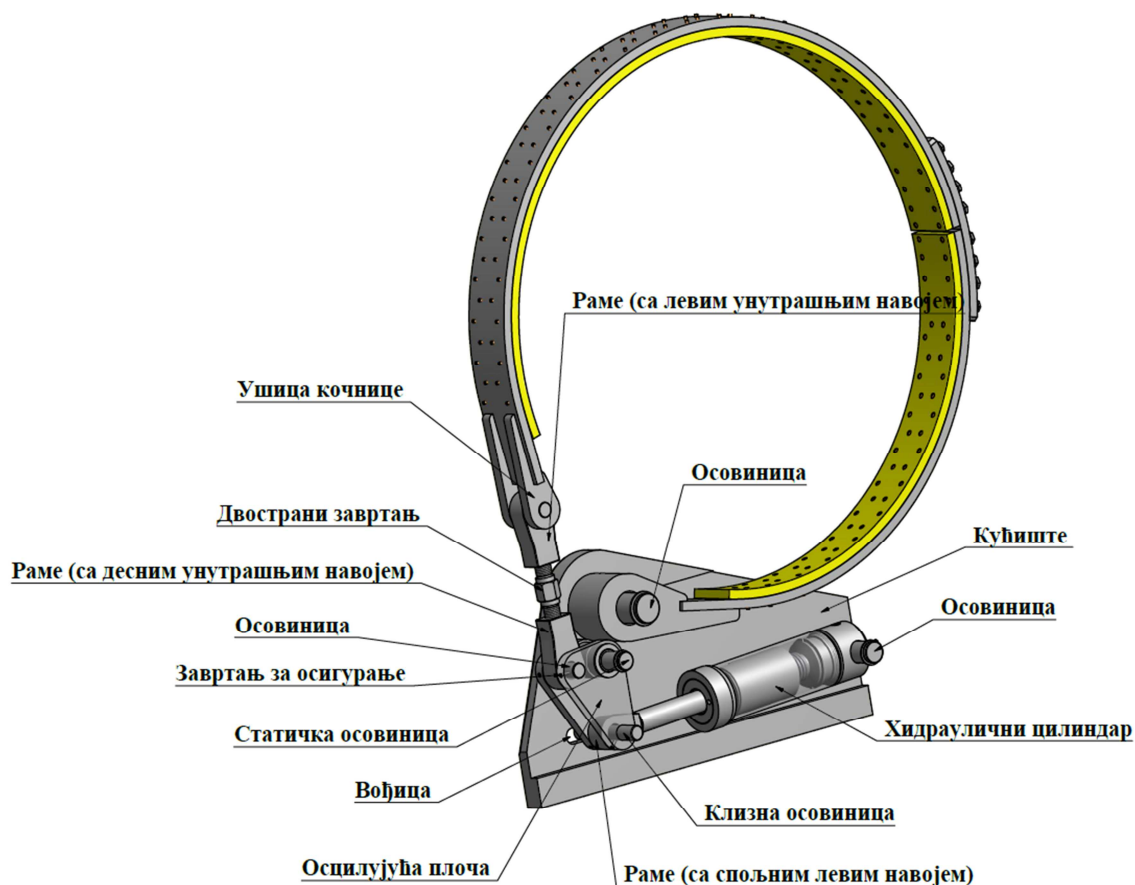
б)

Слика 2.17. а),б) Приказ различитих типова кочница са различитим обухватним углом око добоша



2.6. Принцип рада тракасте кочнице за витло

Тракаста кочница за витло ради на принципу трења које се јавља између облоге кочнице и добоша витла под дејством кочионих сила. Целокупни систем функционисања тракасте кочнице са свим њеним основним елементима приказан је у изометрији на слици 2.18.



Слика 2.18. Основни елементи система кочења уз помоћ тракасте кочнице за витло представљени у изометрији

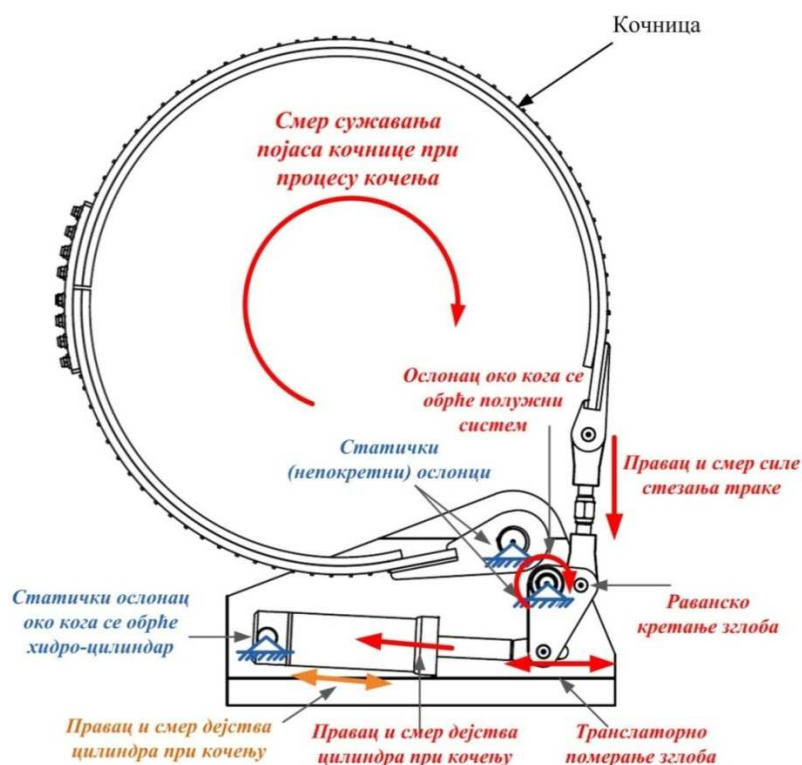
Принцип рада тракасте кочнице за витло најбоље се може објаснити уз помоћ схеме (слика 2.19.).

Основни положај тракасте кочнице за витло је положај слободног обртања добоша тј. када је систем у не-спрегнутом стању. У овом положају нема деловања кочионих сила а кочиона трака не додирује осцилујућу плочу добоша. Хидраулични клип је у крајњем десном положају у односу на цилиндар (слика 2.19.).

Притиском на дугме, под дејством хидрауличне силе клип се креће у лево и повлачи (затеже), преко осцилујуће плоче (полуге), слободан крај тракасте кочнице. Обим тракасте кочнице се смањује и она постепено а у складу са дејствујућом силом належе на добош витла и изазива све јаче и јаче трење које проузрокује кочионе силе. Ове силе успоравају обртање витла, а у крајњем у потпуности заустављају обртање добоша витла. У овом положају систем полуга је спрегнут, хидраулични клип је у

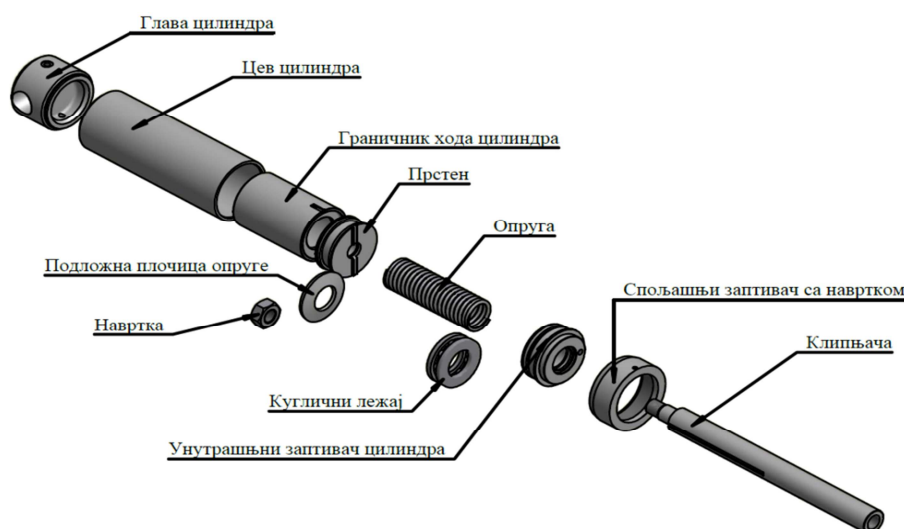


крајњем левом положају, а под дејством сила кочења добош витла се обрће око своје осе и нема намотавања (одмотавања ужета). То је други карактеристични положај кочнице.



Слика 2.19. Приказ схеме функционисања тракаст кочнице

Између ова два карактеристична положаја постоји много радних положаја кочнице у зависности којом површином кочиона трака обухвата добош и којим интензитетом (којим притиском трака делује површини добоша) врши кочење. На слици 2.20. приказани су основни елементи хидро цилиндра коришћеног за кочење тракасте кочнице за витло.



Слика 2.20. Изометријски приказ хидрауличног цилиндра у расклопљеном стању са свим његовим елементима

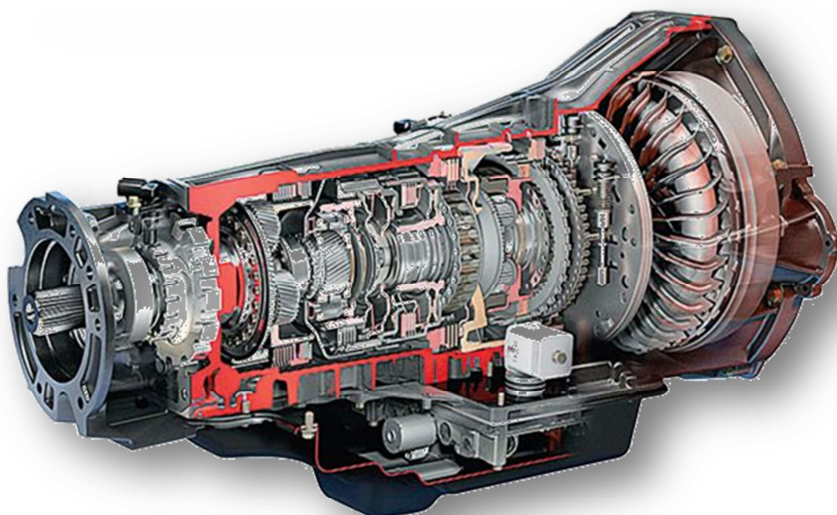


Систем кочења помоћу тракастих кочница је једноставније и јефтиније решење него код већине других кочионих система. Једини ривалитет имају са папучастим кочницама чији систем кочења и ефикасност има велике сличности са тракастом кочницом. Због своје једноставности могу се лако производити од стране произвођача витла без куповине специјалне опреме као и неопходних процеса ливења и ковања исте. Једини елемент су облоге („фероде“) које је неопходно купити на тржишту из разога различите технологије у односу на металопраћивачку индустрију (слика 2.21).



Слика 2.21. Приказ облоге тракасте кочнице

Тракасте кочнице имају велику примену у аутомобилској индустрији као што је аутоматска трансмисија (слика 2.23.), као зауставно-сигурносна кочница (у случају да не дође до инверзне ротације), за кочење добоша код транспортних машина у грађевинарству, дизалица и сличних уређаја. Овај тип кочница поред свих својих могућности може бити аутоматизован посредством PLC контролера и хидраулике што у великој мери ове кочнице користе већ дуже време [8].



Слика 2.22. Приказ аутоматске трансмисије



3. Постојећа технологија израде кочнице

3.1. Увод у технологију

Основне поставке савремене производње су, да се обезбеди што је могуће бољи квалитет производа уз минимална улагања која прате све његове фазе почев од иницирања идеје до његове успешне реализације на тржишту [11].

Систем производње се састоји из три основна подсистема која су у међусобно узајамној спрези, чији је заједнички циљ стварање рационалних и економичних материјалних добара. Ова три подсистема су:

- Техника са технологијом,
- Организација, и
- Економија производње.

Технологија је наука о материјалним средствима и поступцима, помоћу којих се одговарајућем производу, почев од сировина преко прерађеног материјала, уз коришћење природних закона, даје употребна вредност.

Организација производње обухвата распоређивање и уређивање радних ходова односно производних процеса. Она повезује и уређује елементе производње помоћу поступака, метода и средстава организације при чему су сви циљеви усмерени према оптимизацији технолошког процеса [10].

Економија производње изучава економске чиниоце и услове рационалног и ефикасног коришћења човечијег рада, средстава за рад и предмета рада у производњи [8].

Под производним процесима подразумева се све што се збива са предметима рада од уласка сировине у производњу до изласка готових производа. Производни



процеси се састоје из следећих седам елементарних процеса:

- Рад на производним радним местима,
- Контрола квалитета,
- Унутрашњи транспорт,
- Ускладиштење у производњи,
- Превентивна заштита на раду,
- Превентивно одржавање средстава за рад, и
- Обезбеђење енергије и флуида за производњу.

Процес стварања материјалних добара, који је најцелисходнији начин прописан технологијом, представља технолошки процес.

Технолошки процес се може дефинисати и као део производног процеса који је везан за редослед и начин обављања технолошких операција у којима се врши промена облика, димензија, механичких и других особина сировина или полупроизвода у циљу добијања готових производа [11].

3.2. Технологија добијања кочнице

Технологија неког дела који треба да се изradi директно зависи од програма производње, расположивости машина, стручности радника, економских и финансијских као и других производних параметара те производне компаније.

У производном програму неке фирме зависно од броја истоврсних производа разликују се три типа производње:

- Појединачна,
- Серијска, и
- Масовна.

С обзиром на то да се производне фирме за производњу витала, компоненти и подкомпоненти истих као и бродске опреме, што је овде случај, базирају на појединачној производњи на шта директно утичу жеље и захтеви купаца и других откупних мањих или већих предузећа. Из разлога што сама појединачна производња захтева софистициране и разноврсне машине, алате и опрему као и веома стручни кадар, технологија у оваквој врсти производње је веома променљива.

У појединачној производњи се одједном производи један комад или веома ограничен и дефинисан број комада неког производа или неке од компонената, склопова или делова.

За овај тип производње карактеристично је:

- Припрема (израда цртежа, разрада технолошких процеса, нормирање



рада и материјала и друго) – веома је ограничена у погледу детаља;

- Виши степен стручности извршилаца – условљен захтевима за више знања услед недостатка детаљних решења разрађених у припреми;
- Појединачна израда узрокује често промене производа у производњи па се користи универзална опрема што има за последицу веће утрошке рада, материјала и друго;
- Услед честе промене у производним програмима машине и радна места су распоређена по сличности машина, тј. групно, па је путања кретања материјала кроз погоне већа.

Технологија тракасте кочнице за витло састоји се из више операција, а то су:

1. Сечење материјала,
2. Браварске операције,
3. Израђивање малих отвора за спајање закивањем,
4. Савијање материјала,
5. Припремци за машинску обраду,
6. Припремно склапање односно хефтање,
7. Контрола,
8. Процес заваривања,
9. Контрола и испитивање заварених спојева,
10. Машинска обрада отвора,
11. Браварска операција,
12. Пескарење,
13. Метализација,
14. Спајање фероде са кочницом,
15. Монтажа,
16. Фарбање, и
17. Испитивање.

3.2.1. Сечење материјала

Сечење материјала може се вршити на више различитих начина у зависности од геометрије дела који треба да се добије, његове дебљине, радне и ергономске доступности и прилазу истог, површине која треба да се добије сечењем као и величина која треба да се добије сечењем. Из тог разлога технологија сечење се може поделити на:

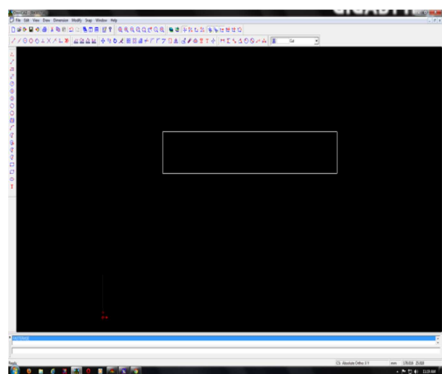
- Сечење на CNC (енгл. „*Computer Numerical Control*“)машини,



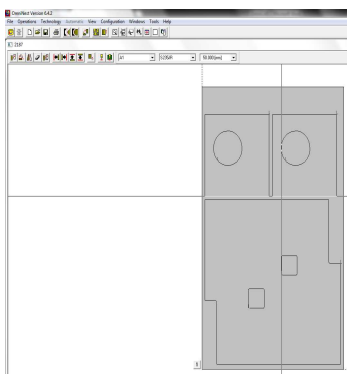
- Сечење на брениру,
- Ручно сечење,
- Сечење на циркуларној и тракастој тестери,
- Плехир маказама, и
- Друго.

У овом случају се изоди сечење плочастог материјала које се врши на МЕСЕР (енгл. „MESSER“) CNC машини за гасно-пламено сечење делова. Сечење се састоји из више производних операција које се односе како на софтверско програмирање путање сечења плочастог дела тако и на окси-ацетиленско сечење [12].

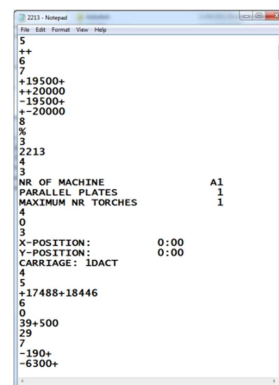
У програму ОмниЦад (енгл. „OmniCAD“) (слика 3.1 а)) дефинише се геометрија дела која треба да се исече, где се након тога шаље програму за дефинисање путање и правца сечења горионика, ОмниНесту (слика 3.1. б)). Након тога генерише се НЦ (енгл. „NC“) код (слика 3.1. в)) који се даље шаље машини на извршавање поменутог процеса.



а)



б)



в)

Слика 3.1. а) Приказ ОмниКад окружења, б) радно окружење програма ОмниНест, в) приказ НЦ кода

Након извршених свих пред-процесних операција програмирања приступа се самом сечењу (слика 3.2. а,б)) плочастог материјала за израду прстенастог сегмента тракасте кочнице [13].



а)



б)

Слика 3.2. а) Процес сечења материјала, б) приказ исеченог сегмента кочнице



3.2.2. Браварске операције

Браварске операције су све операције на неком мањем делу које радник својеручно може да уради. У ове операције спада резање метала, брушење турпијање, чишћење и одмашћивање као и многе друге операције које радник обавља.

При изради тракасте кочнице браварске операције се најчешће односе на чишћење дела од контаминације, опиљака заварених по површини и замашћених делова и елемената насталих у предходним операцијама обраде. У овим браварским операцијама се најчешће користи ручно брусно тоцило („брусилица“) ради чишћења површина као и бубњарске операције које такође спадају у браварске операције.

Чишћење и одмашћивање ситнијих делова приближне величине може се вршити бубњарском операцијом. Делови за одмашћивање стављају се у бубањ заједно са металним гранулама и средством за одмашћивање. Услед окретања бубња долази до хемијског и механичког одмашћивања делова који се касније суше и уграђују.



а)



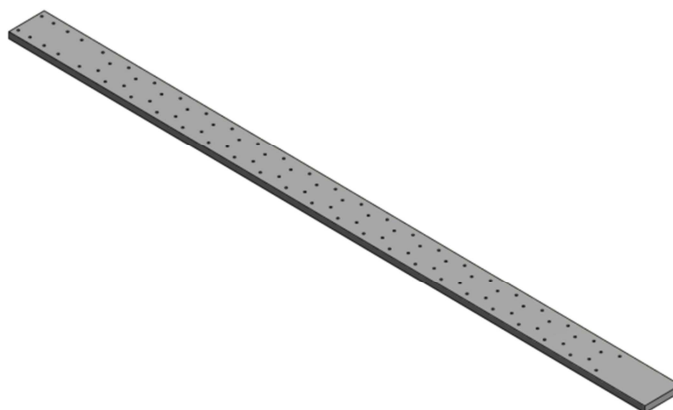
б)

Слика 3.3. а) Означавање делова, б) процес грубог обарања ивица помоћу ручног тоцила

У браварске операције такође спада утискивање и означавање појединих делова у циљу лакшег комуницирања радника при изради делова, а некада и у циљу дефинисања дела ради лакшег склапања у подсклоп или склоп неке целине.

3.2.3. Израђивање малих отвора

Израђивање малих отвора врши се операцијом бушења на већ исеченом сегменту кочнице који ће у даљој доради кочнице служити за повезивање фероде и челичног сегмента кочнице. Израда отвора врши се на стубној бушилици где се израђују отвори М8.



Слика 3.4. Приказ челичне траке кочнице у развијеном стању

Бушење је поступак израде и обраде отвора и рупа. Главно обртно и помоћно кретање изводи алат. Главно кретање је такође дефинисано брзином резања ($V, m/min$) или бројем обртаја ($n, O/min$), а помоћно кораком ($S, mm/O$ – аксијано померање алата за један обрт резног алата) или брзином помоћног кретања ($V_p = n \cdot S, mm/min$) [13].



a)



b)

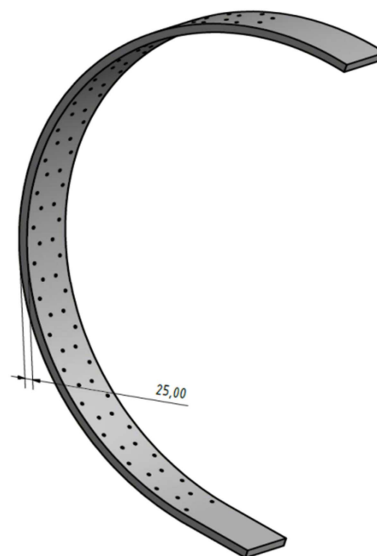
Слика 3.5. а) Стубна бушилица при процесу израде отвора, б) трака кочнице са извршеном операцијом бушења отвора

3.2.4. Савијање материјала

Савијање материјала се изводи на ручној машини за савијање челичних трака (слика 3.6. а)). У овом случају, када се израђује тракаста кочница, дебљина траке која се савија варира у зависности од типа кочнице односно витла које се израђује. (Те меродавне вредности најчешће варирају од $15 \div 30 mm$).



а)



б)

Слика 3.6. а) Машина за савијање плочстих делова, б) савијена трака кочнице приказан у изометријском погледу израђеном у CAD програму



Слика 3.7. Приказ траке спремене за наредну операцију

3.2.5. Припремци за машинску обраду

У припремке за машинску обраду спадају сви мањи или већи делови или елементи који требају да се монтирају на неки склопни или подсклопни део у циљу добијања готовог производа, у овом случају тракасте кочнице за витло. Код тракасте кочнице овог типа припремци су ушице које се заварују на поменути траку. На слици 3.8. а) су приказане уши („ушице“) тракасте кочнице које још нису подвргнуте машинској обради.



