

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу

Станковић Г. Анђелка

**Анализа оправданости увођења специјалног
уређаја за заваривање елемената витла и осталих
ротационих делова из производног програма
фабрике „Рап Застава“**

-мастер рад-

Крагујевац, 2012.

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Савремени обрадни системи

Број индекса: 327/2010

Станковић Г. Анђелка

**Анализа оправданости увођења специјалног
уређаја за заваривање елемената витла и осталих
ротационих делова из производног програма
фабрике „Рап Застава“**

-мастер рад-

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф. др Бранко Тадић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да

анализира постојећу технологију израде склопа и елемената витла у фабрици Рап Застава. Посебан део рада треба да се односи на теоријску анализу и пројектовање специјалног уређаја који ће обезбедити нижу цену коштања групе производних операција које се односе на заваривање габаритно већих делова облика диска.

Препоручена литература:

- [1] Јовичић, М., Кршљак, Б., *Основе конструисања алата и прибора*, Научна књига, Београд, 1990.
- [2] 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.
- [3] Борас, Б., *Механизиране и аутоматизирани направе и уређаји*, Свеучилиште у Загребу, Факултет стројарства и бродоградње, Загреб, 1980.
- [4] Тадић, Бранко, *Обрадни процеси и специјалне машине и уређаји*, монографија, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2006.
- [5] Огњановић, М., Милтеновић, В., *Машински елементи – машински спојеви*, Грађевинска књига, Београд, 1993.
- [6] Тадић, Б., *Специјални стезни прибори – збирка решених задатака*, Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет, Крагујевац, 2002.
- [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.

Крагујевац, октобар 2012.

ментор:

Др Бранко Тадић, ред. проф.

**АНАЛИЗА ОПРАВДАНОСТИ УВОЂЕЊА СПЕЦИЈАЛНОГ УРЕЂАЈА ЗА
ЗАВАРИВАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА И ОСТАЛИХ РОТАЦИОНИХ ДЕЛОВА ИЗ
ПРОИЗВОДНОГ ПРОГРАМА ФАБРИКЕ „РАПП ЗАСТАВА“**

Анђелка Станковић

Факултет инжењерских наука, сестре Јањић 6 Крагујевац

Резиме:

У раду је анализирана оправданост увођења уређаја за обезбеђење ротационог кретања и позиционирања при заваривању ротационих делова. Прва поглавља рада обухватају опис и анализу елемената који се у фабрици израђују и проблем извођења операција заваривања. Затим следи предлог решења у виду конструкције уређаја који ће поменуте процесе учинити ефикаснијим у техничком и економском смислу. Последње поглавље представља техноекономску анализу постигнутих ефеката као и закључке који произилазе на основу извршених техноекономских анализа.

Кључне речи: витло, заваривање, ротациони сто, позиционер

**ANALYSIS OF JUSTIFICATION FOR INTRODUCING SPECIAL DEVICE FOR
WELDING ELEMENTS AND OTHER ROTATING PARTS FROM PRODUCT
RANGE IN FACTORY "RAPP ZASTAVA"**

Abstract:

This paper analyzes the reasons for the introduction of devices for providing rotational movement and positioning during the welding of rotating parts. The first chapters of the work include a description and analysis of the elements that are made in the factory and the problem of their welding. Then follows the proposed solution in the form of construction of device to make mentioned processes easier in technical and economic sense. The last chapter presents the technoeconomic analysis of the effects and conclusions based on practical experience of the author.

Key words: winch, welding, rotary table, positioner

ПРЕДГОВОР

При изради овог мастер рада решавани су практични проблеми и као резултат рада изведена је реална конструкција. Велика мотивација је дошла и од тога, што сам претходне године била учесник стипендијског програма који нам је у сарадњи са факултетом омогућила компанија *Rapp Marine Group*.