а)



б)



в)

Слика 3.8. а) елементи за спајање кочнице са полигом „уши“, б) приказ ушица у изометрији, в) сто за припремно склапање

Такође на слици 3.8. в) је приказан процес позиционирања металне траке и ушију кочнице уз помоћ стезног прибора који се налази на хоризонталном столу. Овом пред-припремном операцијом за процес закивања („нитовања“) директно се односи на квалитет и тачност завареног подсклопа тракасте кочнице.

3.2.6. Припремно склапање

Припремно склапање („хефтање“) је процес при коме се два или више делова заварују по тачкама на одрђеним растојањима у циљу грубог спајања делова, у овом случају у подсклоп тракасте кочнице.

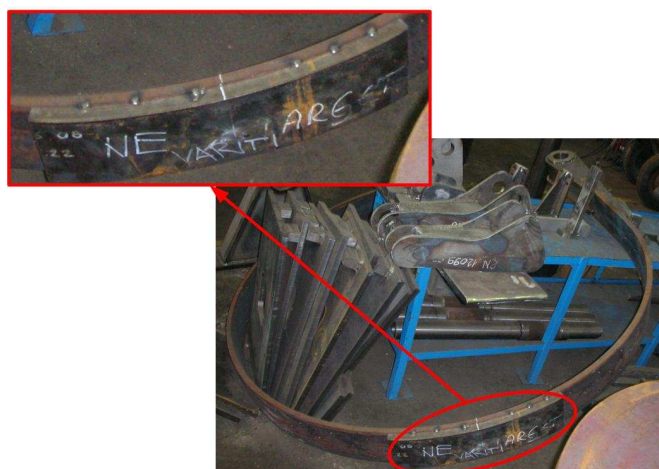
Ова операција склапања се изводи тако што се делови позиционирају на дефинисаним местима која су задата теничком документацијом, а затим стежу помоћу стезног прибора на хоризонталном столу приказаном на слици 3.9. а). После самог стежања изводи се операција заваривања по тачкама тј. такозвано спајање два дела „хефтањем“ (слика 3.9. б), в)).



а)



б)



в)

Слика 3.9. а) Позиционирање и стезање траке и везивних елемента, б), в) елемената спојен заваривањем у тачки,

У овом кораку врши се и сечење кочнице на два дела односно сегмента који се потом чврстим завртањским везама спајају у једну целину. О овом ће бити више речи у наредном описивању саме технологије израде добијања тракасте кочнице.

3.2.7. Контрола

Контрола после извршене операције припремног склапања се врши у циљу провере геометрије дела тј. врши се упоређивање са техничком документацијом која прати технолошке поступке свих делова. Некад се у процесу контроле изводе операције одмашћивања и пескарења у циљу добијања што чистијих површина на делу или подсклопу како би се исти што боље заварили или неким другим видом машински обрадили. Овај процес контролишу инжењери који заједно са радницима долазе до оптималног технолошког решења.



3.2.8. Процес заваривања

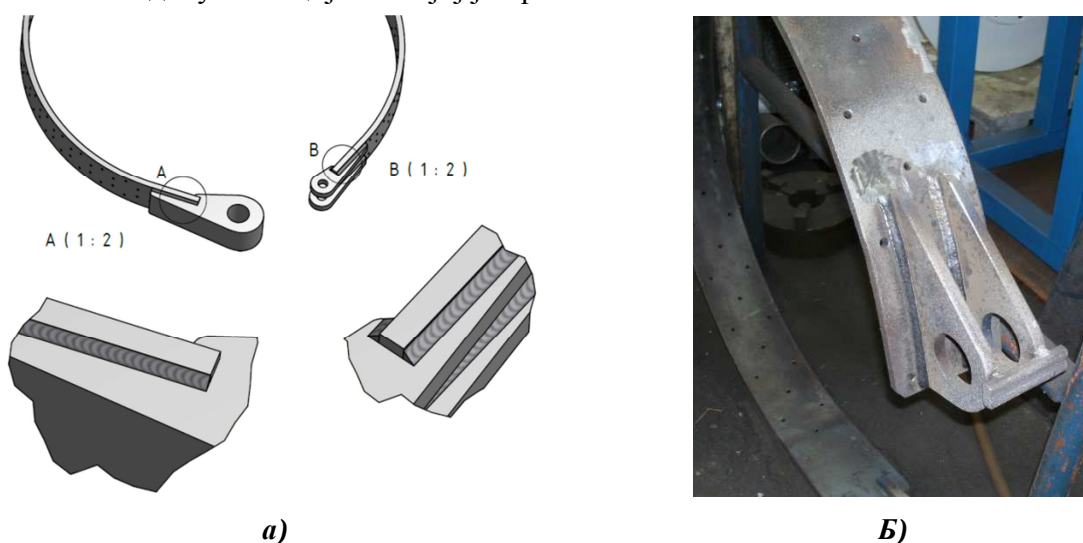
Процес заваривања се своди у овом случају на поступак електролучног заваривања у заштитној атмосфери активног гаса МАГ (135). Помоћу овог поступка се спајају два дела, у овом случају челична трака и уши кочнице у једну целину (слика 3.10. а), б)).

Електрични лук се успоставља између топлјиве жичане електроде и радног комада. Жица је укључена у струјно коло и доводи се аутоматизовано у растоп [14].

Основне карактеристике овог поступка су:

- Продуктивност (учинак) поступка је висока,
- Поступак се употребљава искључиво за заваривање нелегираних и нисколегиралих челика,
- Густина употребљене струје је промењива и варира чак до максимално 350 A/mm^2 , ж
- Минимални интензитет струје се узима као:
 $I_{\min} = 60 + 135d$ где је $d(\min)$ -пречник употребљене жице (0,6-0, 8-1, 0-1, 2-1,6mm), и
- Прелаз додатног материјала у основи, врши се у слободној запремини растопљеним великим капљицама – нормалним луком и у кратком споју – врло кратким луком (2-4) услед сила: површинског напона, електромагнетне силе и ерупције.

У свим случајевима употребљава се угљен-диоксид (CO_2), сам или помешан са кисеоником, аргоном или азотом [14]. Добијање метал шав завареног споја изводи се у два, три а некад и више пролаза у зависности од типа и дебљине материјала као и технолошке документације по којој је прописано.



Слика 3.10. а) Приказ места заваривања ушица са траком кочнице у изметрији, б) место заваара траке и усију кочнице у реалном условима



Апаратура која се користи је машина *LINCOLN Idealarc CV 420*. Поменута машина ради на 400A (ампера) и дизајнирана је искључиво да ради у свим спољашњим условима. Машина *LINCOLN Idealarc CV 420* најчешће се користи за рад на бродоградилштима, железарама и рудницама што уједно указује на њену отпорност према контаминираним окружењу у коме ради. Апарат је веома добро заштићен са спољашње стране као и ваздух који хлади машину изнутра.

Апарат *LINCOLN Idealarc CV 420* заварује са пуњеном жицом *FEROMIX* уз присуство заштите гаса са 98%CO₂ и 18%A_r, што указује да се процес заваривања одвија уз помоћ активног и заштитног гаса.



Слика 3.11. *LINCOLN Idealarc CV 420* апарат за процес МАГ 135 заваривања

3.2.9. Контрола и испитивање заварених спојева

Сваки заварени спој се мора преконтролисати и испитати. Методе контроле заварених спојева који се могу контролисати су: контрола магнетним флуксом, метода помоћу пенетраната, ултразвучна, рентгенска и испитивање ударне жилавости самог метала шави.

При контроли завареног споја на тракастој кочници користи се метода пенетраната где се откривају грешке које излазе на повешину као нпр. поре, напрслине, нехерметичност и слично. Ова метода такође спада и у најстарије методе испитивања заварених спојева [16].

Пенетранти су у ствари течности црвене боје мале вискозности (слика 3.11. а)) или течности са додацима флуоресцентних материјала. Испитивање се заснива на капиларном продирању течних пенетраната у површинске грешке и затим уочавању тих грешака. Грешке је могуће уочити након сушења пенетранта и наношења развијача



који је обично беле боје. Све грешке као што су напрслине или пукотине, веома се добро познају по јарко црвеној боји која даје контраст у односу на бели развијач нанет после сушења пенетранта (слика 3.12. б)).



а)

б)

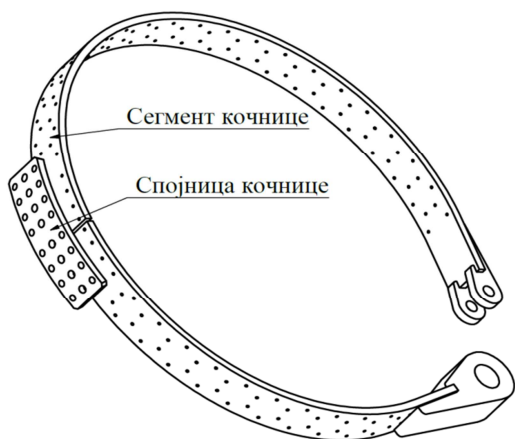
Слика 3.12. а) Тракаста кочница подрвгнута методи пенетранта, б) приказ развијача ношеног после процеса наношења пенетранта

За овај вид контроле потребно припремити: средство за чишћење површине испитиваног споја (технички-денатурисани алкохол, бензин, трихлоретилен), пенетрант и развијач.

Испитивана површина се најпре пажљиво очисти, а затим наносе пенетрант који треба да делује $5 \div 15 \text{ min}$ а након тога се могу видети све потенцијалне грешке при заваривању траке и ушију кочнице [16].

3.2.10. Машинска обрада отвора

Циљ овог процеса је добијање склопа тракасте кочнице заједно са свим њеним деловима и подсклоповима. Пошто се сама геометрија кочнице састоји из два сегмента (пакнова), неопходно их је чврсто везати и једну целину. Код овог типа тракасте кочнице сегменти се спајају са полукружном спојницом (слика 3.13. а)) у виду чврсте завртањске везе (слика 3.13. б)).



а)



б)

Слика 3.13. а) Сегменти кочнице са спојницом у изометрији, б) приказ спојнице као стварног дела

Да би се могла успоставити завртањска веза између спојнице и сегмената кочнице неопходно је користити већ израђену спојницу као шаблон при изради отвора на оба сегмента тракасте кочнице. После позиционирања спојнице и сегмената делови се фиксирају и следи операција бушења отвора. Отвори се израђују тако што резни алат (бургија) пролази кроз постојеће отворе израђене на спојници како би се израдили отвори на оба сегмента. Ова операције се примењује да би се обезбедила неопходна центричност између отвора на спојници и отвора на сегментима.



Слика 3.14. Спојница траке приказана у изометрији са везивним елементима

После успешно израђених отвора сегменти кочнице могу се проследити у следећу операцију у којој се изводи нитновање и уграђивање облоге на исте.

3.2.11. Бравасрке операције

У поновном процесу браварских операција врше се операције чишћења делова и склопова наведених у предходним тачкама. Ова операције се може подлити на више подоперација, а то су:

- Прање делова,



- Одмашћивање са и без хемијских средстава,
- Заштита навоја и навојних спојева (слика 3.15. а)),
- Заобљавање и обарање ивица на деловима, и
- Припрема за пескарење, метализацију и фарбање.



а)



б)

Слика 3.15. а) припрема делова за процесе пескарења, метализације и фарбања, б) чишћење и глачање површина

3.2.12.Пескарење

Пескарење спада у процес површинске заштите делова. Овај процес има веома велики утицај на заштиту површине неког дела који се израђује. Такође, овим процесом се скидају све ситне неравнине, прљавштина и други дефекти који се налазе на површини радног комада. Дефекти на површини радног комада могу бити изазвани услед претходне обраде (заваривања, сечења и др.) или могу бити тако добијени у виду полупроизвода [17].

Процесом пескарења се помоћу пиштоља са стабилизатором (млазним пиштољем) (слика 3.16. б)) под великим притиском избацију ситна абразивна зрна неког материјала веома великом брзином. Таквим деловањем ситних зрнаца по површини неког полупроизвода врши се скидање свих непотребних површинских дефеката, прљавштина троски и други. Апарат за пескарење поред песка може користити и друге материјале при поменутом процесу обраде. Неко од тих материјала који се широко користе су: бакарне честице, грануле шљаке, веома велики број абразива у праху, орахове љуске а некад и љуске од кокоса. Овај материјали се обично користи из разлога безбедности по здравље радника.

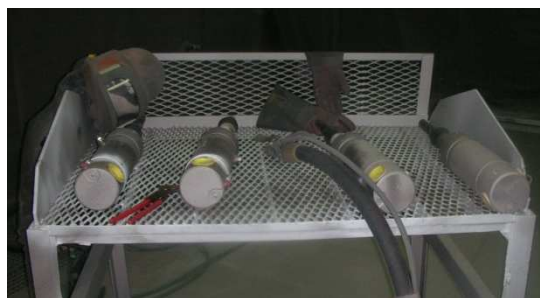


Слика 3.16. Машина за пескарење

За процес пескарења неопходно је поред специјалне радне и заштитне опреме имати и специјално опремљену просторију. Просторија која се користи при овом процесу не дозвољава расипање песка по производној хали како би пешчана прашина утицала на сам процес производње и здравље радника.



а)



б)

Слика 3.17. а) Просторија за процес пескарења, б) пиштољ за пескарење са заштитном опремом



Слика 3.18. Приказ процеса пескарења

Након процеса пескарења површине се упоређују са стандардом (ISO 8501-



1:2007) који захтева одређену финоћу обрађене површине. Ако обрађена површина обезбеди одговарајућу финоћу прописану стандардом, обрадак се прослеђује у наредну операцију. У случају да се то не деси, обрадак се поновно подвргава описаном процесу.

3.2.13.Метализација

Метализација представља поступак наношења металног слоја на површину радног комада помоћу уређаја за метализацију. То је процес пресвлачења површина металном (керамиком) пресвлаком, што се постиже распршивањем пламеном. Метализација се спроводи ради повећања отпорности на хабање, топлоту и корозију. Потребно је одабрати метале који су електропозитивнији од гвожђа (цинк, алуминијум). Ове превлаке су заштићене оксидним слојем и на тај начин штите себе и гвожђе од даље оксидације [16].

Процес термичког распршавања пламеном састоји се од загревања метала (или неметалних материјала) и његовог избацивања у атомизираним облику на подлогу дела који се обрађује. Заштитни метали се на тржишту могу наћи у облику праха, жице или керамичких штапова. Пошто се у овом случају заштитни материјал наноси у облику праха, грануле за метализацију требају имати приближно лоптасти облик пречника $10 \div 250 \mu m$ [18].



Слика 3.19. Грануле за метализацију

Метализација делова се изводи увек уз строго прописану заштитну опрему коју чини: заштитна кацига, одело и рукавице. Ово је неопходно због тога што се у процесу метализације стварају велике концентрације штетних материја које загађују ваздух. Да би се тровање радника током процеса метализације избегло неопходан је довод кисеоника цревом директно на заштитну кацигу.



Слика 3.20. Метализација делова

Оптимални временски рок за процес метализације делова је 8 сати по извршеном процесу пескарења. У случају да прође 24h од процеса пескарења метализација се не сме примењивати, већ делове треба поновно пескарити.

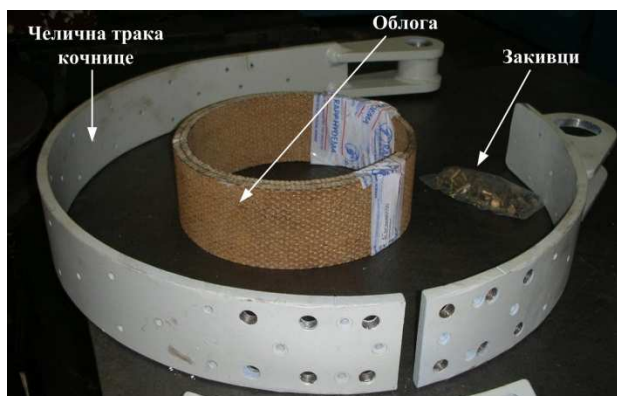
После успешно извршене метализације врши се заштитно премазивање и фарбање.

3.2.14. Спајање фереде са кочницом

Спајање фереде са кочницом се ради након свих извршених предпроцесних операција добијања подсклопа кочнице. тј. свих неопходних главних делова за добијање тракасте кочнице (слика 3.21.).

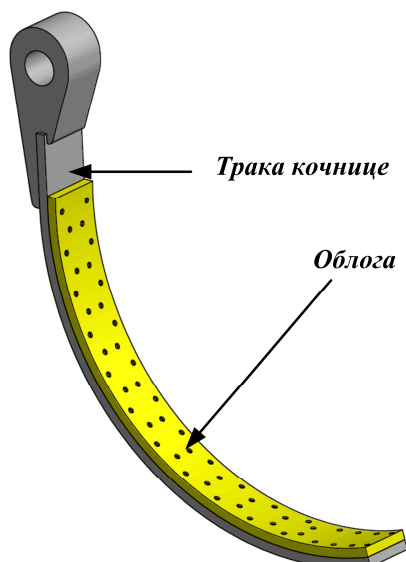
Овај процес се састоји из три корака, а то су:

1. Сечење фереде,
2. Бушење фереде, и
3. Закивање („нитовање“).



Слика 3.21. Приказ свих неопходних делова за склапање тракасте кочнице за витло

Дужина фереде директно зависи од пречника кочнице која се уграђује на витло. Унутрашњи обим тракасте кочнице мора да буде исте величине као и спољашњи обимом фереде, како би облога налегла на кочницу.



Слика 3.22. Изометријски приказ траке и облоге кочнице

Израђивање отвора на фероди изводи се тако што претходно израђени отвори на челичној траци кочнице служе за вођење алата (у овом случају бургије као резног алата) при изради отвора на њој. Након извршене операције са друге стране фереде се упуштају отвори задати у технолошкој документацији.

Након обрађене фереде следи процес спајања фереде и траке кочнице поступком ручног закивања. Овај поступак изводи се тако што се претходно позиционирани закивак заједно са траком и облогом, помоћу импровизованог алата, закива и самим тим спаја облогу и траку у једну целину. Тако цепање закивка по површини челичне траке кочнице врши спајање траке и фереде у чврсту целину (слика 3.22.).



а)



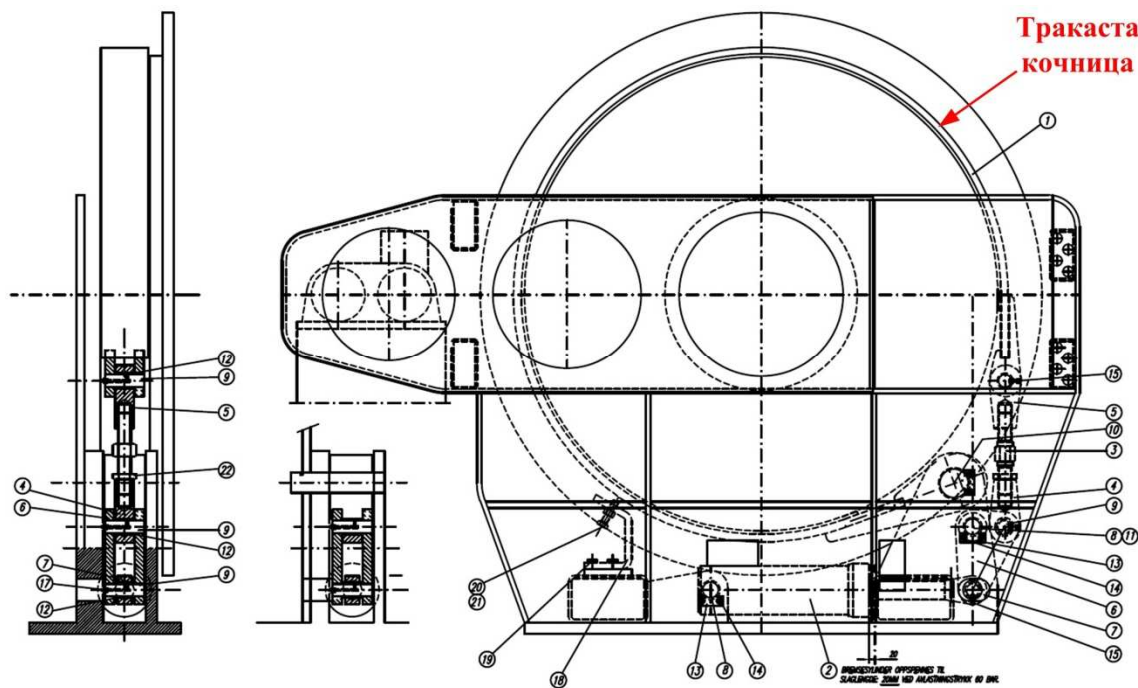
б)

Слика 3.23. а) Алат за закивање тј. спајање траке и облоге кочнице, б) Приказ након закивања траке и облоге тракасте кочнице

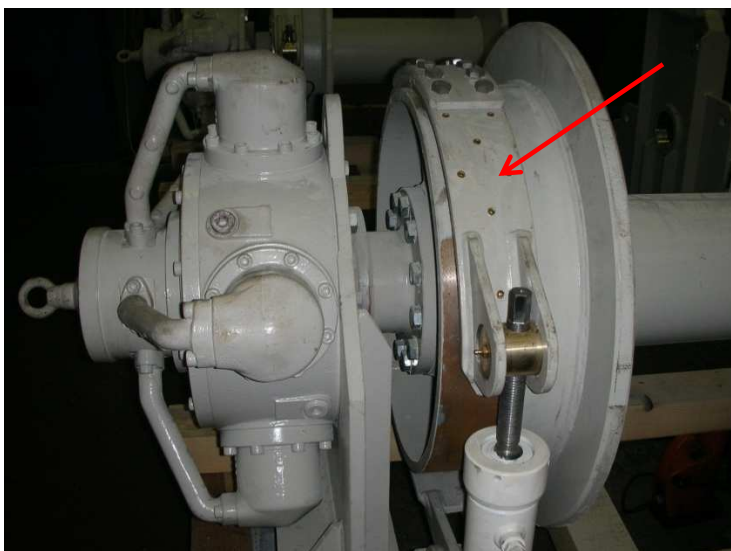


3.2.15.Монтажа

Пошто су сви производни процеси извршени приступа се монтажи. Монтажа, односно позиционирање тракасте кочнице прописано је конструкторивном документацијом.



Слика 3.24. Конструкциони цртеж склопа кочнице са витлом



Слика 3.25. Приказ траксте кочнице на израђеном витлу



3.2.16. Фарбање

Фарбање готовог производа се одвија у два процеса а то су:

1. Фарбање кочнице после израде, и
2. Фарбање кочнице заједно са витлом.

Основно наношење боје је после израде сваког дела, и то је процес кроз који сваки део мора да прође и који спада заједно са пескарењем и метализацијом у процес заштите површина. Другом процесу фарбања је подвргнут склоп витла заједно свим њеним компонентама.



а)



б)



в)



г)

Слика 3.26. а) Приказ израђеног витла пред процес фарбања целог склопа, б) витло након фарбања, в) просторија за фарбање мањих делова, г) приказ офарбаног робуснијег витла офарбаног у машинском парку

Процес фарбања мањих делова се одвија у посебно изолованим просторијама (слика 3.26. а)), док се робуснија витла фарбају у шатору изван производне хале и у крајњем случају када су димеције витла веома габаритне процес фарбања се врши у самој хали без присуства радника на другим процесима обраде. По завршеном фарбању витла, витло се чисти и пере, након чега се пласира на тржиште.

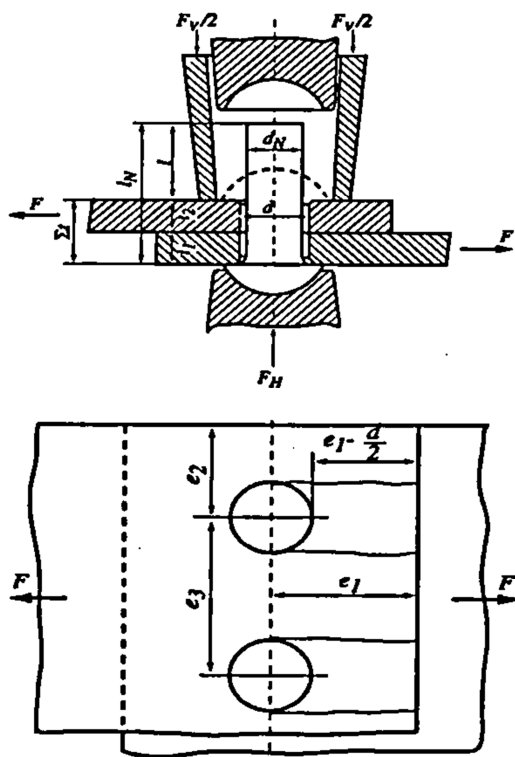


4. Ангажовање машине и рад режисјских и производних радника у процесу закивања

4.1. Заковани спојеви

Заковани спојеви су чврсти спојеви машинских делова који се, једном спојени, не могу без разарања раздвојити. Остварују се помоћу закивака који се постављају у припремљене отворе делова и закивају.

Примењују се за спајање лимова, профила и делова машина мале дебљине.



Слика 4.1. Приказ машинског закивања

Закивање као поступак спајања машинских делова, у знатној мери потиснуло је технологију заваривања. Међутим, због високог степена поузданости закованих спојева њихова примена је још значајна у мостоградњи, градњи дизалица и кранова, а посебно при спајању лимова, профила и других делова мале дебљине израђених од лаких метала и њихових легура. Примена закованих спојева нарочито је заступљена у изградњи ваздухоплова и возила. Закивци се састоје од стабла и главе. Предност се даје закивцима са полукржуном главом док се остали закивци користе само у посебним случајевима [19].

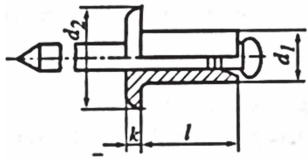
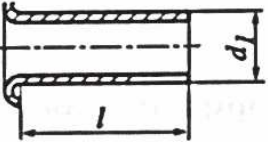
У табели 4.1. приказане су врсте стандардних закивака, њихов облик, основне мере, материјал, од кога се израђују и њихова намена.



Табела 4.1. Стандардни облици закивака [19]

Облик закивка	Назив закивка	Основне мере, mm	Материјал	Примена
	Ca полукруглом главом	$d_1 = 10 \dots 36$ $d_2 = 1,6d_1$	ČZ340 CZ440	Машиноградња, челичне конструкције
		$d_1 = 1 \dots 8$ $d_2 = 1,75d_1$	ČZ340 ČZ440 Al99,5 AlMgSi1	Машиноградња, челичне и Al конструкције
	Ca упуштеном главом	$d_1 = 10 \dots 36$ $\alpha = 45^\circ, 60^\circ$	ČZ340 ČZ440	Машиноградња када је потребно да површине буду равне
		$d_1 = 1 \dots 8$ $d_2 = 1,75d_1$	ČZ340 ČZ440 CuZn37 Al99,5 AlMgSi1 AlMg5,2	Машиноградња када је потребно да површине буду равне
	Ca сочивастом главом	$d_1 = 1,6 \dots 6$ $d_2 = 2d_1$	ČZ340 ČZ440 CuZn37 Al99,5	За мања оптерећења
	Ca полуокруглом главом и већим пречником d_2	$d_1 = 1,4 \dots 6$ $d_2 = 2,5d_1$	ČZ340 ČZ440 Al99,5 AlMgSi	За спајање делова мање чврстоће
	Ca упуштеном главом	$d_1 = 3 \dots 5$ $d_2 = 2,75d_1$	ČZ340 Cu Al99,5	За каише и меке траке



	Са цилиндричном главом	$d_1 = 2,4 \dots 6,4$ $d_2 = 2d_1$	Al99,5 C_u C_uS_n ČZ340	За делове мале дебљине приступачне за закивање са једне стране
	Цевасти	$d_1 = 1 \dots 10$	ČZ340 Al99,5 C_uZ_n37	За металне и неметалне делове

Поред стандардних закивака постоје и нестандартни који служе за посебну намену или неку софистицирану опрему. Једна од нестандартних закивака је и полуцеваст упуштен закивак приказан на слици 4.2.



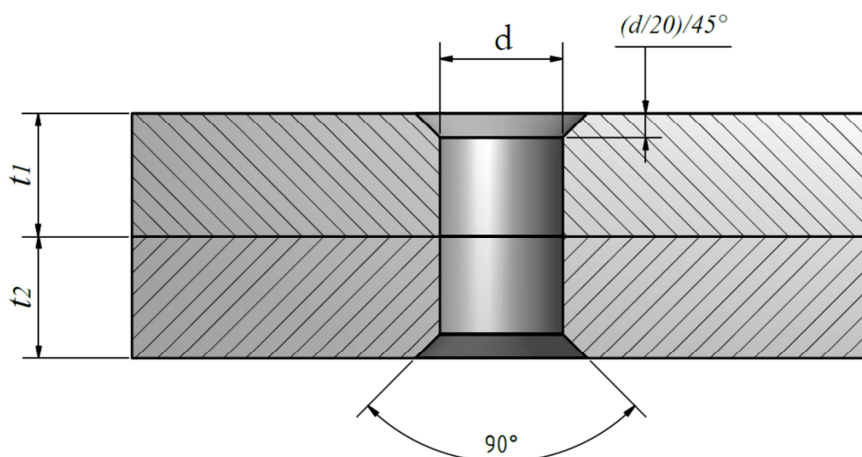
Слика 4.2. Приказ нестандартног полуцевастог закивака у реалном стању

Закивци и делови који се закивају треба да буду од истог основног материјала, јер при разлици у врсти материјала постоји опасност од корозије и лабављења закованог споја.

У градњи челичних конструкција се као материјал за закивање употребљава челик Č.0245 са средњом границом течења $ReH = 235 \text{ N/mm}^2$ и челик Č.0445 са $ReH = 335 \text{ N/mm}^2$ код закивања делова високе чврстоће [19].

За закивање лаких метала и њихових легура првенствено се користе закивци израђени од алуминијумских легура и то: $AlMgSi1$, $AlMg5$ и $AlMg2$. Само у посебним случајевима се лаки метали и њихове легуре спајају закивцима од челика или титана.

Закивци од челика са пречником стабла $d_1 \leq 8 \text{ mm}$ и сви закивци од легура лакних метала закивају се у хладном стању, а челични закивци пречника стабла $d_1 \geq 10 \text{ mm}$ у топлом стању загрејани на $\approx 1000 \text{ }^\circ\text{C}$.



Слика 4.3. Облик и мере за челичне заківке при топлом закивању

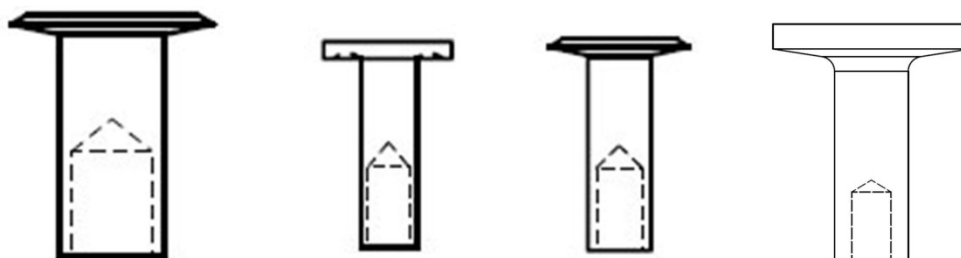
Глава заківка подупире се обликованим држачем па се притиском обликача формира венац на врху главе заківка. При машинском закивању утискивање материјала је непрекидно што омогућава да материјал заківка у потпуности попуни рупу за закивање. При закивању ручно, помоћу пнеуматског чекића, попуњавање рупе за закивање није равномерно [19].

После закивања крупних закивака у топлом стању, заківци се хладе и скупљају по дужини и пречнику услед чега притискају састављене делове. Пошто је напрезање услед скупљања пропорционално дужини стабла заківка, укупна дебљина састављених делова треба да буде $\sum t_i \leq 4d$ (А-41).

Рупе за закивање добијају се бушењем или пробијањем (само за спојене делове од лаких метала и њеихових легура). Пробијене рупе се накнадно буше или разврћу како би се одстраниле евентуалне прскотине на омотачу рупа. Рупе за заківке упуштају се за приближно $d/20$ под углом од 90° да би се добио постепен прелаз од главе ка стаблу [19].

4.1.1. Полуцевасти заківци

Полуцевасти заківци се користе за спајање тракасте кочнице и облоге код витла за бродове, грађевинских дизалица, кранова, аутомобилских витла у функцији шлепа и др. Из тога следи да се овим типом заківка најчешће спајају различите врсте материјала како различити метали, тако и метали са неметалима.



Слика 4.4. Различити типови и величине полуцевастог заківка

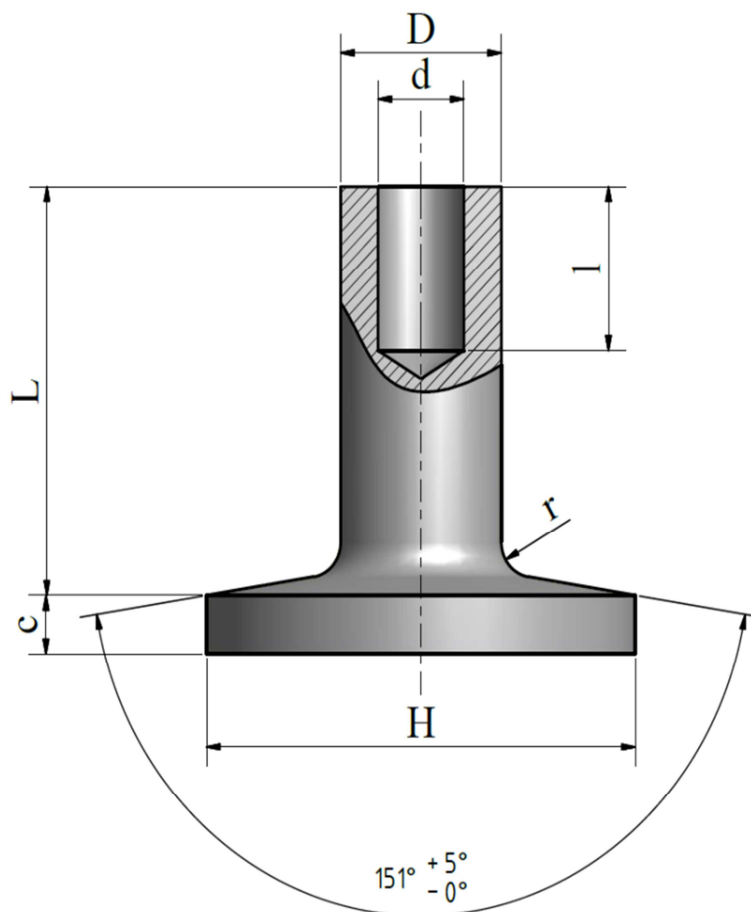


Легуре које се најчешће користе за израду овог типа полуцевастог закивка приказане су у табели 7.2. У поменутој табели је такође описан наведени материјал који се највише садржи у свакој легури која је дефинисана у табели.

Табела 4.2 Легуре коришћене при изради полуцевастог закивка

Материјал (легура)	Материјал који је највише садржан у легури
$AlMgSi3$	Највећи проценат алуминијума
$AlMg3$	Највећи проценат алуминијума
$CuZn37$	Највећи проценат месинга
$SF - Cu$	Највећи проценат бакра
Č 1006	Челик

Техничка спецификација и димензимносање полуцевастог закивка



Слика 4.5. Приказ техничке спецификације полуцевастог закивка

При процесу спајања два дела (у овом случају траке и облоге појасне кочнице) врат полуцевастог закивка при врху посредством силе алата утиче на ширење унутрашњег пречника закивка. Овај процес функционише по принципу преклопа



између алата чији је номинални пречник већи у односу на унутрашњи пречник отвора закивка. У току ове операције сам врх поменутог закивка се шири и тиме везује два материјала (траку и облогу тракасте кочнице) у чврсту везу [20].

Да би се посредством закивка створила чврста веза између два дела неопходно је правилно димензионисање закивка. Из разлога што на закивак између два дела делују силе смицања, неопходно је да закивак обезбеди довољну силу реакције која ће осигуравати да не дође до раздавања два дела у чврстој вези. Из тог разлога неопходно је димензионисање закивака у односу на делове који се требају закивати (траку и облогу кочнице).

Димензионисање закивка се прорачунава према образцу:

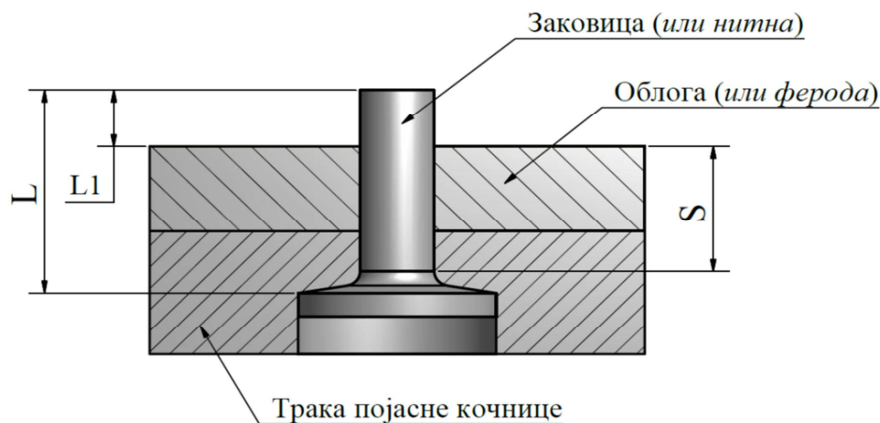
$$L = S + L_1, (A-42)$$

где су:

L – дужина закивка,

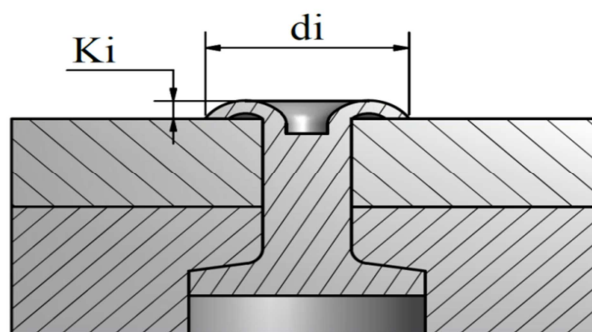
S – дужина закивка који заједно са деловима чини чврсту везу,

L_1 – дужина препуста закивка пре савијања



Слика 4.6. Димензионисање закивка у недеформисаном стању

Након процеса закивања врх полуцевастог закивка се пластично савија па се након овога процеса остварује чврста веза између траке и облоге кочнице. Димензионисање пластично деформисаног закивка приказано је на слици 7.6. при којем се димензионишу дебљина врха закивка која је деформисана и спољашњи пречник деформисаног врха закивка [20].



Слика 4.7. Приказ димензионисања закивка после процеса закивања



где су:

K_i – ширина деформисаног врха полуцевасте закивка,

d_i – спољашњи пречник деформисаног врха закивка

4.2. Процес закивања облоге тракасте кочнице

Процес спајања тракасте кочнице и облоге за витло представља механички технолошки процес где се под дејством аксијалне силе на закивак, пластичним деформисањем посиже цеврсти спој. Закивање се врши на халадно помоћу посебног алата и прибора и опремом која ће генерисати потребну силу. За спајање се користе полуцевасте месингани закивци. Претходно су избушене одговарајуће рупе на траци кочнице као и облози.

Процес обраде обухвата следеће подоперације:

- Увођење закивка у одговарајуће рупе,
- Закивање (пресовање), и
- Контрола квалитета.

Увођење закивка (слика 4.8. а)) може бити ручно или помоћу посебно израђеног прибора који омогућава једновремено увођење два или више закивка. Ручно увођење закивка у фабрици РАПП ЗАСТАВА врши радник помоћу чекића док други радник придржава траку кочнице.

Закивање може бити ручно, пнеуматским чекићем, или хидрауличном пресом. У фабрици РАПП ЗАСТАВА врши се ручно закивање које обављају два радника помоћу импровизованог алата (слика 4.8. б)).

Ручно закивање захтева физичко напрезање радника, неједнако је и недовољно поуздано. Често доводи до оштећења закивка и губљења времена у отклањању кварова.

Након закивања врши се контрола деформисаног врха закивка визуелно и методом мерења.



а)



б)

Слика 4.8. а) Приказ увођења закивка, б) ручно закивање



4.3. Ангажовање машина и рад режиских и производних радника

Процес закивања кочионе траке и облоге представља једну операцију у технолошком процесу производње тракасте кочнице за витло. Под појмом операције подразумева се обрада предмета обраде на једној машини, односно на једном радном месту уз једну примену машине. Операција закивања обухвата три под операције које су наведене у предходној тачки и то: *увођење закивака, закивање, и контрола квалитета*. У фабрици РАПП ЗАСТАВА све наведене подоперације обављају се ручно без ангажовања машине. Операцију у целини обављају два радника на једном обичном столу на коме је причвршћена стеге. Увођење закивака у већ претходно избушене рупе врши радник уз помоћ чекића.

Закивање, односно деформисање врха закивка се обавља уз помоћ стеге на столу и коришћењем импровизованог алата. Један радник постави главу закивка на обликовани држач који је причвршћен стегом а други радник поставља обликач на отвор полуцевастог закивка и удара неколико пута чекићем док се врх закивка не деформише у жељени облик.



а)



б)

Слика 4.9. а) Приказ обликача, б) слика стеге и држача

Карактеристике ручног начина обраде закивањем огледају се у следећем:

- Квалитет закивања зависи искључиво од обучености и вештине радника,
- Постоји велики ризик од повреда радника у току обраде,
- Присутство временских губитака у току обраде је велико,
- На једном радном месту ангажована су два радника што умањује продуктивност рада,
- У току обраде често долази до оштећења закивка,
- Ручна обрада изискује велико физичко напрезање радника,

Наведе карактеристике указују на потребу израе одговарајућих прибора и алата као и прелаз на машинску обраду.



5. Предлози за побољшање стања преко увођења специјалних прибора и алата

5.1. Место и улога стезних прибора

Стезни прибори како је наглашено, јесу обавезни материјални чинилац обрадног система. Њиховом применом, у односу на рад без њих, долази се до побољшања низа техноекономских ефеката. Ефекти примене стезног прибора оглдају се кроз [21]:

- Исправно базирање радног предмета (или алата) на машини у односу на захтеване конструктивне базе, чиме се избегава потреба за појединачним обележавањем предмета обраде, а и знатно скраћује припремно (помоћно) време,
- Смањење грешака тачности димензија при постављању предмета обраде у стезни прибор, независно од вештине радника, што је јдан од предуслова за могућност спровођења принципа замењивости готових производа,
- Највеће могућности искоришћења перформанси постојећег машинског парка,
- Повећање продуктивности алатних машина,
- Олакшавање рада радника и реалније обезбеђивање норматива рада, и
- Успешније координирање радних времена у функционалној, а посебно у линијски организованој производњи [21],

Повећање техно-економских ефеката уз примену помоћних прибора може се сагледати кроз:



- Скраћење времена и повећање поузданости одређивања радног положаја (локације) предмета обраде и алата,
- Скраћење времена за стезање предмета обраде или алата,
- Скраћење времена обраде [21],
- Могућност примене радника нижих квалификација уз истовремено обезбеђивање потребног квалитета и производности,
- Смањење физичког замора радника,
- Снижење процената шкарта [21], и
- Уштеде у служби контроле и смањење броја потребних мерних прибора.

5.2. Класификација помоћних прибора

Подела помоћних прибора на различите класе или групе могућа је, у општем случају, на основу неколико критеријума:

- Према виду радног поступка,
- Према континуалности рада,
- Према степену механизације,
- Према степену универзалности,
- Према броју предмета обраде који се истовремено стежу и обрађују, и
- Према конструктивно-експлоатационим карактеристикама [21].

У даљем излагању првенствено ће бити речи о приборима који се примењују у оквиру обраде метала резањем. С тог аспекта могућа је даља подела прибора на:

- Помоћне приборе намењене стругарској обради,
- Помоћне приборе намењене обради на глодалицама,
- Помоћне приборе намењене обради на бушилицама,
- Помоћне прибор намењене обради на брусилицама [21],
- **Помоћне приборе намењене осталим врстама обраде.**

Према континуалности рада, код помоћних стезних прибора, могуће је или не прекидање радног циклуса у којима су, у потпуности одвојени помоћни и радни периоди са различитим степеном преклапања помоћних и главних времена израде.