Писање овог мастер рада је трајало неколико месеци, док је сакупљање информација и знања потребних за његово комплетирање трајало много дуже. Постоји много људи којима морам бити захвална на подршци, сарадњи и пруженим информацијама. Да није било тих људи вероватно не бих успела да напишем рад оваквог обима и садржине.

Захваљујем се пре свега свом ментору, проф. др Бранку Тадићу, на неизмерној помоћи и сугестијама, на томе што и када је било изузетно напорно и тешко није дозволио да посустанем и изгубим вољу.

Веома сам захвална Бојану Богдановићу и Саше Ранђеловићу, на разумевању и помоћи око конструкције и неких техничких питања.

Желим да се захвалим и госпођи Тове Петерсен (норв. *Tove Pettersen*), генералној директорки компаније *Rapp Marine Group*, на пружаним информацијама током целог стипендијског програма, на изузетном разумевању за наш рад и на неизмерној гостопримљивости при нашој посети матичној фирми у Норвешкој.

Не могу да не поменем најбитније особе у читавој причи, моје родитеље и брата, који су били уз мене сваког трена протеклих година, и помогли ми својом подршком да успешно стигнем до краја студија.

САДРЖАЈ

1. Увод _____	1
1.1 Задатак _____	1
1.2 Мотивација _____	1
1.3 Историјски развој конструкције витла _____	2
1.4 Историјски развој и садашњи трендови развоја металопрерађивачке индустрије _____	3
2. Проблеми заваривања ротационих делова већих габарита _____	6
3. Функција и намена витла _____	8
3.1 Концепт витла и његова функција _____	8
3.2 Типови витла _____	11
4. Елементи витла _____	15
4.1 Склоп витла _____	15
4.2 Добош витла _____	17
4.3 Носач витла _____	17
4.4 Појасна кочница _____	18
4.5 Погон _____	19
4.6 Систем за вођење ужета _____	19
5. Технологија израде витла _____	20
5.1 Операције механичке обраде _____	20
5.2 Операције заваривања _____	23
5.3 Контрола заварених спојева _____	27
5.4 Површинска заштита _____	29
5.5 Монтажа _____	32
5.6 Напомене везане за одржавање и контролу _____	34
6. Анализа расположивих ресурса везаних за операције заваривања ротационих делова _____	36
7. Предлози за побољшање стања преко увођења специјалних прибора и уређаја _____	40
7.1 Могући правци побољшања стања у домену прибора и уређаја _____	40
7.2 Концепт идејног решења уређаја за заваривање ротационих делова _____	41
7.3 Прорачун погонске снаге и опсег брзина ротације платформе уређаја _____	42
7.4 Конструктивно решење уређаја _____	47
7.5 Конструктивна решења карактеристичних детаља уређаја _____	49
8. Техноекономска анализа ефеката реинжењеринга и процена повраћаја уложених финансијских средстава _____	54
Закључци _____	56
Литература _____	58
Прилог _____	

1. Увод

1.1 Задатак

Задатак мастер рада је првенствено примена теоријског и експерименталног знања стеченог досадашњим студирањем, и практичног искуства стеченог током праксе у фирми Рап Застава. Рад обухвата тенхологију израде витла и конструкцију уређаја који оптимизира процес заваривања. У процесу израде витла најзахтевнија је технологија заваривања. Неопходно је омогућити тачност и поузданост овог процеса, а притом задовољити и ергономске захтеве. Стална тежња бољој организованости производње је подстрек за нове идеје и њихову реализацију. Успешнију производњу омогућава увођење помоћних уређаја, као што је окретни сто са позиционером и два степена слободе. Задатак рада претпоставља да ће се конструкцијом окретног стола оптимизирати производња и постигнути значајни ефекти стабилности и поузданости процеса.