У погледу степена механизације помоћних прибора постоје два гранична стања, односно:

- Прибори са искључиво ручним послуживањем, и



- Прибори са потпуном аутоматизацијом целокупног рада.

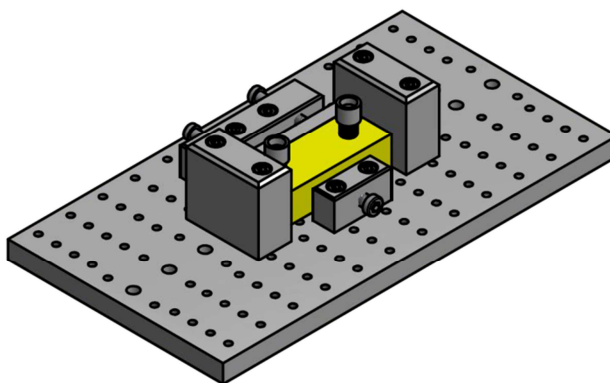
Између ова два гранична стања присутан је велики број решења различитог степена механизације:

Степен универзалности прибора може бити различит. На пример, многу бити стандардизовани прибори за делове различитог облика (стезач са трима чељустима, обртни шиљци и слично) [21].

Према броју предмета, или алата који се истовремено стежу у помоћном прибору разликују се прибори за стезање једног или више алата.

Према намени могућа је даља подела помоћних прибора на четири категорије:

- Прибори опште намене (универзални),
- Прибори универзалне намене (специјални),
- Групни помоћни прибори, и
- Агрегатни – модуларни или монтажно демонтажни прибори.



Слика 5.1. Приказ специјаног прибора који се поставља на сто машине за закивање

Прибор индивидуалне намене или специјални стезни прибори су једнонаменски производи намењени одређеној производној операцији односно базирању и стезању одређених предмета обраде. Примњују се у серијској, масовној производњи а некад и појединачној [21].

У случају прибора приказаном на слици 5.1. који припада специјалном алату има могућност брже монтаже и демонтаже као и стезања различитих геометрија доњег алата па и неких геометрија радних комада.



5.3. Основни принципи пројектовања стезних прибора

Како је раније наглашено, стезни прибори представљају неопходан материјални чинилац сваког обрадног процеса односно елемент обрадног система „*алат – машина – предмет обраде – стезни прибор*“. При пројектовању стезни прибор треба разматрати, не као статички, већ насупрот томе као елемент сложеног динамичког система. С тим у вези, стезни прибор представља засебну конструкцију која треба да задовољи задате функције циља при дејству сложених динамичких оптерећења и других утицаја [21].

При пројектовању стезног прибора треба испоштовати основне принципе пројектовања од којих се могу издвојити следећи:

- Функционалност,
- Поузданост,
- Технологијачност израде,
- Економичност,
- Лакоћа опслуживања,
- Ергономски аспект, и
- Цена.

Основна намена стезног прибора је реализација производне операције, захвата или производа у опште. При томе стезни прибор треба да омогући задовољење свих захтева по питању остварења кота и захтеваног квалитета обрађених површина, односно да омогући поуздано базирање и стезање предмета обраде [21].

При пројектовању треба тежити задовољењу основне функције прибора, тј:

- Функционалност прибора,
- Висока поузданост прибора,
- Лакоћа опслуживања,
- Безбедност рада, и
- Ниска цена прибора.

5.4. Идејно решење стезног прибора и алата при закивању

У претходној области (глава 4.2 и 4.3.) указано је на тренутне проблеме који се јављају у процесу закивања тракасте кочнице, у виду неадекватног позиционирања тракасте кочнице и обраде закивка. Као што се види на слици 5.2. процес закивања се своди на неадекватно стезање и позиционирање радног комада где поменуте процесе замењује радник који држи (ручно) кочницу и облогу у току закивања. Детаљном



анализом постојећег стања дошло се на идеју пројектовања специјалног алата и прибора намењеног позиционирању траке и обради полупреставог закива при спајању траке и облоге.

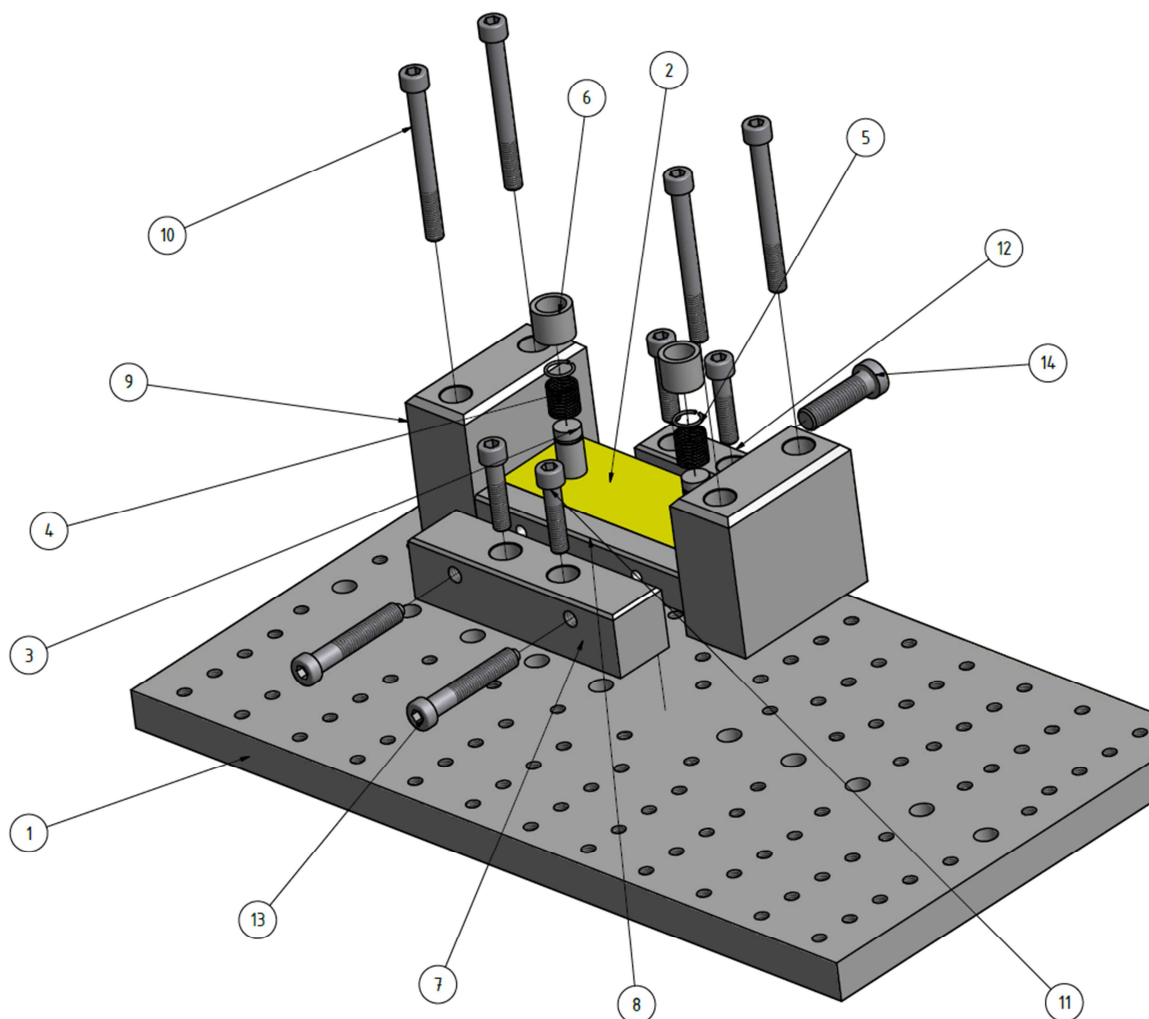


Слика 5.2. Приказ процеса закивања тракасте кочнице и облоге у фирми РАПП ЗАСТАВА

Да би се дошло до квалитетног процеса закивања неопходно је радни комад сегнути и позиционирати на прави начин. Правилно стезање је неопходно да би се радни комад што боље припремио за процес закивања како би се добио што квалитетнији израдак тј. тракаста кочница у овом случају.

Пошто производна компанија *RAPP ZASTAVA* према врсти производње припада појединачној производњи што резултује оптимизацију и унификацију технологије, пројектовање стезног прибора свело се на специјални стезни прибор алата са могућношћу стезања различитих геометрија у различитим положајима. Такође овај прибор може се дефинисати и као специјални прибор због своје геометрије отвора на базној плочи и стезача (слика 5.3.). Пошто су сви услови који укључују софистицирану опрему, машине као и могућност израде овог прибора узети како би се дошло до чињенице да би поменути прибор био најотималнији и најрентабилнији код оваког облика производње. Такође модулни прибор би задовољио стезање различитих геометријских облика радног комада као и различитих операција које се примењују у циљу добијања готовог дела.

На слици 5.3. приказан је специјални стезни прибор доњег алата (у изометријском погледу са позицијама) првенствено пројектован у циљу стезања и позиционирања радног комада при процесу хладног закивања полупреставих закивака.



Слика 5.3. Приказ специјалног стезног прибора пројектованог за процес хладног закивања у растављеном изометријском приказу са дефинисаним позицијама

У табели 5.1. дефинисани су сви елементи специјалног стезног прибора и доњег алата приказаног на слици 5.3.



Табела 5.1. Позиције свих делова стезног прибора

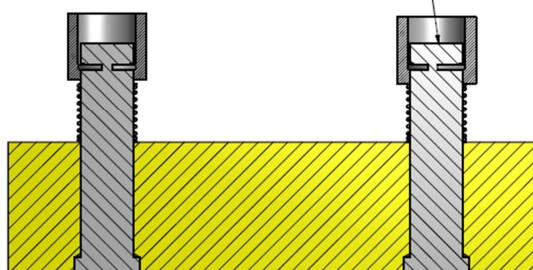
Бр. позиције	Назив дела
1	Базна плоча
2	Доњи део алата за вођење чивије која базира закивак
3	Обликовани држач закивка
4	Опруга
5	Еластични прстен (прстенасти ускочник или зегеров прстен)
6	Дистантна чаура
7	Регулишући ослонац
8	Плочица регулишућег ослонаца за позиционирање доњег дела алата
9	Елемент за позиционирање ширине кочнице и граничник горњег алата
10	Завртањ са цилиндричном округлом главом (DIN 4762 M10 x 100)
11	Завртањ са цилиндричном округлом главом (DIN 4762 M10 x 45)
12	Регулишући ослонац
13	Завртањ са цилиндричном округлом главом (DIN 4784 M12 x 70)
14	Завртањ са цилиндричном округлом главом (DIN 4784 M12 x 50)

Једна од битних карактеристика овог прибора је лака монтажа и демонтажа, замена елемената и стежање раличитих геометијских облика радног комада.

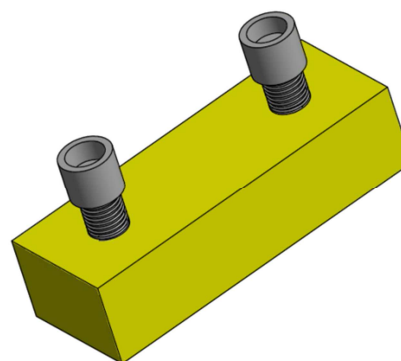
5.4.1. Стежање специјалног прибора при процесу закивања

Стежање специјаног прибора при процесу закивања своди се на стежање доњег дела алата (наковња) (слика 5.4.) где се стеже елемент за базирање и вођење закивка (нитне). Стежање доњег дела алата врши се по принципу стежања по површини и у тачки. Где се за стежање у тачки користи реулишући ослонац са завртњем а за стежање по површини регулишућа плочица (слика 5.5.).

Базна површина главе закивка

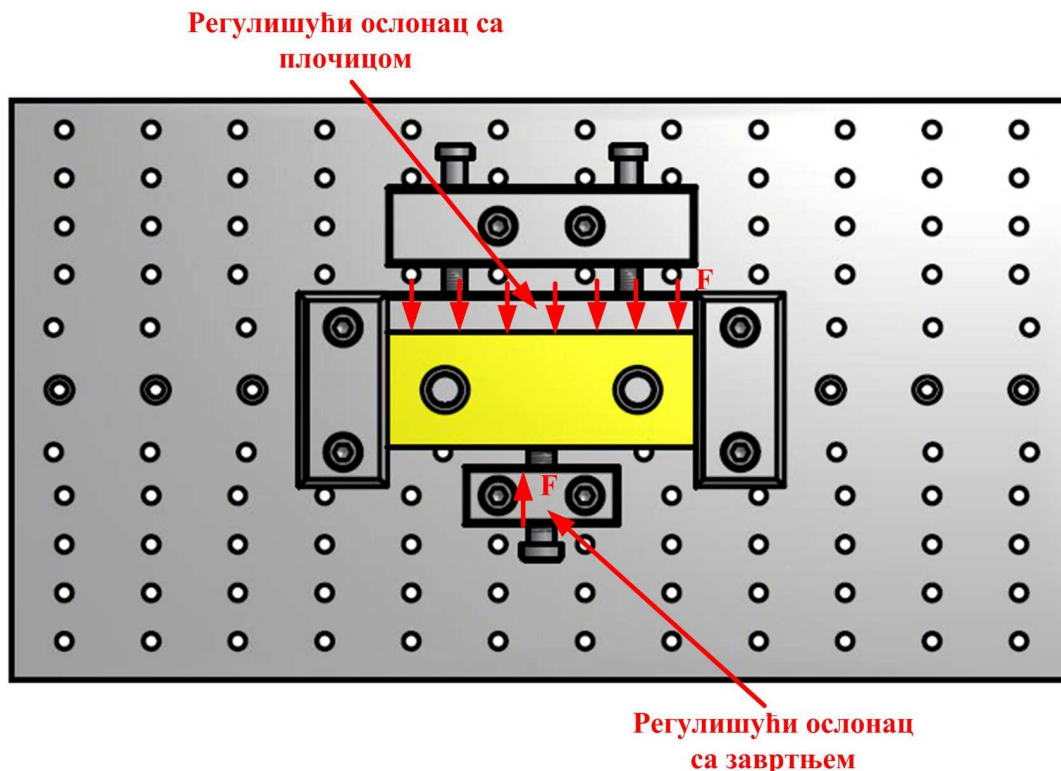


а)



б)

Слика 5.4. Приказ доњег алата који се стеже на специјаном прибору а) преск доњег алата, б) доњи алат у изометрији

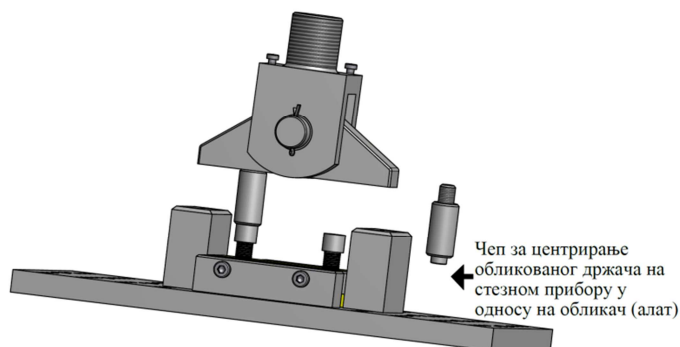


Слика 5.5. Принцип стезања по површини и у тачки специјалном стезним прибором

Специјални стезни прибор приказан на слици 5.5. такође има могућност стезања доњег алата под углом које се може регулисати помоћу ослонца са плочицом (видети са слике 5.5.). Базна плоча на којој се монтира стезни прибор има могућност позиционирања на више различитих машина.

5.4.2. Позиционирање обликованог држача

Позиционирање обликованог држача главе закивка, а који припада доњем алату, врши се с циљем довођења држача у вертикалну осу закивања са обликачем закивка. Овакав вид позиционирања заснива се на центрирању обликованог држача у односу на обликач (горњи алат). Који се након центрирања и позционирања стеже.



Слика 5.6. Приказ центрирања доњег дела алата уз помоћу чепа за центрирање

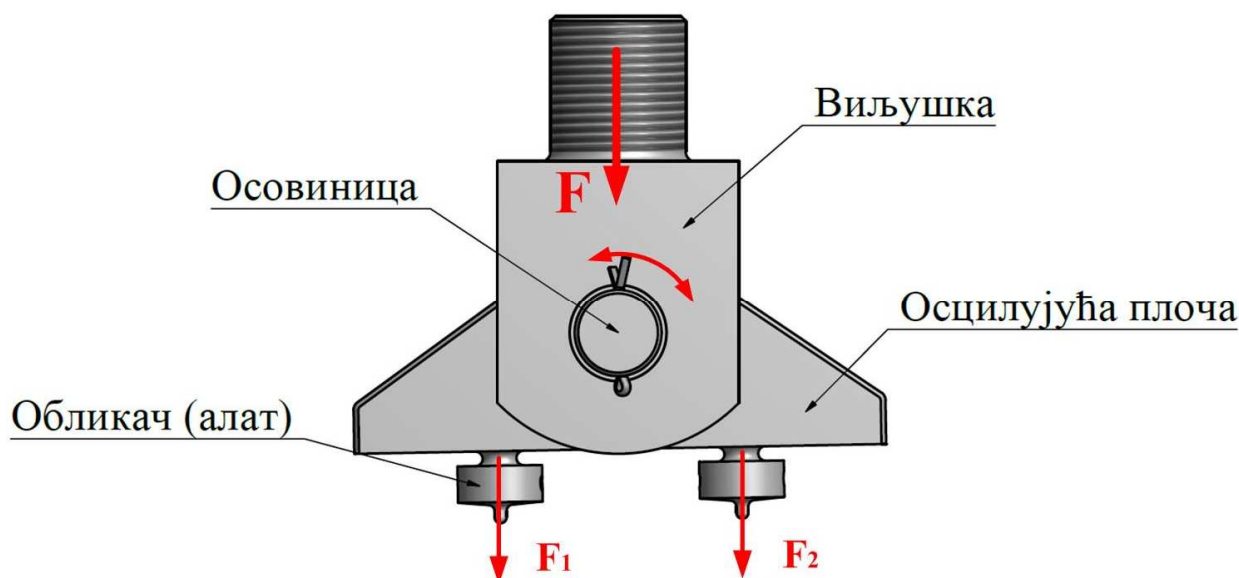


Процес центрирања врши се помоћу елемената за центрирање (ценражни чепови) који су израђени са малим степеном толерисаних мера (слика 5.6.). Након центрирања доњег дела алата врши се стежање истог.

5.4.3. Принцип рада горњег дела алата

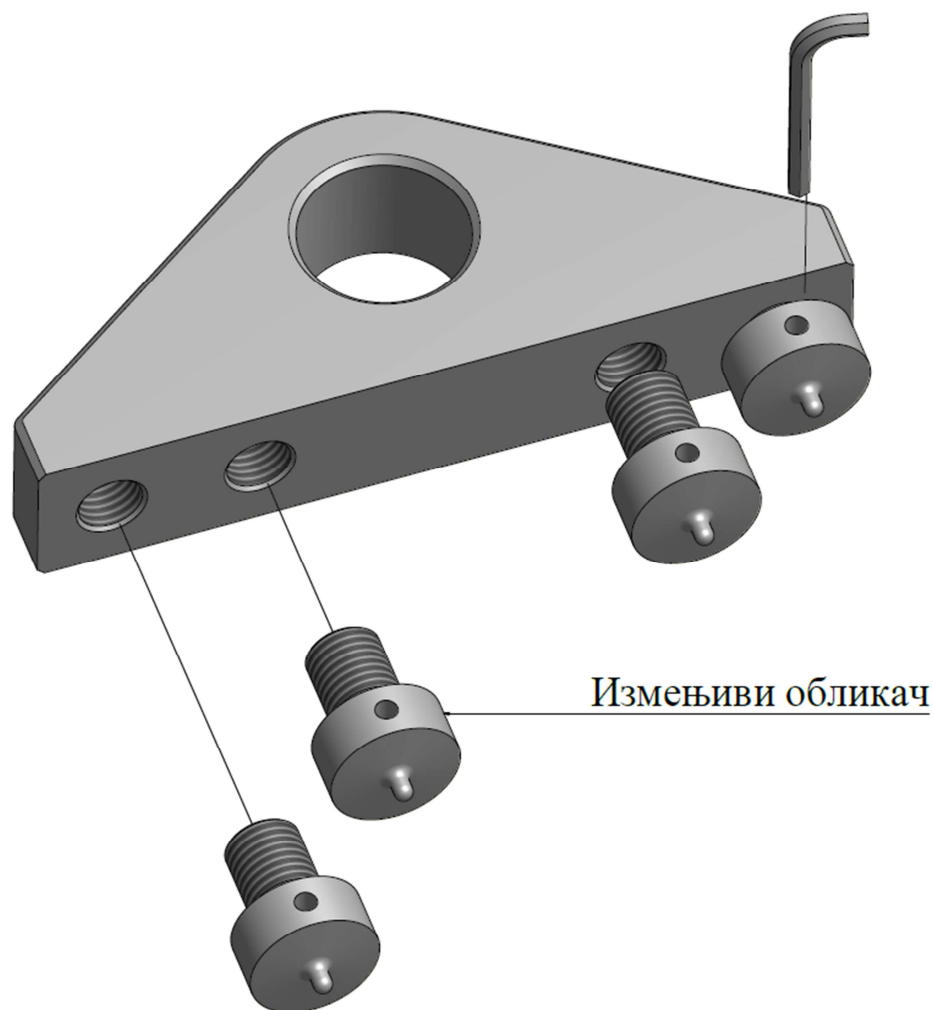
Обликач или горњи део алата делује силом на врх стабла закивка након чега пластично деформише (шири) како би полуцеваста закивак чврсто везало облогу и траку кочнице у једну целину. Сила која се добија посредством хидрауличног цилиндра преноси се цилиндричном спојницом након чега делује на виљушку која преко осцилујуће плоче (клацкалице) са оба обликача врши закивање полуцевастих закивака.

Принцип закивања преко виљушке са осцилујућом плочом има ту предност што се добијена сила директно дели на две силе (F_1 и F_2) са сличним вредностима потребним да би се закоивак деормисао у жељеном облику (слика 5.7.).