Идеја за овај рад се развила током бројних консултација са запосленима у фабрици Рап Застава и анализом њихових потреба. Након вишемесечне праксе у компанији Рап Марин Групе (*Rapp Marine Group*) стечена искуства и знање било је веома корисно и било је пожељно то знање преточити у решење конкретног проблема. Пројектовање окретног стола са две степена слободе треба да омогући успешнији процес заваривања цилиндричних делова витла и осталих елемената облика диска, што ће дати одговарајуће уштеде машинског времена и значајне финансијске ефекте.

1.2 Мотивација

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 цене производа све више се води рачуна о оптимизацији и управљању процесима. Допринос може бити и у виду више мањих промена као што су увођење поузданих и економичних уређаја, прибора, алата или пак побољшање саме технологије производње. Овакав поглед на производњу омогућава континуални и стални прогрес.

Мотивација за писање овог рада била је унапређење процеса производње у фабрици Рап Застава у техничком и економском смислу. Искуства стечена током праксе у фирми Рап Застава и Рап Хидема аутору овог рада била су изазов да се упусти у решавање једног комплекснијег проблема.

1.3 Историјски развој конструкције витла

Витло је уређај који служи за дизање и повлачење терета намотавањем ужета (ланца) на добош. Може бити погоњено људском снагом, електромотором или хидромотором.

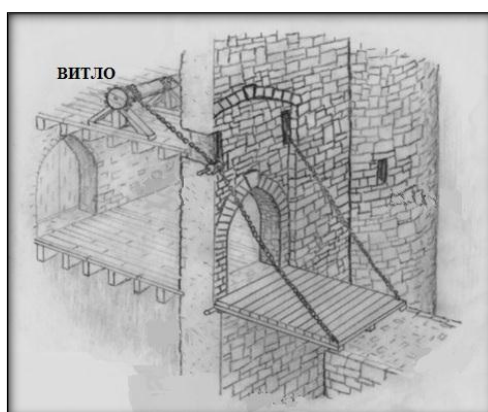
Претпоставља се да је прва и најједноставнија примена витла била код бунара, 1000 година п.н.е на подручју средњег истока. Нешто слично може се и данас видети (слика 1.1). Та једноставна конструкција се састојала од добоша и ручице директно причвршћене за осу добоша [1].



Слика 1.1 Бунар [2]

Витло спада међу најстарије уређаје који људи користе хиљадама година. Први записи о коришћењу витла потичу из доба персијских ратова (480. г.п.н.е) када су коришћена за подизање и спуштање мостова (слика 1.2) [1].

У грађевини се витло користило у време Аристотела (IV век п.н.е).



Слика 1.2 Покретни мост [3]

Првобитна витла (Слика 1.3) су била погоњена или снагом мишића руку, или системом као што су педале код бицикле. Током векова конструкција им се није много мењала, све до изума ланчаника, зупчаника, а самим тим и редуктора и осталих механичких преносника. Ти изуми су омогућили да се улагањем мање снаге постигне већи обртни момент. Тада се и примена витла раширила. Витла су још више унапређена крајем деветнаестог и почетком двадесетог века изумом мотора са унутрашњим сагоревањем.

Бродска витла из деветнаестог века доста подсећају на данашња витла, уз неке разлике: на данашњим бродским витлима углавном се за погон користе електромотор или хидромотор, данашња витла углавном имају уређај за померање ужета ради правилног намотавања на добош. Међутим та побољшања су много утицала и на масу конструкције данашњих витла [4].



Слика 1.3 Један од првих изгледа витла [5]

1.4 Развој и садашњи трендови развоја металопрерађивачке индустрије

Обрада метала кроз историју се развијала и трпела многе промене. Да би се довела на ниво на коме је данас, обрада је прошла многе фазе и заузела водеће место у светској индустрији.

До прве половине 18-тог века, дрво је било главни материјал коришћен у инжењерској струци. За обликовање комада од дрвета, занатлије су користиле машине алатке – међу њима и струг – које су биле карактеристично прављене од дрвета такође. Бушење топова, производња металних завртњева и малих инструмената су били изузеци: ови процеси су захтевали металне алате. Са појавом прве високе пећи за топљење руде гвожђа долази до наглог развоја обраде метала. Изненада су се појавили захтеви за металним конструкцијама.