Слика 5.7. Шематски приказ правца, смера и статичког распореда сила на алату за закивање

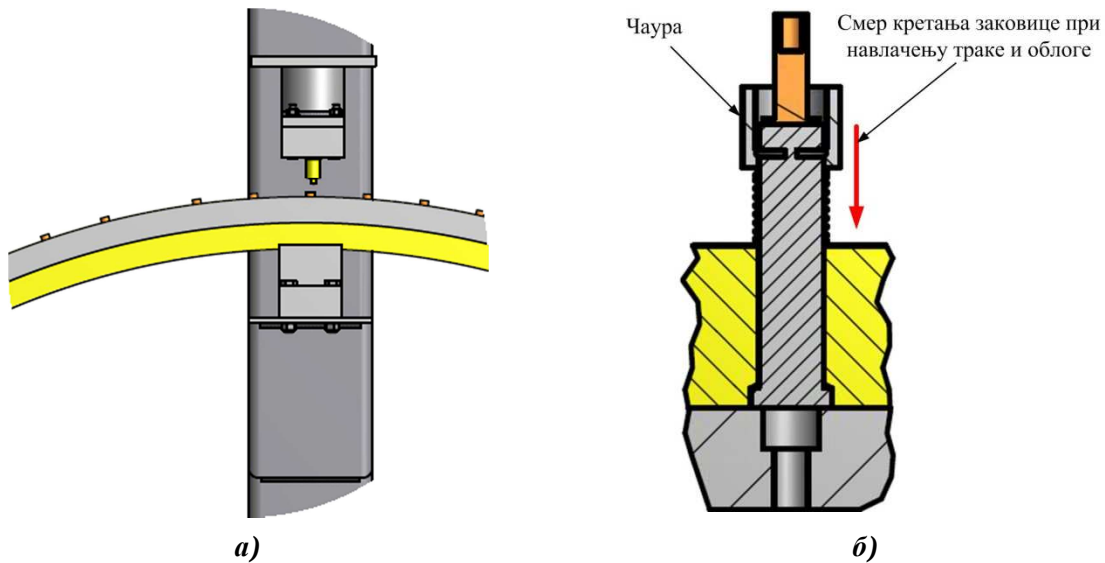
Алат за закивање израђен је са измењивим обликачима који се монтирају на измењиву осцилаторну плочу (слика 5.8.). Осцилаторна плоча на својој подножној површини (месту где се налазе отвори за обликач) израђена је са више отвора тако да се распоред обликача лако може прилагодити шаблону траке и облоге која треба да се подвргне процесу закивања.



Слика 5.8. Приказ измењиве осцилаторне плоче и обликача заједно са шестогаоним кључем за монтажу и демонтажу

5.4.4. Принцип рада доњег дела алата

При процесу закивања тракасте кочнице закивак се поставља на обликовани држач у чауру а након тога се на њега навлачи облога и трака кочнице са претходно израђеним отворима (слика 5.9.). Горњи алат врши закивање док се код доњег алата чаура за вођење спушта у крајњи доњи положај. Након престанка деловања силе притискања чаура за вођење закивка се под дејством опружних сила враћа у крајњи горњи положај. Овај процес се понавља док се не закују сви закивци на тракастој кочници. Функција доњег алата обухвата увођење закивка, базирања закивка као и држање (подупирање) закивка док на њега делује горњи алат.



Слика 5.9. а) Приказ навлачења траке и облоге на доњи алат, б) приказ кретања чауре за вођење нитне

5.5. Материјали за израду стезних прибора

За израду стезних прибора, најчешће се примењују челици за цементацију и челици за побољшање. У највећем броју случајева реч је о угљеничним конструктивним челицима за цементацију и челицима за побољшање. Неки елементи прибора, израђују се и од легираних челика.

Избор врсте челика врши се на основу вида оптерећења којем је одређени део прибора изложен у току експлоатације (савијање, хабање, ударна оптерећења и слично). У неким случајевима постоји више алтернативних решења, што ће се посебно разматрати за одређене, функционалне елементе прибора.

5.6. Предности обраде закивањем уз примену предложеног специјалног алата и прибора

Предложени алат и прибор је једноставне конструкције и израде и за врло кратко време може се извршити његово позиционирање и уградња на посебно конструисаној машини.

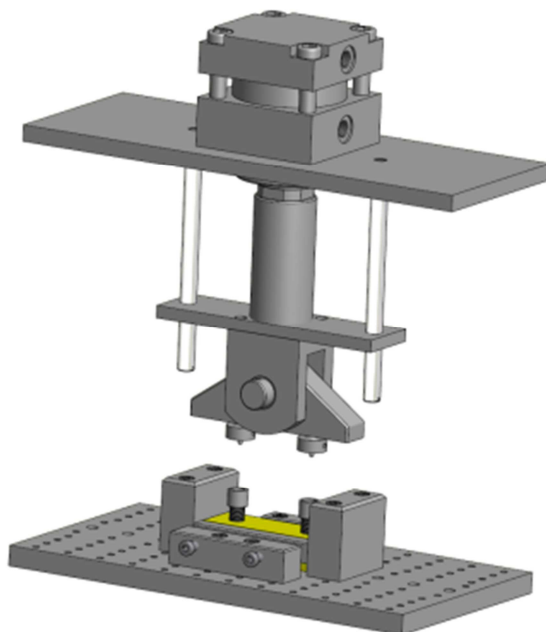
У односу на постојеће стање у *RAPP ZASTAVI* овај алат и прибор има следеће предности:

- Може се извршити избор алата за обраду различитих типова тракастих кочница за витло,
- Постиже се једновремено закивање два закивка чиме се смањује укупно време



трајања производне операције,

- Сила коју генерише хидраулична преса (која делује на горњи алат) је константна чиме се постиже јднолико деформисање врха закивка и сигурна веза траке и облоге тракасте кочнице,
- Оштећења у процесу закивања се свде на минимум па шкарта у производњи скоро да и нема,
- Постиге се бољи квалитет закивка а самим тим и већа поузданост тракасте кочнице,
- Увођење закивка врши се помоћу посебног прибора чиме се постиже већа прецизност и скраћује време,
- Обрада закивањем се врши машинским путем а машину опслужује само један радник,
- Нема физичког напрзања радника,
- Овим алатом и прибором узета је у обзир и безбедност радника при раду,
- Стезни прибор је модуларан што алату даје могућност оптимизације и унификације,
- Алат је лако измењив и лак за руковање,
- Алат и прибор је лак за монтажу и демонтажу,
- Предложени алат и прибор веома је једноставан за израду и није скуп, и
- Овим алатом и прибором у многоне је повећана продуктивност рада.



Слика 5.10. Изометријски приказ предложеног алата и прибора



6. Пројектовање машине

Пројектовању машине за хладно обликовање приступило се тек након конструисања алата и прибора за овај процес обраде (детаљније описао у тачки 4.0.). Тако да је сама конструкција машине компатибилна са базном плочом, специјални стезним прибором и измењивом групом алата за обликовање тј. обликача. Тако да се директно може предвидети правац приступа самом процесу конструисања машине за процес закивања.

При пројектовању треба узети у обзир силу коју машина треба да постигне да би дошло до хладног обликовања тј. процеса закивања па на основу тога потребно је извршити све могуће анализе ради добијања одговарајуће вредности силе након чега би се усвојио хидраулични цилиндар пресе (горњег дела алата) машине.

Процес конструисања као и анализе биће приказани у наредним тачкама описаним у овој глави.



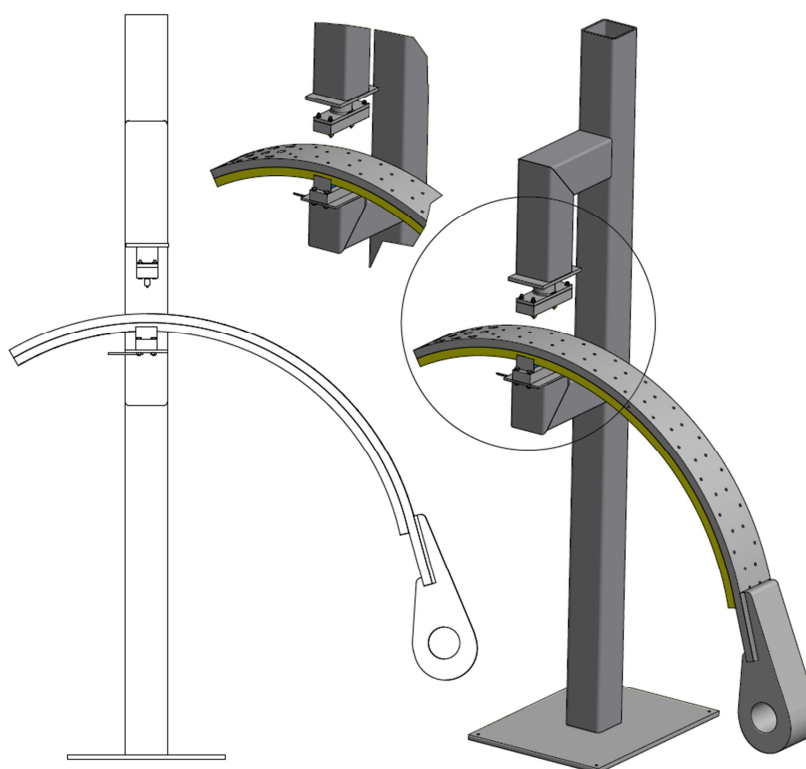
6.1. Идејно решење конструкције машине

Идејно решење машине за закивање проистекло је из низа проблема који се тренутно јављају при процесу ручног закивања од стране радника. Да би се извршило ручно закивање тракасте кочнице неопходно је да при овом процесу два радника врше закивање исте са неодемерном силом деловања на закивак, импровизованим ручним алатом израђеним по нахођењу радника. Сви ови поменути кораци вршени су у циљу спајања траке и облоге кочнице процесом закивања.

Проблеми који су се јавили при позиционирању, стезању и самом закивању (ударању чекићем по ручном алату физичком силом радника) веома су утицали на квалитет закованог споја кочнице. Тако да се директно квалитет закивања одражава на поузданост кочнице.

Да би се избегли сви претходно поменути проблеми и унапредио процес појединачне производње у производној компанији *RAPP ЗАСТАВА* приступило се предлагању идејног решења. Узимајући у обзир све недостатке ручног закивања предложено решење узима у обзир: специјални стезни прибор, измењиви алат за обликовање или закивање са обликованим држачем („наковњем“), и саму конструкцију машине.

Изглед упрошћеног идејног решења приказан је у изометрији на слици 6.1.



Слика 6.1. Идејно решења машине за закивање полуцевастих закивака

Идејно решење са слике треба да задовољи, правилно стезање и увођење закивак у отворе на облогу и траку кочнице, обезбеди константну силу и измењиви алат.



6.2. Прорачун потребне силе закивања и усвање хидрауличног цилиндра

6.2.1. Циљеви анализе

Да би се дошло до конструисања машине за закивање плочевастих закивака потребно је усвојити хидраулични или пнеуматски цилиндар. Усвојени цилиндар се постављао на горњи носач алата причвршћеног за тело машине.

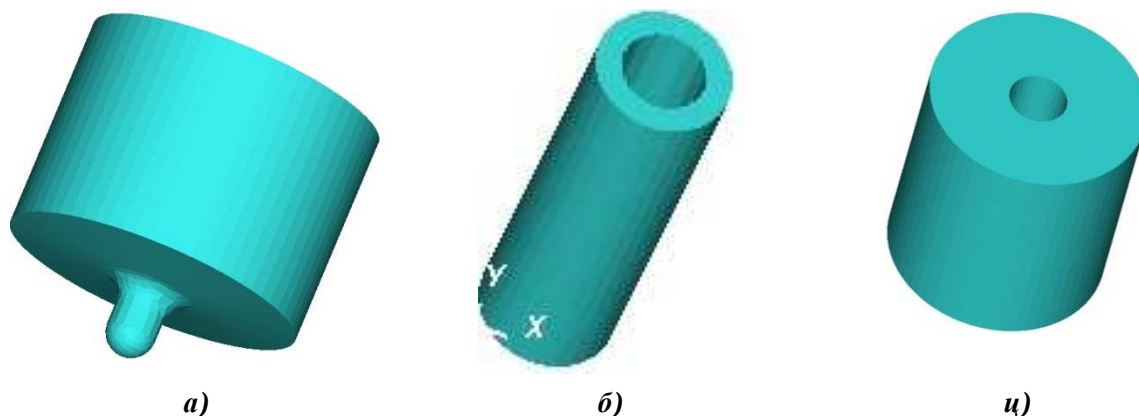
Циљ анализе је добијање неопходне силе уз помоћ које се усвоја стандардни хидраулични цилиндар. С обзиром да постоје различити типови анализа у овом случају коришћене су компјутерске тј. софтверске анализе уз помоћ програма намењеног процесу обраде деформисањем програму СимуфактФормингу (engl. „*simufactForming*“).

Пошто је циљ анализе добијање неопходне силе потребне за деформисање плочевастог закивка поступком хладног обликовања коришћена је FEM (енгл. „*Finite Element Method*“) метода или метода коначних елементата која се налази у поменутом програму СимуфактФорминг.

6.2.2. Дефинисање пред-процесних параметара за анализу

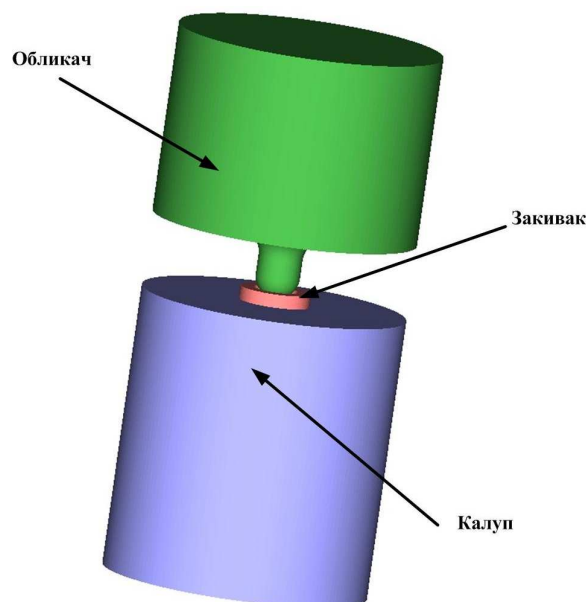
При анализирању силе потребне за процес хладног обликовања узет је у обзир елементарни пример алата (горњег и доњег), закивка и калупа односно отвора траке и облоге кочнице. Анализи се приступило тако што су се поменути елементи измоделирали у програму АутоДеск Инвентор (енгл. „*AutoDesk Inventor*“) а након тога увезли у *SimufactForming* где је и вршена анализа. Након извожења 3Д модела из Инвентора коришћен је STL формат ради лакшег препознавања геометрије у програму за анализу тј. *SimufactForming-u*.

Софтверки програм *SimufactForming* има окружње за хладно закивање где су извршене анализе.



Слика 6.2. Приказ увезене STL геометрије у SimufactForming **а)** обликач, **б)** закивак, **ц)** калуп односно апроксимативни приказ облоге и траке кочнице

Након увожења геометрије у SimufactFroming приступило се позиционирању алата, радног комада и каула приказно на слици 6.3.

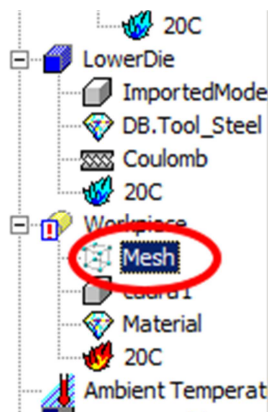


Слика 6.3. Приказ позиционирања

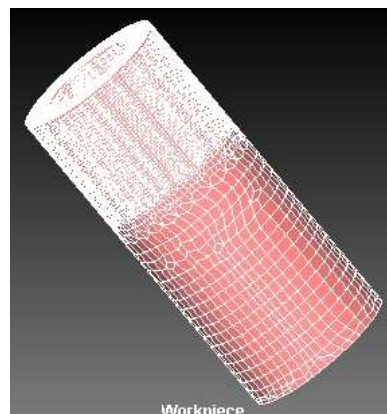
Како би се извршила анализа неопходно је дефинисати све пред-процесне параметре а то су:

- Избор материјала алата, радног комада и калупа,
- Коефицијенти трења,
- Радне температуре,
- Силе и брзине хидрауличне пресе,
- Премрежавње радног комада методом коначних елмената, и
- Корака обликача који обликује ради комад.

Премрежавање је вршено помоћу функције за премережавање посматраног радног комада (енгл. „Mesh“). Пошто се у овом случају анализира веома



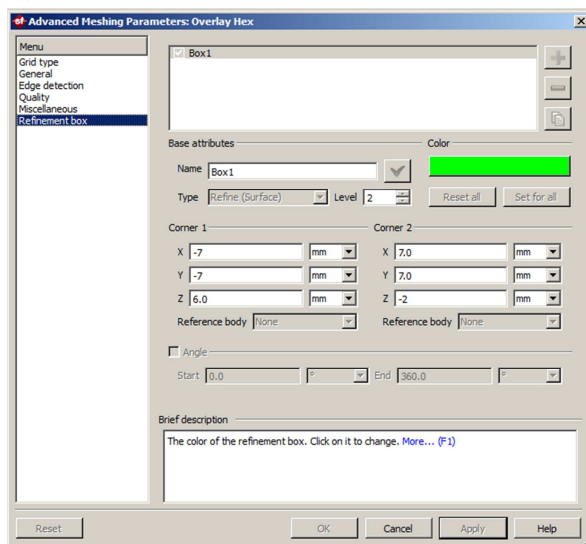
а)



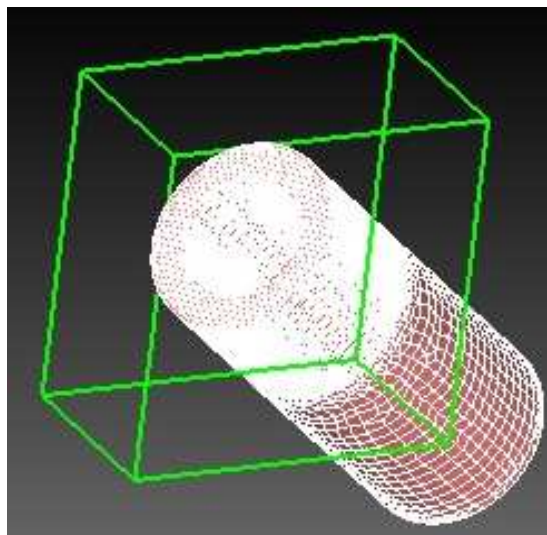
б)

Слика 6.4. а) Приказ функције „Mesh“ у стаблу модела у SimifctForming-у, б) приказ премреженог радног комада

танки зид испитиваног радног комада (разлика између спољашњег и унутрашњег пречника полуцевастог закивка) ради добијања што тачнијих резултата коришћена је функција односно кутија за премрежавање преко иницијалне (енгл. „Refinement Box“) тј. већ постојеће, ради добијања што тачнијих резултата.



а)

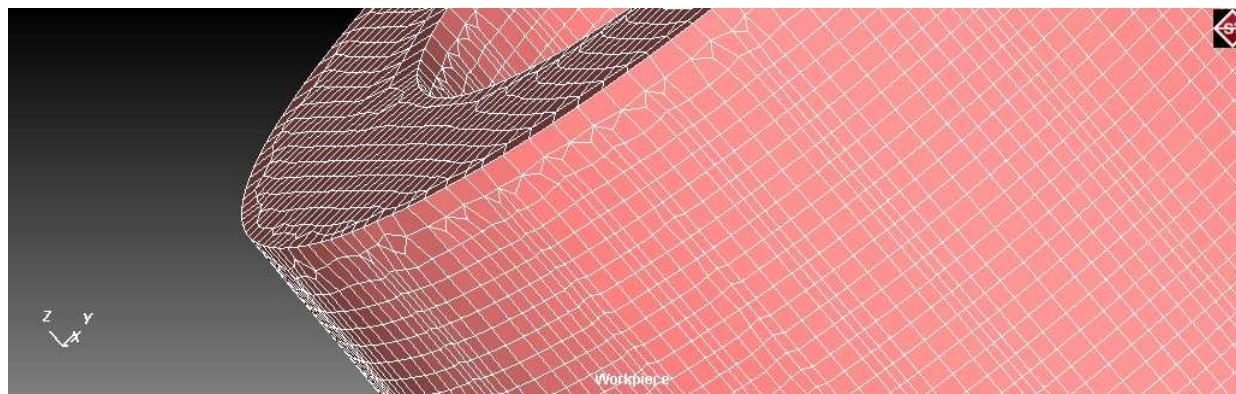


б)

Слика 6.5. а) Прозор за задавање додатних параметара при премрежавању дела, б) приказ премреженог врха радног комада односно закивка

Параметри мреже приказани су у табели 6.1

Величина коначног елемента	0,6
Број коначних елемената мреже	29 918
Тип мешера	OverlayHex
Тип коначног (облик) елемента	Hexadedral (хексаедарски)



Слика 6.6. Приказ премреженог врха испитиваног радног комада

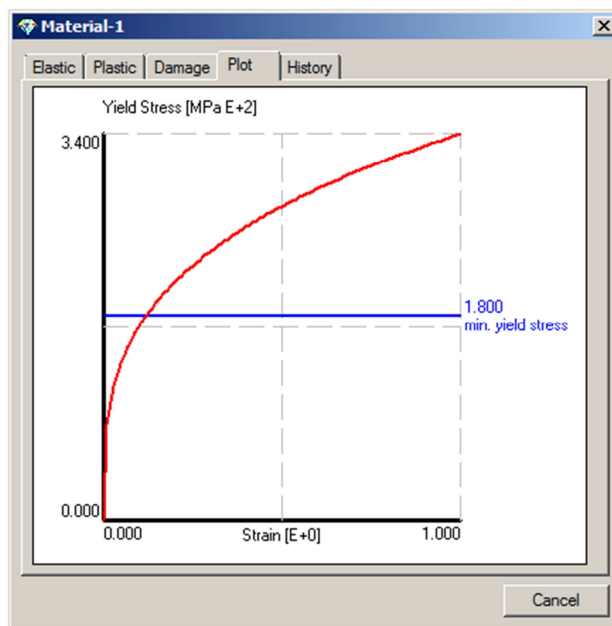
Анализи је подвргнут полуцеваста закивак легуре месинга (C_uZ_n37) са хемиским саставом приказаним у табели 6.2. и карактеристикама материјала приказаних у табели 6.3.

Табела 6.2. Хемијски састав легура C_uZ_n37

Z_n	C_u	N_i	P_b	F_e	S_n	A_l
Уравнотежујући елемент легуре	$62.0 \div 65.5\%$	$\leq 0.30\%$	$\leq 0.1\%$	$\leq 0.1\%$	$\leq 0.1\%$	$\leq 0.05\%$

Табела 6.3. Физичке особине легуре C_uZ_n37e

Физичке карактеристике легуре C_uZ_n37		
Модул елстичности	$\frac{kN}{mm^2}$	110
Поасонов коефицијент	/	0.3
Густина	$\frac{kg}{dm^3}$	8.44
Тачка топљења/Топљење	$^{\circ}C$	902-920
Линеарни дилатациони коефицијент ($\times 10^{-6}$) за температурну вредност $20 \div 200^{\circ}C$	$/^{\circ}C$	20.2
Топлотна проводљивост на $20^{\circ}C$	$\frac{W}{m^{\circ}K}$	120
Специфична топлота на $20^{\circ}C$	$\mu\Omega st$	6.67
Електрична проводљивост	MS/m	15
Електрична проводљивост	% IACS	26
Svojstva magnetičnosti	/	Материјал није магнетичан



Слика 6.7. Приказ дијаграма границе течења у зависности од напона $CuZn37$ легуре односно дијаграма ојачања



а)

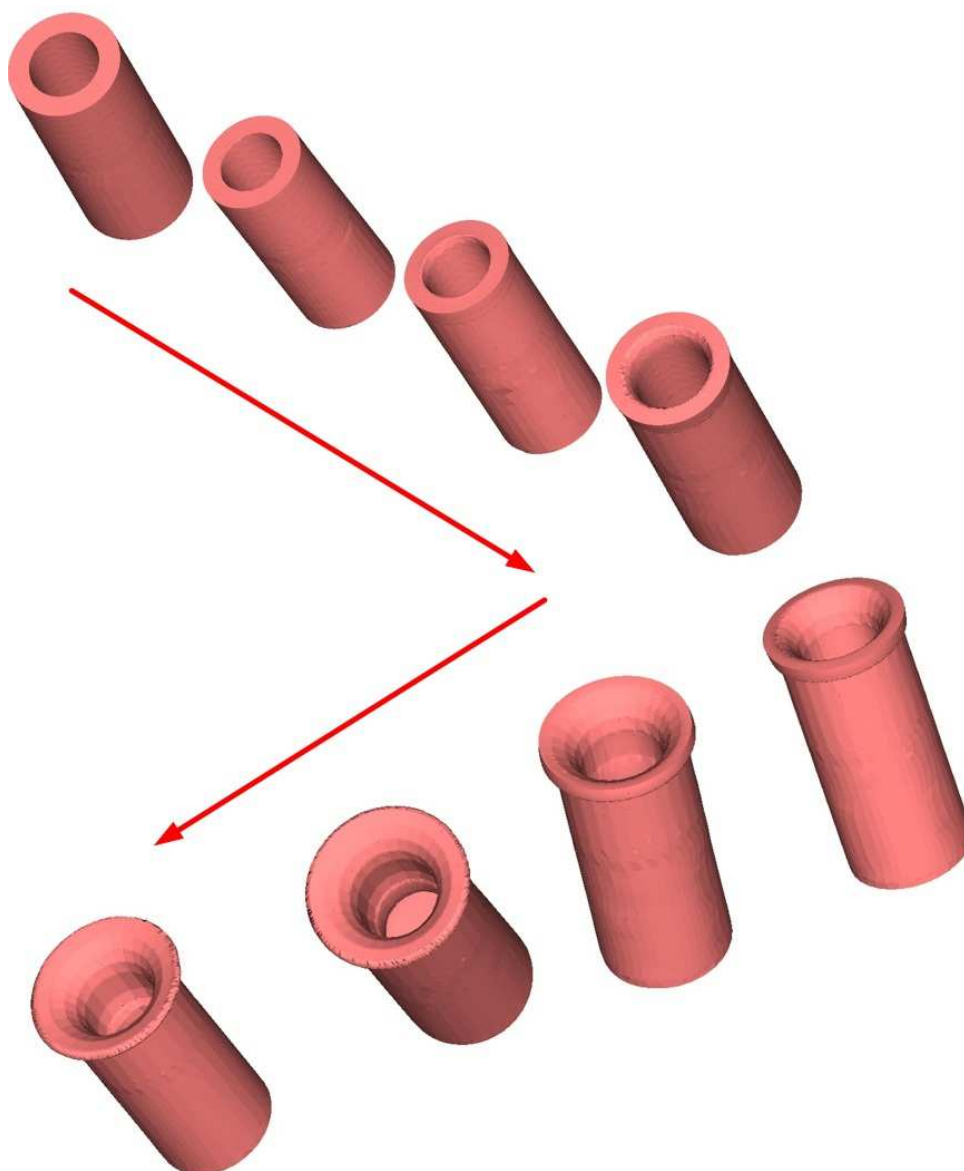


б)

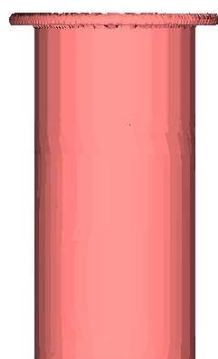
Слика 6.8. а) Реални приказ површине израђене од легуре $CuZn37$, б) полуцевасти закивак израђен од легуре $CuZn37$

6.2.3. Приказ добијених резултата анализе

На слици 6.9. приказн је испитивани радни комад подвргнут процесу хладног обликовања кроз све фазе пластичног деформисања. При процесу деформисања око врха радног комада формира се венац који уједно и чврсто веже траку и облогу тракасте кочнице за витло (слика 6.10.).



Слика 6.9. Геометријски приказ процеса обликовања врха полуцевастог закивка

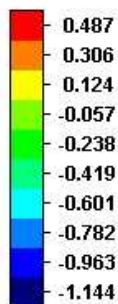
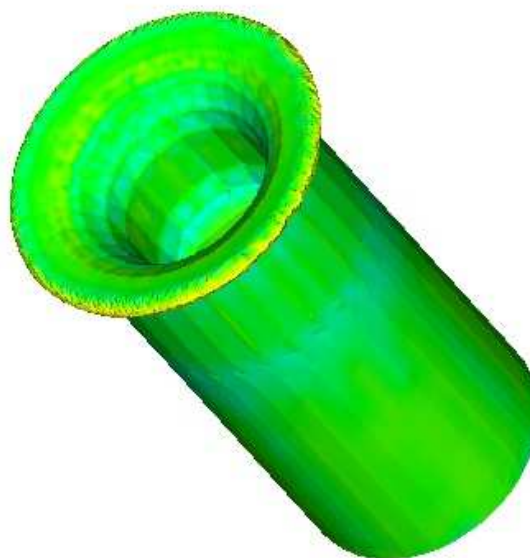


а)



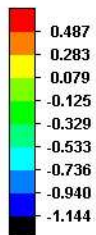
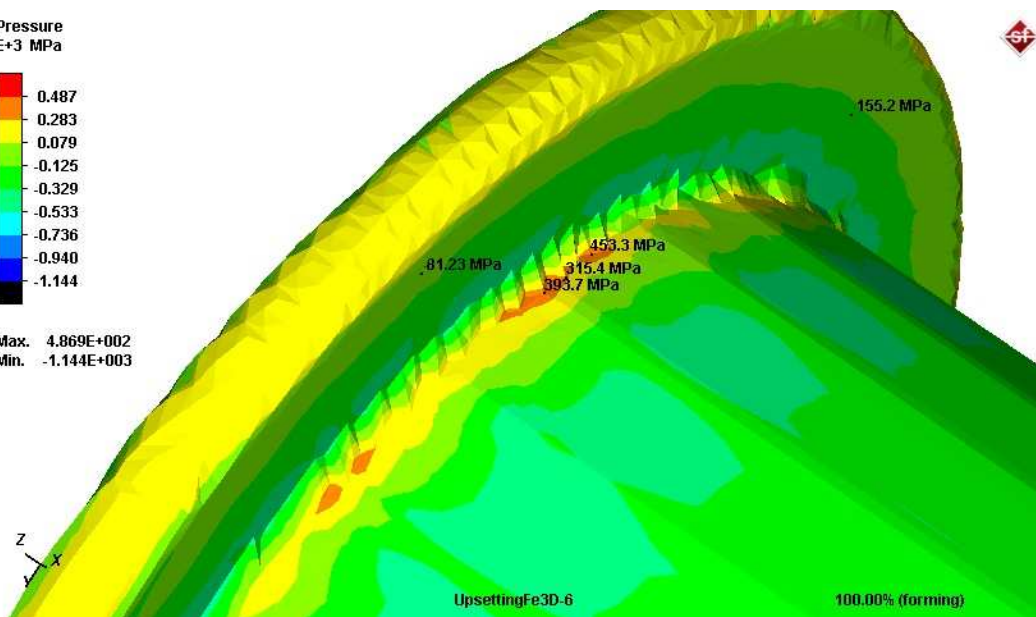
б)

Слика 6.10. а) Геометрија закивка добијена анализом хладног деформисања, б) закивак деформисан у реалним условима производње

Pressure
E+3 MPaMax. 4.869E+002
Min. -1.144E+003

z y

Слика 6.11. Приказ дистрибуције притиска

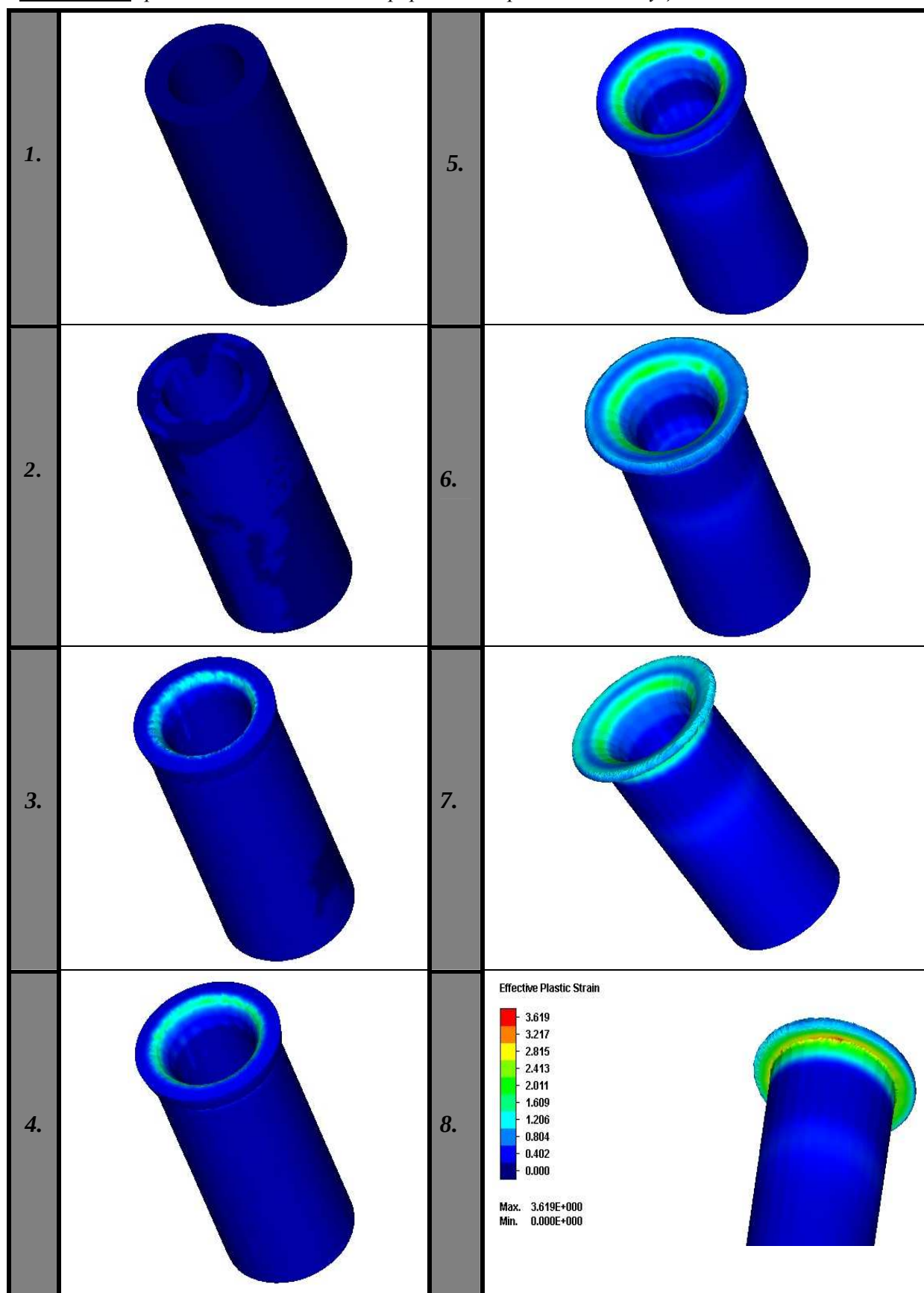
Pressure
E+3 MPaMax. 4.869E+002
Min. -1.144E+003

Слика 6.12. Приказ највиших вредности притиска при хладном обликовању закивка

У табели 6.4 приказане су зоне пластичне деформације током процеса деформисања полупцевастог закивка а у табели 6.5 вектоски приказан ток материјала.

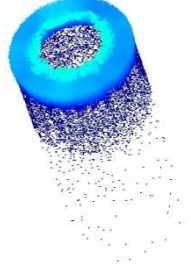
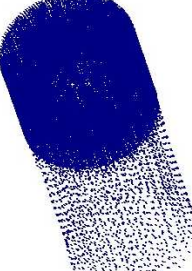
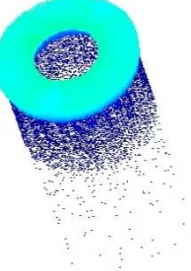
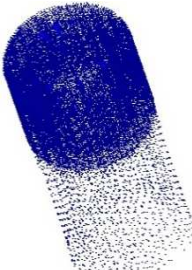
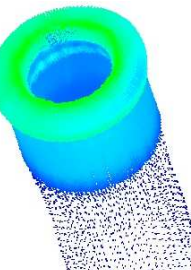
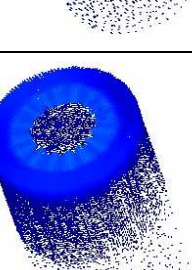
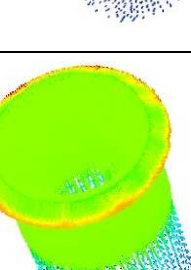


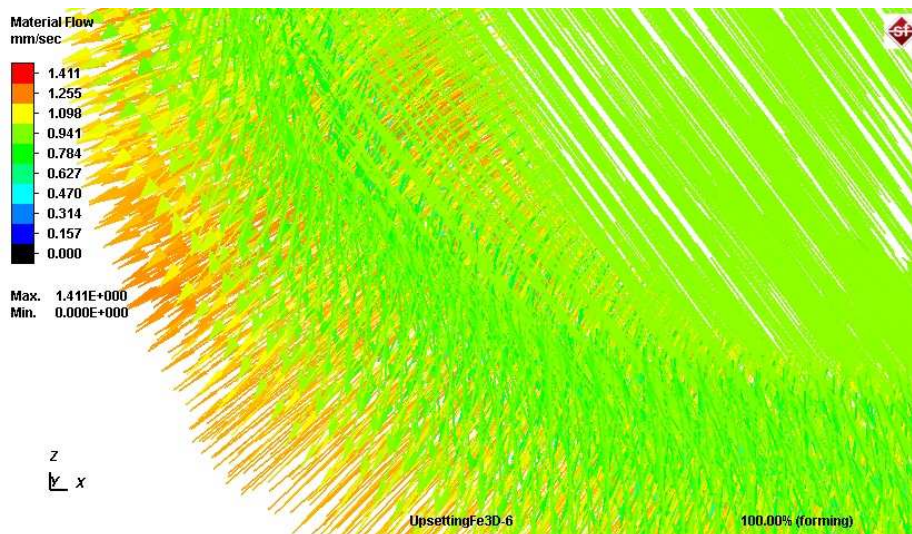
Табела 6.4. Приказ зона пластичног деформисања врха стабла полуцеватог закивака





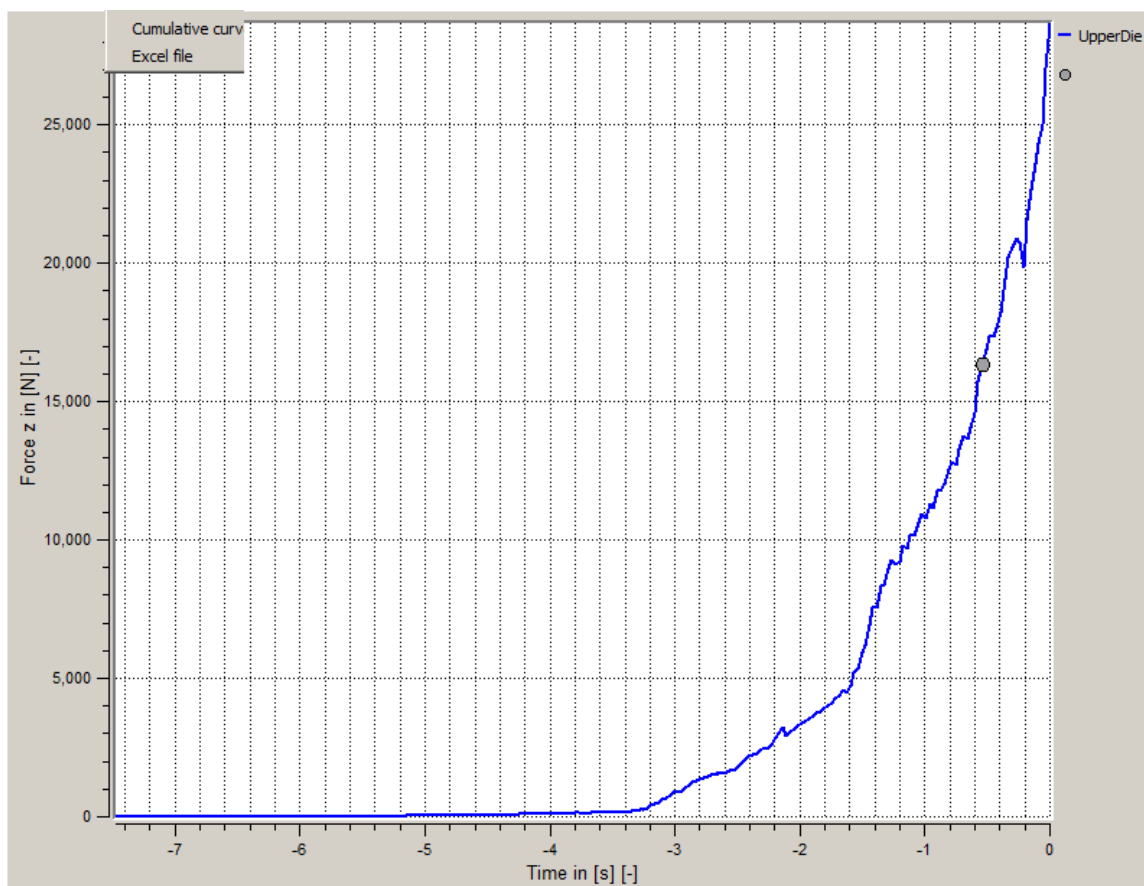
Табела 6.5. Векторски приказ тока материјала

1.		6.	
2.		7.	
3.		8.	
4.		9.	
5.		10.	



Слика 6.13. Приказ вредности тока материјала у mm/sec

На слици 6.14. приказан је дијаграм добијене силе у N у правцу Z осе неопходне за деформисање полуцавастог закивка генерисане услед резултата анализе.



Слика 6.14. Приказ добијене силе у N у правцу Z осе



6.2.4. Усвајање хидрауличног цилиндра на основу добијене силе

Сила која је потребна да деформише врх полуцевастог закивка прорачуната је анализом и износи $25\,000N$. Општи образац за добијање силе преко притиска и површине у хидрауличном цилиндру гласи,

$$F = p \cdot A, (A-43)$$

Где је:

F – сила ,

p – притисак цилиндра,

A – површина цилиндра,

из тога следи образац (А-43) за површину клипа цилиндра који гласи,

$$A = \frac{D^2 \pi}{4}, (A-44)$$

Где је:

D – пречник хидрауличног цилиндра,

На основу искуства инжењера у *РАПП ЗАСТАВИ* при добијеној сили од $F = 25\,000N$, површина клипа се усваја као вредност,

$$A = 100\,cm^2$$

на основу познате вредности силе које су добијене анализом и површине клипа цилиндра прорачунава се притисак из једначине (А-43),

$$p = \frac{25\,000N}{100cm^2} = \frac{2500dN}{100cm^2} = 25\,bar, (A-45)$$

Добијени притисак од $25\,bar$ се множи са степеном сигурности $s = 2$, тако да следи једначина:

$$P_u = P_d \cdot s, (A-46)$$

$$P_u = 25 \cdot 2, (A-47)$$

$$P_u = 50, bar, (A-48)$$



Где је:

P_u – укупни притисак,

P_d – притисак добијен из теоријског прорачуна на основу *FEM* анализе

s – степен сигурности предложен искуствено,

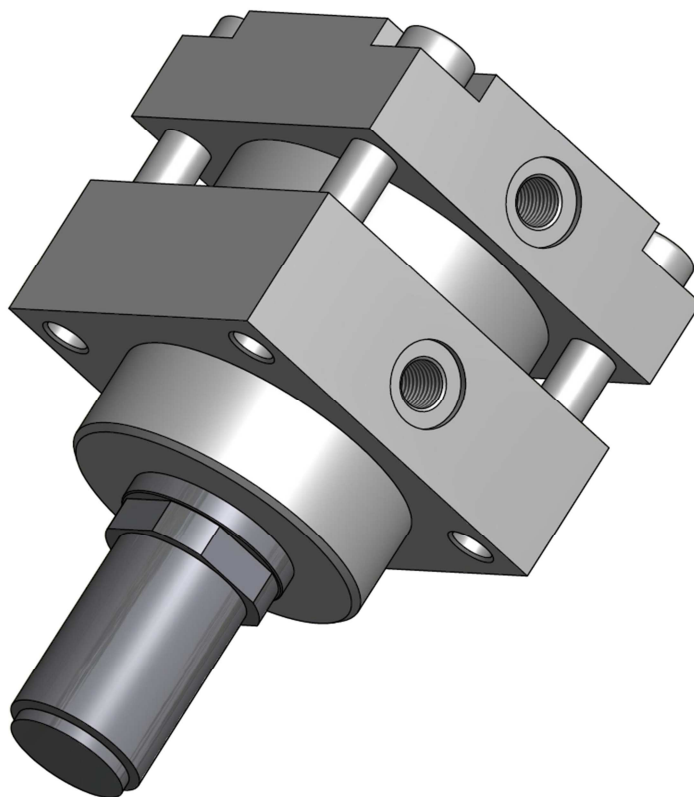
на основу претходног образаца А-44 може се извести да је:

$$D^2 = \frac{4 \cdot A}{\pi} \Rightarrow \frac{4 \cdot 100}{3,14} \Rightarrow \sqrt{\frac{400}{3,14}}, (A-49)$$

$$D = 11,286 \approx 12 \text{ cm}$$

па се тако на основу добијеног пречника хидрауличног цилиндра усваја пречник клипа $\varnothing 120 \text{ mm}$. Из тог разлога што у прорачуну нису узети у обзир коефицијенти који обухватају губитке, при конструкцији машине за закивање полуцевастог закивка узима се прва стандардна већа вредност пречника клипа $\varnothing 125$ [22].

На слици је приказан усвојени стандардни клип цилиндра (CAD модел усвојен из каталога компаније *HP SYSTEMS*) $D = \varnothing 125$.



Слика 6.15. Приказ CAD модела у изометрији усвојеног хидрауличног цилиндра



6.3. Конструктивно решење склопа машине за закивање

Данас на тржишту постоји понуда широког спектра машина намењених процесу обраде закивањем (слика 6.16. и 6.17.). Међу постојећим машинама постоје мање или веће разлике али оно што је заједничко за све јесте:

- Велика цена коштања (цена машине кошта у просеку 403 000 – 672 000 дин.),
- Генеришућу силу добијају преко пнеуматског чекића или хидрауличне пресе,
- Постојеће машине имају само један обликовани држач главе заковице и један обликач те нису прилагођене за обраду тракасте кочнице,
- Нису погодне за уградњу специјаног алата стезног прибора,
- Нису погодне за уградњу измењивог алата тј. обликача,
- Нису у довољној мери продуктивне,

При конструкцији предложене машине полазило се од горе наведених констатација као од и од захтева које треба да испуни нова машина а они су:

- Ниска цена коштања,
- Једноставност конструкције,
- Коришћење материјала са домаћег тржишта и интерно у оквиру производне компаније,
- Могућност израде машине у радионицама РАПП Заставе,
- Да конструктивно решење омогући лако и брзо поствљање специјалног прибора и измењивог алата,
- Да машину опслужује један радник,
- Да машина буде продуктивнија од постијећих,
- Да је поуздана у раду, и
- Да побољша постојећи квалитет обраде закивањем,



а)



б)

Слика 6.16. а), б) Приказ неких машина за закивање полуцевасих закивака



Слика 6.17. Приказ израђене машине за закивање полуцевастих закивака у РАПП ХИДЕМИ у Норвешкој

6.4. Основни елементи и принцип рада предложене машине намањене процесу обраде закиавњем тракасте кочнице за витло

6.4.1. Основни елементи машине

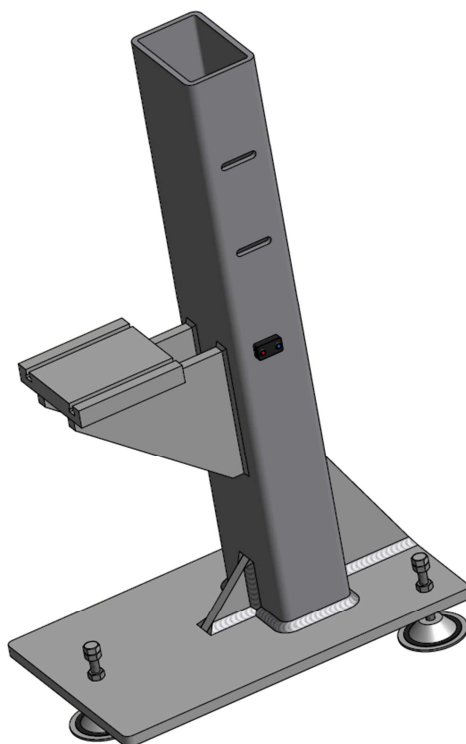
Машина се састоји из следећих основних елеменета (делова):

1. Тела машине,
2. Постоља машине,
3. Носача горњег дела алата и хидрауличног цилиндра,
4. Горњег дела алата,
5. Доњег дела алата,
6. Стезног прибора доњег дела алата, и
7. Пратеће опреме.

Тело машине (слика 6.18.) је израђено од цевастог стандардног профила правоугаоног попречног пресека. Чврсто је повезано за постоље које му обезбеђује потребну стабилност. На радном столу машине чврсто је везан обликовани држач или

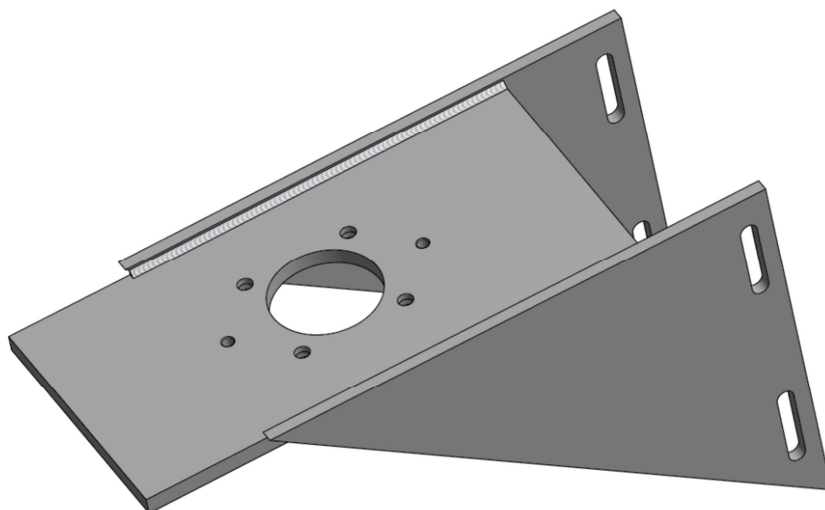


наковањ преко базне плоче са специјалним стезним прибором.

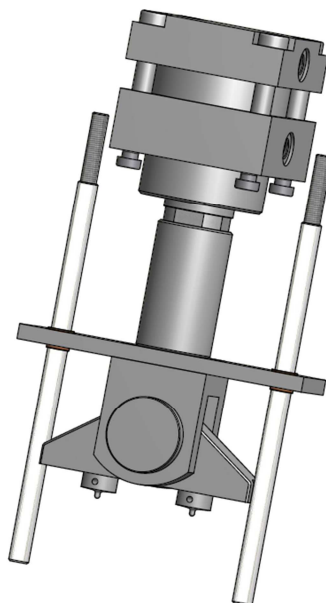


Слика 6.18. Тело и постоље машине

На горњем делу машине позициониран је држач хидрауличног цилиндра. На телу хидрауличног цилиндра постављене су вођице клипњаче и горњег алата. На крају клипа постављена је виљушка са системом измењног алата. Сам горњи део машине има могућност померања у два правца ради лакшег позиционирања горњег дела алата. Вођење у два правца омогућено је завртањском везом (слика 6.19.).

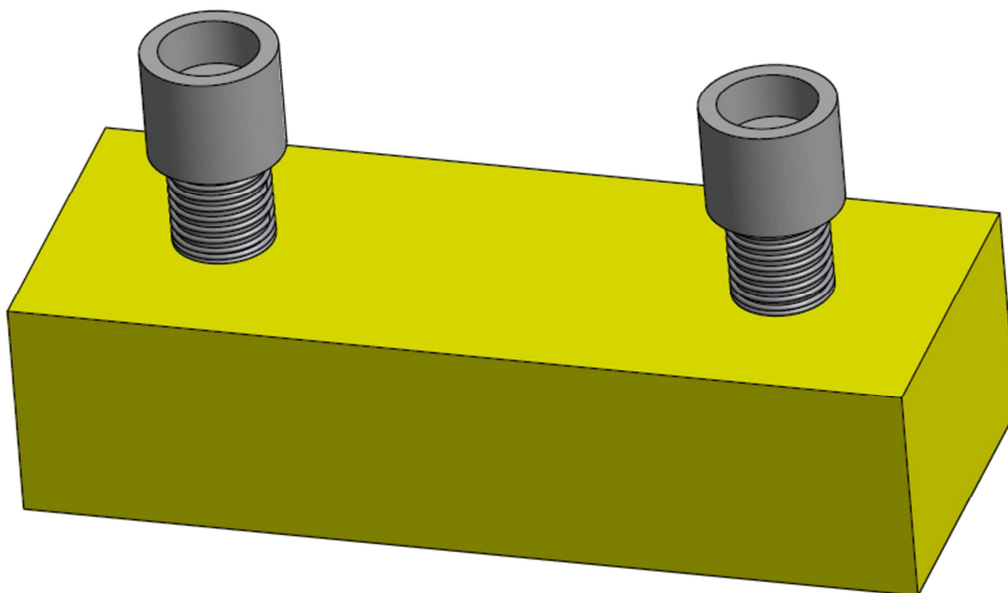


Слика 6.19. Приказ носача цилиндра и горњег дела алата

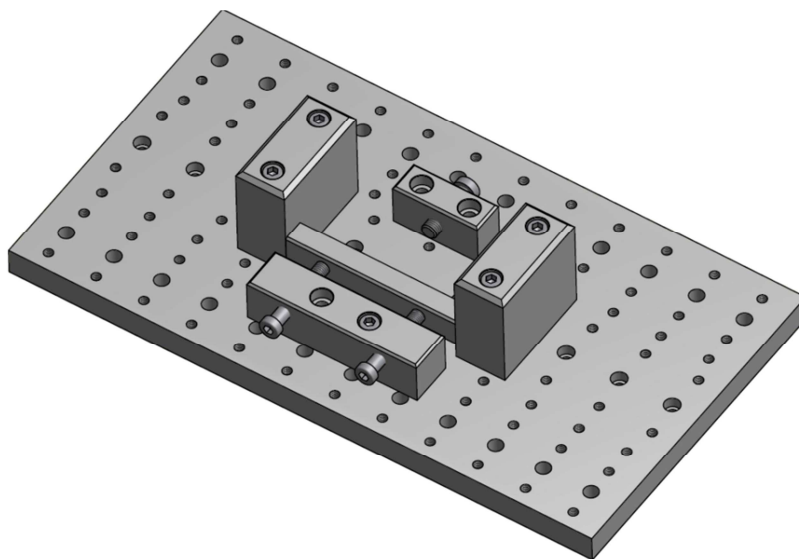


Слика 6.20. Приказ горњег дела алата са измењивим обликачима, елементима за вођење и хидрауличним цилиндром

Избор типа специјалног алата условљен је типом тракасте кочнице односно шаблонима избушених отвора за закивке.

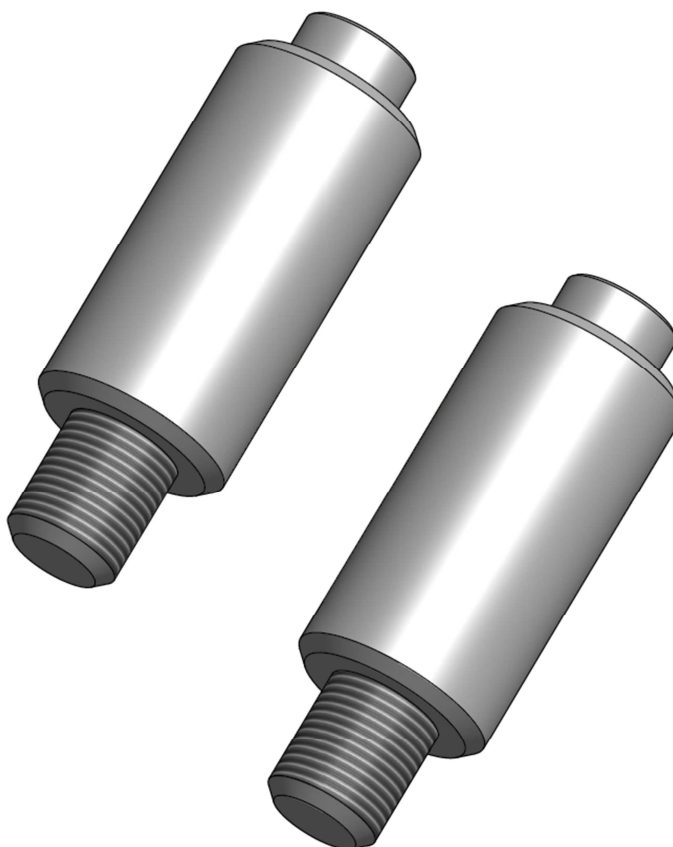


Слика 6.21. Доњи део алата који се позиционира и стеже на специјално стезном прибору са базном плочом

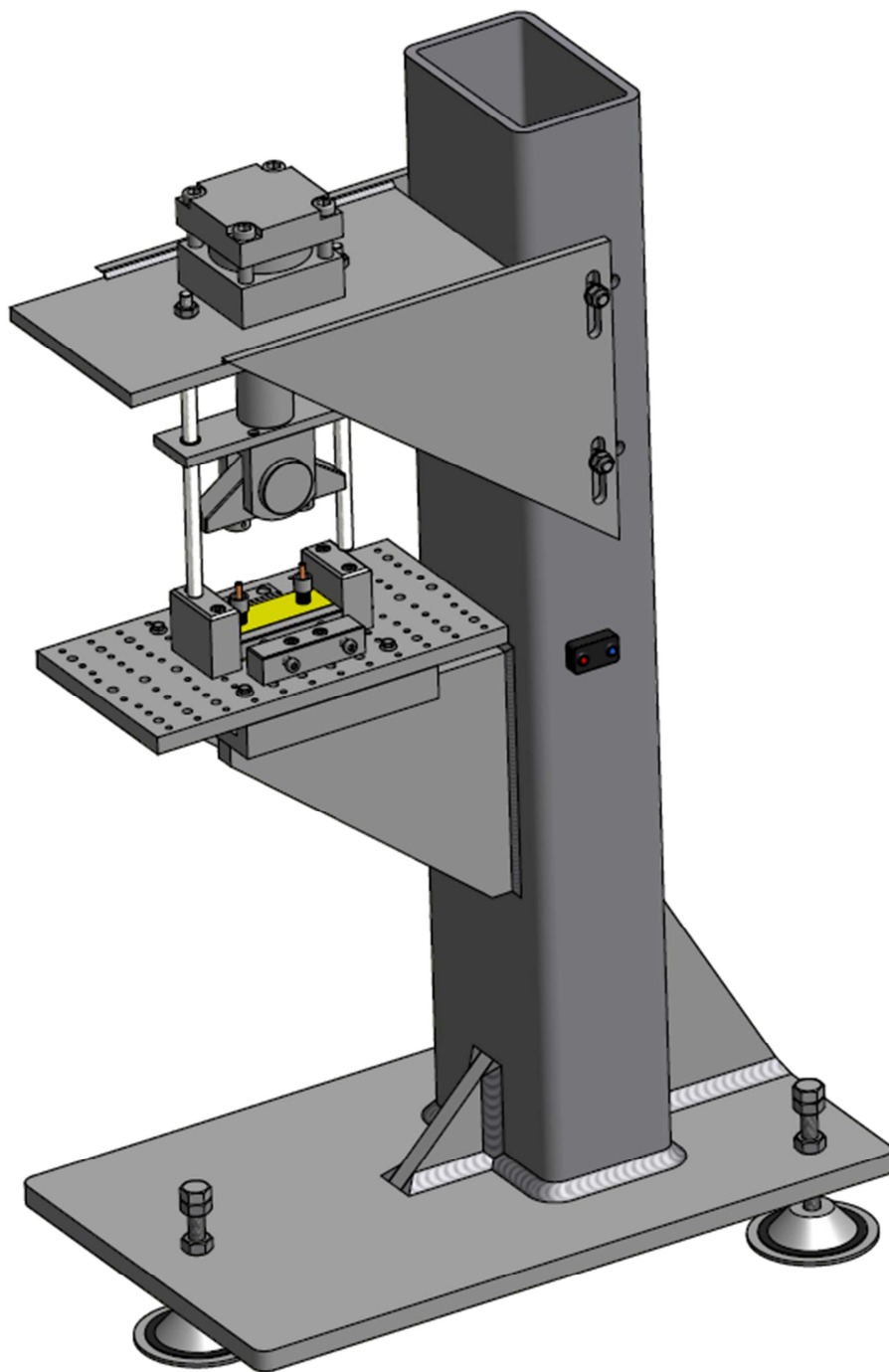


Слика 6.22. Специјални стезни прибор

У пратећу опрему машине (слика 6.23.) спадају центражни чепови који се користе ради центрирања доњег дела алата у односу на горњи након чега се доњи део алата позиционира и стеже.



Слика 6.23. Приказ центражних чепова



Слика 6.24. Изометријски приказ склопа машине за закивање



6.4.2. Принцип рада предложене машине

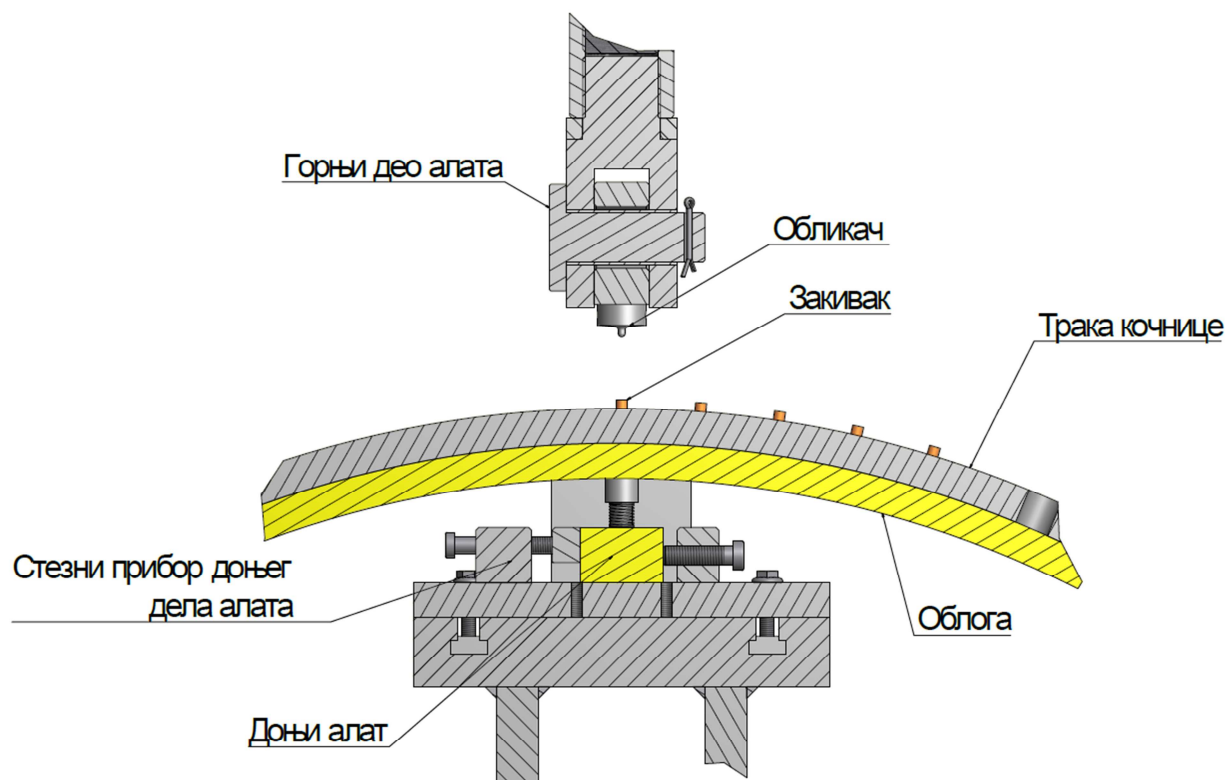
Принцип рада машине заснива се на генерисаној сили јидрауличне пресе. Машина истовремено уводи и закива два закивка истовремено. Ова машина се може сврстати у дво-коарчне.

У основном положају када машина није укључена хидраулични клип је у горњем положају и омогућава пуњење чауре за увођење на доњем алату и постављање односно навлачење траке и облоге кочнице на обликоване држаче (слика 6.25).

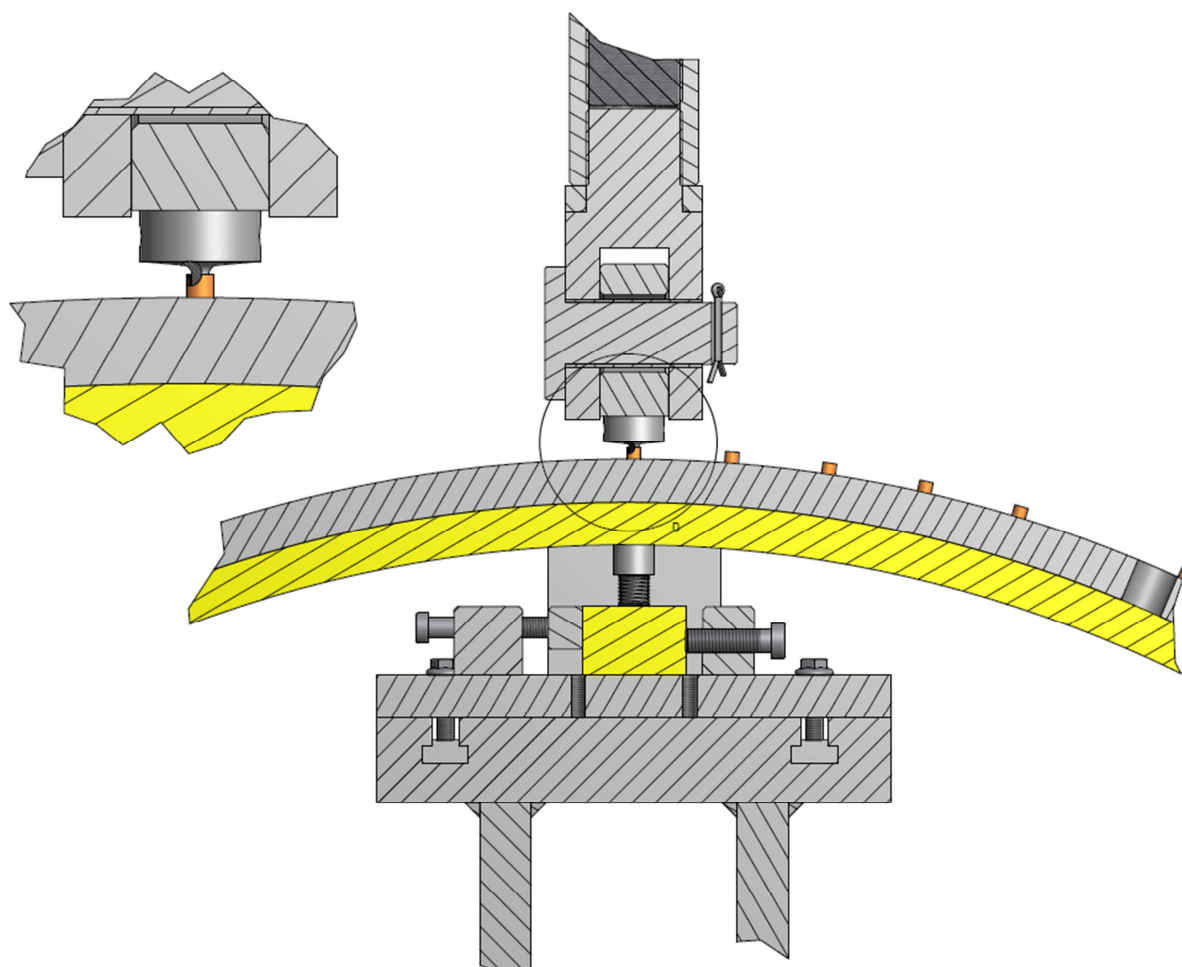
Притиском на дугме укључује се хидраулична преса и клип се креће на доле према наковњу или доњем алату на коме је већ постављена тракаста кочница.

Притиском на траки у првом делу рада клипа уводе се заковице у одговарајуће рупе а у другом делу рада помоћу обликача врши се пластична деформација врха полуцевасте заковице и обезбеђује чврст спој траке облоге (слика 6.26).

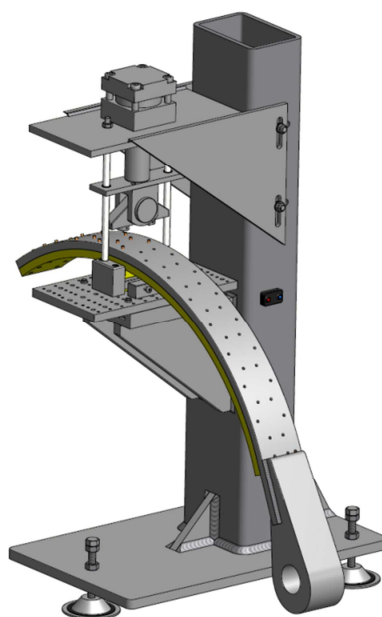
Радник који опслужује машину помера тракасту кочницу, поставља други пар закивака и центрира траку па би се такав процес понављао све док цела тракаста кочница на буде закована прописаним закивцима.



Слика 6.25. Позиционирање траке и облоге кочнице



Слика 6.26. Закивање траке и облоге тракасте кочнице



Слика 6.27. Приказ рада машине у изометрији



7. Техно економска анализа ефеката реинжењеринга и процена повраћаја уложених средстава

Техно економска анализа представља детаљну анализу постојећег стања у процесу производње и свих утицајних фактора, анализу након увођења технолошких промена са предпостављеним факторима и њихово поређење. Она је неопходан корак пре усвајања било које идеје како би се сагледала оправданост увођења технолошких промена.

Анализа подразумева варијанте извођења технолошких операција, временске нормативе у структури технолошког процеса, економичност варијаната технолошких процеса и производност технолошког процеса.

Произвођа витла а самим тим и тракастих кочница за витло у фабрици *РАПП ЗАСТАВА* није серијска већ појединачна и она износи око 60 витала или око 100



тракастих кочница годишње.

Садашњи начин производње тракастих кочница је већ раније описан и он се базира на ручној производњи. Карактеристике таквог начина обраде су опште познате. Потребно је нагласити да ову операцију обављају два радника и за обраду једне тракасте кочнице са 134 рупе утросе 58 min. радног времена што за два радника износи укупно 116 min. За производњу 100 тракастих кочница утроси се 11 600 min. или око 193 радних часова.

Увођење специјаног алата и прибора и применом машинске производње у процесу закивања анагажује се само један радник ниже стручне спреме, који опслужује машину. За обраду једне тракасте кочнице утроси се 8,9 min. што на годишњем нивоу износи 14,8 радних часова.

На табели (7.1) приказан је упоредни временски ток две варијанте производних процеса. Из табеле се видети да се увођењем технолошких промена годишње уштеди 178,5 радних часова. Ако просечна цена машинског сата износи 1 500 динара произилази да се годишње може уштедети 267 750 динара.

Табела 7.1. Времени ток обраде

Број подоперација	Опис радње	ВРЕМЕ	
		Постојећи процес	Након побољшања
1	Увођење закивка	15 sec.	1 sec.
2	Обрада закивка	7 sec.	1 sec.
3	Контрола	4 sec.	2 sec.
Укупно за 1 закивак		26 sec.	4 sec.
Укупно за траку		58 min. x 2 = 116min	8,9 min.
Укупно за годину		193,3 h	14,8 h

Постојећа варијанта производње тракасте кочнице доводи до повремених оштећења заковице па је за откањање тих оштећења потребно у просеку још 10 % (посто) утросених радних часова, што на годишњем нивоу износи 19,3 % радна часа (слика 7.1).



Слика 7.1. Приказ оштећеног закивка - шкарта

Увођењем специјалних алата и прибора оштећење закивка сведено је на минимум јер су силе које делују на закивак константне и унапред прорачунате.

Претходни приказни специјални алати и прибор као и машина (поглавље 5 и 6) коју је неопходно конструисати и изградити не могу се наћи на слободном тржишту, те их је неопходно произвести у сопственој режији, док се адекватани хидраулични цилиндар може наћи на слободном тржишту по цени од 54 000,00 дин.

Како фабрика РАПП ЗАСТАВА располаже са стручним кадром и радионичким капацитетом у могућности је да својим радионицама произведе приказани алат, прибор и машину. Трошкови производње приказани су табеларно на слици (табела 7.2.).

Табела 7.2. Утрошак радних часова и материјала

Прорачун цене израде специјалног алата, прибора и машине			
Ред. Бр.	Наименовање	Количина	Износ динара
1	Израда алата и прибора	20 радних часова	30.000,00
2	Утрошак материјала (алат и прибор)	10 kg. Č0563	1.120,00
3	Конструкција и израда машине	40 радних часова	60.000,00
4	Утрошак материјала за машину	230 kg Č.0000	25.300,00
5	Уградња и монтажа	10 радних часова	15.000,00
6	Укупно		131.420,00

Цена укупне машине укључивала би збир цене израде специјалног алата, прибора и машине и цене хидрауличног цилиндра што износи:



$$131\,420 + 54\,000 = 185\,420,00 \text{ DIN.}, (A-50)$$

Рационалним ангажовањем стручних кадрова и постојећих капацитета *РАПП ЗАСТАВА* може израдити предложену машину са специјалним алатом и проборм у веома кратком временском периоду, а финансијска средства могу бити повраћена на нивоу до две године дана.

Увођење технолошких промена имало би за резултат смањење броја радника са садашњих два на једног и позитивне ефекте са аспекта безбедности при раду што је веома значајно у савременим условима производње.



8. Закључци

Производња витла све више поприма на значају с обзиром на широку примену витла у машинству, бродоградњи, грађевинарству, шумарству и др. делатностима. То само по себи указује на потребу увођења нових технолошких процеса и побољшања услова производње у целини обзиром на тренд повећања укупне производње витла у свету.

У фабрици RAPP Застава на годишњен нивоу произведе се преко 60 витла или око 100 тракастих кочница за витло.

У оквиру овог рада разматрана је и детаљно анализирана производња тракасте кочнице за витло у фабрици RAPP Застава са тежиштем на производној операцији спајања кочионе траке са облогом, што се постиже процесом закивања. Наведена производна операција се тренутно у RAPP Застави обавља без ангажовања машина специјализованих за тај процес рада, већ се изводи ручно уз примену инпровизованог алата. Резултат таквог рада су слаба продуктивност, повремена оштећења закивака што проузрокује шкарт, а самим тим и материјалну штету, велико физичко напрезање радника и ризик од повреде на раду као и непотребно ангажовање два радника на једном радном месту.

Увођењем специјалног алата и прибора који истовремено закивају два закивка може се унапредити производња са више аспеката техничке и економске природе. Предложено решење према прорачуну смањује време потребно за реализацију ове производне операције са 116 минута на свега 9 минута по једној тракастој кочници, чиме се могућности производње знатно повећавају. Анализом и прорачунима (FEM анализом закивка) дошло се до адекватног интензитета силе коју генерише хидраулична преса што искључује и своди на минимум оштећења закивка, побољшава квалитет а самим тим и поуздаост кочења. Машинском производњом која би заменила ручну, побољшавају се услови рада и смањује ризик од повређивања. Такође уместо два радника која тренутно обављају ову радну операцију, потребан је само један радник да опслужује машину.

Конструкцији предложеног алата и прибора претходиле су неопходне анализе и прорачуни, па се реално очекује висока поузданост у раду. Конструкцијским решењем омогућује се замена тј. подешавање алата и прибора у зависности од карактеристика



тракасте кочнице која се обрађује.

Предложени специјални алати и прибор као и машина једноставне су конструкције и погодни за израду и безбедан рад у процесу производње. Цена коштања израде предложеног технолошког решења није велика, а фирма располаже са стручним кадром и радионичким капацитетом за производњу исте. Прорачуном је утврђено да би повраћај уложених финансијских средстава био могућ на нивоу од две године дана.

На основу свих анализа и прорачуна може се закључити да је реализација предложених алата и прибора реална потреба фабрике, тим пре што је иницијатива за технолошким променама дошла од стране руководећег кадра RAPP ЗАСТАВА.



9. Списак слика и табела

Слика 1.1.	Страна 5	Преузета са интернета
Слика 1.2.	Страна 6	Преузета са интернета
Слика 1.3.	Страна 7	Сопствени рад
Слика 1.4.	Страна 8	Преузета са интернета
Слика 1.5.	Страна 8	Преузета са интернета
Слика 1.6.	Страна 10	Преузета са интернета
Слика 1.7.	Страна 10	Преузета са интернета
Слика 1.8.	Страна 11	Преузета са интернета
Слика 1.9.	Страна 12	Ауторска фотографија
Слика 1.10.	Страна 12	Ауторска фотографија
Слика 1.11.	Страна 13	Ауторска фотографија
Слика 1.12.	Страна 13	Ауторска фотографија
Слика 1.13.	Страна 13	Ауторска фотографија
Слика 1.14.	Страна 14	Ауторска фотографија
Слика 1.15.	Страна 14	Преузета са интернета
Слика 1.16.	Страна 15	Преузета са интернета
Слика 1.17.	Страна 16	Ауторска фотографија + CAD
Слика 2.1.	Страна 18	Преузета са интернета
Слика 2.2.	Страна 20	Преузета са интернета
Слика 2.3.	Страна 20	Сопствени рад
Слика 2.4.	Страна 22	Сопствени рад
Слика 2.5.	Страна 22	Сопствени рад
Слика 2.6.	Страна 23	Преузета са интернета
Слика 2.7.	Страна 24	Преузета са интернета
Слика 2.8.	Страна 24	Преузета са интернета
Слика 2.9.	Страна 25	Преузето из књиге
Слика 2.10.	Страна 25	Преузето из књиге
Слика 2.11.	Страна 27	Преузето из књиге
Слика 2.12.	Страна 28	Сопствени рад
Слика 2.13.	Страна 30	Преузето из Инвентора
Слика 2.14.	Страна 31	Преузето из Инвентора
Слика 2.15.	Страна 32	Сопствени рад
Слика 2.16.	Страна 33	Сопствени рад и ауторска
Слика 2.17.	Страна 33	Узета из фирме
Слика 2.18.	Страна 34	Сопствени рад
Слика 2.19.	Страна 35	Сопствени рад
Слика 2.20.	Страна 35	Сопствени рад
Слика 2.21.	Страна 36	Преузета са интернета
Слика 2.22.	Страна 36	Преузета са интернета



Слика 3.1.	Страна 40	Преузето из Инвентора
Слика 3.2.	Страна 40	Ауторска фотографија
Слика 3.3.	Страна 41	Ауторска фотографија
Слика 3.4.	Страна 42	Преузето из Инвентора
Слика 3.5.	Страна 42	Ауторска фотографија
Слика 3.6.	Страна 43	Ауторска фотографија и из програма
Слика 3.7.	Страна 43	Ауторска фотографија
Слика 3.8.	Страна 44	Ауторска фотографија
Слика 3.9.	Страна 45	Ауторска фотографија
Слика 3.10.	Страна 46	Преузето из Инвентора и ауторска
Слика 3.11.	Страна 47	Ауторска фотографија
Слика 3.12.	Страна 48	Ауторска фотографија
Слика 3.13.	Страна 49	Сопствени рад
Слика 3.14.	Страна 49	Сопствени рад
Слика 3.15.	Страна 50	Ауторска фотографија
Слика 3.16.	Страна 51	Ауторска фотографија
Слика 3.17.	Страна 51	Ауторска фотографија
Слика 3.18.	Страна 51	Ауторска фотографија
Слика 3.19.	Страна 52	Ауторска фотографија
Слика 3.20.	Страна 53	Ауторска фотографија
Слика 3.21.	Страна 54	Ауторска фотографија
Слика 3.22.	Страна 54	Ауторска фотографија
Слика 3.23.	Страна 54	Ауторска фотографија
Слика 3.24.	Страна 55	Преузета из фирме
Слика 3.25.	Страна 55	Ауторска фотографија
Слика 3.26.	Страна 56	Ауторска фотографија
Слика 4.1.	Страна 58	Преузето из књиге
Табела 4.1.	Страна 59 и 60	Преузето из књиге
Слика 4.2.	Страна 60	Преузета са интернета
Слика 4.3.	Страна 61	Преузето из Инвентора
Слика 4.4.	Страна 61	Преузета са интернета
Табела 4.2.	Страна 62	Преузета са интернета
Слика 4.5.	Страна 62	Преузета са интернета
Слика 4.6.	Страна 63	Сопствени рад
Слика 4.7.	Страна 63	Сопствени рад
Слика 4.8.	Страна 64	Ауторска фотографија
Слика 4.9.	Страна 65	Ауторска фотографија
Слика 5.1.	Страна 68	Сопствени рад
Слика 5.2.	Страна 70	Ауторска фотографија
Слика 5.3.	Страна 71	Сопствени рад
Табела 5.1.	Страна 72	Сопствени рад



Слика 5.4.	Страна 72	Сопствени рад
Слика 5.5.	Страна 73	Сопствени рад
Слика 5.6.	Страна 73	Сопствени рад
Слика 5.7.	Страна 74	Сопствени рад
Слика 5.8.	Страна 75	Сопствени рад
Слика 5.9.	Страна 76	Сопствени рад
Слика 5.10.	Страна 77	Сопствени рад
Слика 6.1.	Страна 79	Сопствени рад
Слика 6.2.	Страна 81	Преузето из Симуфакт форминга
Слика 6.3.	Страна 81	Преузето из Симуфакт форминга
Слика 6.4.	Страна 82	Преузето из Симуфакт форминга
Слика 6.5.	Страна 82	Преузето из Симуфакт форминга
Табела 6.1.	Страна 82	Сопствени рад
Слика 6.6.	Страна 83	Преузето из Симуфакт форминга
Табела 6.2.	Страна 83	Преузето из Симуфакт форминга
Табела 6.3.	Страна 83	Преузета са интернета
Слика 6.7.	Страна 84	Преузето из Симуфакт форминга
Слика 6.8.	Страна 84	Ауторска фотографија
Слика 6.9.	Страна 85	Сопствени рад
Слика 6.10.	Страна 85	Сопствени рад и ауторска слика
Слика 6.11.	Страна 86	Преузето из Симуфакт форминга
Слика 6.12.	Страна 86	Преузето из Симуфакт форминга
Табела 6.4.	Страна 87	Преузето из Симуфакт форминга
Табела 6.5.	Страна 88	Преузето из Симуфакт форминга
Слика 6.13.	Страна 89	Преузето из Симуфакт форминга
Слика 6.14.	Страна 89	Преузето из Симуфакт форминга
Слика 6.15.	Страна 91	Преузета са интернета
Слика 6.16.	Страна 92	Преузета са интернета
Слика 6.17.	Страна 93	Ауторска фотографија
Слика 6.18.	Страна 94	Сопствени рад
Слика 6.19.	Страна 94	Сопствени рад
Слика 6.20.	Страна 95	Сопствени рад
Слика 6.21.	Страна 95	Сопствени рад
Слика 6.22.	Страна 96	Сопствени рад
Слика 6.23.	Страна 96	Сопствени рад
Слика 6.24.	Страна 97	Сопствени рад
Слика 6.25.	Страна 98	Сопствени рад
Слика 6.26.	Страна 99	Сопствени рад
Слика 6.27.	Страна 99	Сопствени рад
Табела 7.1.	Страна 101	Сопствени рад
Слика 7.1.	Страна 102	Ауторска фотографија
Табела 7.2.	Страна 102	Сопствени рад



10. Литература

- [1] Lim Buan Teck, Danny, **AM16 Improvement in Desing of Winches**, Degree of Bachelor of Engineering, National University of Singapore, 2005
- [2] Интернет страница: <http://en.wikipedia.org/wiki/Winch#History>, приступљено у септембру 2012,
- [3] Michael Markey, **SINGLE DRUM WINCH DESIGN**,
- [4] Bülent Erdem, **DECK MACHINERIES: WINDLASS AND WINCHES ON BOARD OFFSHORE AND ASHORE**, Naval Architect, Script (Скрипта у ПДФ-у),
- [5] Бобан Симић, **КОНСТРУКЦИЈА И АНАЛИЗА БРОДСКОГ ВИТЛА У КАД СОФТВЕРУ**, Факултет инжењерских наука, Крагујева, 2012
- [6] Мирослав Огњеновић, **МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ**, Књига са решеним примерима, подацима и задацима за вежбу, Машински факултет у Београду, 2001
- [7] Вера Николић, **МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ1**, Теорија, Прорачун, и Примена, Машински факултет у Крагујевцу, 2004
- [8] William C. Orthwein, **CLUTCHES AND BRAKES**, Design and Selection, Second Edition, Southern Illinois University at Carbondale Carbondale, Illinois, U.S.A., 2004
- [9] Радован Славковић, Ненад Милорадовић, Родољуб Вујанац **ТРАНСПОРТНИ УРЕЂАЈИ И МАШИНЕ**, Скрипта, Машински факултет у Крагујевцу, 2004, (Катедра за машинске конструкције и механизацију),
- [10] Интернет страница: <http://rappmarine.com/category/research-vessels1>, приступљено у октобру 2012
- [11] Ратко Митровић, **ПРОЈЕКТОВАЊЕ ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА**, Књига, Машински факултет у Београду, 1991
- [12] А. Симић, **CNC машина за гасно - пламено сечење и заваривање помоћу ацетилена (MESSR ОПРЕМА)**, семинарски рад из предмета савремени обрадни системи, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2012
- [13] А. Симић, **Програмирање MESSER CNC машине за гаснопламено сечење**, семинарски рад из предмета савремени обрадни системи, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2012
- [14] Богдан Недић, Миодраг Лазић, **ОБРАДА МЕТАЛА РЕЗАЊЕМ**, Скрипта, Машински факултет у Крагујевцу, 2007
- [15] Мр Радомир М. Милићевић, **ЗАВАРИВАЊЕ**, поступци, испитивање, заштита, Београд, 2011
- [16] М. Јовановић, Д. Адамовић, В. Лазић, **ТЕХНОЛОГИЈА ЗАВАРИВАЊА**, Припучник, Машински факултет у Крагујевцу, 1996
- [17] Интернет страница: <http://www.wisegeek.com/what-is-sandblasting.htm>, приступљено у октобру 2012,
- [18] Анђелка Станковић, **Анализа оправданости увођења специјалног уређаја за заваривање елемената витла и осталих ротационих делова из производног програма фабрике „РАПП ЗАСТАВА“**, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2012
- [19] Спасоје Драпић, **Машински елементи 1**, за други разред машинске школе, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1988,



- [20] Интернет страница:
<http://www.parchsaz.com/english/countersunk%20head%20rivet-L.htm>, приступљено у новембру 2012,
- [21] Тадић, Б., *Специјални стезни прибори – збирка решених задатака*, Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет, Крагујевац, 2002.
- [22] Интернет страница: <http://www.tracepartsonline.net/>, CAD модели преузети из каталога компаније HP SYSTEM, приступљено у децембру, 2012
- [23] Јовичић, М., Кршљак, Б., *Основе конструисања алата и прибора*, Научна књига, Београд, 1990.
- [24] Bi, Z. M., Zhang, W. J. *Flexible fixture design and automation: Review, issues and future directions*, International Journal of Production Research Vol. 39, No.13, pp.2867-2894, 2001.
- [25] Борас, Б., *Механизиране и аутоматизирене направе и уређаји*, Свеучилиште у Загребу, Факултет стројарства и бродоградње, Загреб, 1980
- [26] Тадић, Бранко, *Обрадни процеси и специјалне машине и уређаји*, монографија, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2006.
- [27] Огњановић, М., Милтеновић, В., *Машински елементи – машински спојеви*, Грађевинска књига, Београд, 1993.
- [28] Tan, E. Y. T., Senthil Kumar, A., Fuh, J. Y. H., Nee, A. Y. C. *Modeling analysis and verification of optimal fixturing design*, IEEE Transactions on Automation Science And Engineering, Vol. 1, No. 2, pp 121-132, 2004.

При изради рада коришћени су различити софтверски програми ради што прецизнијег реализовања истог. Програми који су коришћени су:

- *Microsoft office – пакет,*
- *Portable Fireworks CS5,*
- *AutoDesk Inventor 2012,*
- *Auto CAD 2012,*
- *Catia V5R21,*
- *Simufact Forming,*