Револуцију је започела парна машина, са својим великим металним цилиндрима и другим деловима јединствене димензионе тачности, која је водила првом великом развоју у резању метала 1760тих година. Метал од кога је израђена прва парна машина није био лак за обраду. Сиво ливено гвожђе, ковано гвожђе, месинг и бронза лако су сечени коришћењем алата од каљеног угљеничног челика. Начин загревања алата од челика развијан је вековима од стране занатлија, мада се брзо деградирање алата могло избећи само коришћењем режима резања са малим брзинама. Било је потребно више од 27 радних дана да се избруси и обради само један од Ватових

великих цилиндара. Крајем осамнаестог века направљене су металне компоненте цилиндричних и равних површина, навоји, жлебови, отвори на многим облицима захтеваним развојем индустрије. Струг, рендисалка, машина за глодање, бушилица и тестера на погон су се развиле у машине на којима се могао обрадити велики број прецизних обрадака што никада раније није било могуће.

До 1860. основни проблем, како произвести захтеване облике од постојећих материјала, био је решен. Било је малих промена у материјалима за обраду – ливено гвожђе, ковано гвожђе и неколико легура на бази бакра. Челични алати са високим процентом бакра, каљени од стране ковача, још увек одговарају на све захтеве машинске обраде. Квалитет и постојаност челичних алата су унапређивани вековима, процесом производње челика.

Са појавом Бесемеровог поступка прављења челика, челик постаје водећи конструктивни материјал. Индустрија је захтевала огромне количине челика (производња челика је убрзо прекорачила ранију производњу ливеног гвожђа) и њихову обраду према посебним критеријумима. Легуре челика су се показале много тежим за обраду него ливено гвожђе, и брзине резања су морале бити много ниже него раније да би се одржао оптималан радни век алата. Како се ближио крај 19. века трошкови радне снаге и основних средстава обраде су постајали велики. Подстицај да се умање трошкови убрзавањем и аутоматизацијом процеса резања постао је све интензивнији. До данашњих дана оваква идеја служи као главни подстрек пред технолошким развојем на пољу резања метала.

У последњем веку најважнија тема је руковање новим материјалима резних алата. Продуктивност се не може значајно повећати без већих брзина резања. Ово се постиже коришћењем алата од брзорезног челика и алата од цементираног карбида, насупрот алатима од традиционалног угљеничног челика. Следећи велики корак је развој керамике и ултра-тврдох алатних материјала.

Дизајнери су прилагодили облике алата у сврху продужавања радног века алата уз високе брзине резања, док су произвођачи мазива развили нова средства за хлађење и подмазивање како би се побољшао квалитет површине и омогућиле веће брзине одвођења струготине. Контролисање алата је такође напредовало у односу на дане када се машинама управљало ручно. Све више је процес резања метала обједињен рачунарски софтвером и хардвером који контролишу алат машине. Машинирање данас захтева шири асортиман вештина него што је постојао вековима раније: нпр. компјутерско програмирање и знање о електронској опреми [6].

Многе нове легуре су развијене да успешно одговоре захтевнијим режимима који подразумевају већа оптерећења, температуре и друге посебне захтеве, као што су повећање корозивне отпорности или отпорности на хабање, наметнутих захтевима индустрије. Неки од ових материјала, као алуминијум и магнезијум, су лаки за обраду, али други, као што је високо-легирани челик и легуре никла, су тежи за обраду, док су њихове особине (чврстоћа, постојаност...) унапређене. Алатне машине и резни алати морали су да развију нове стратегије да би се избориле са овим новим материјалима. У исто време, главни произвођачи метала морају одговорити потражњи производних инжењера по питању метала који се могу брже обрађивати.

Од 1970. до данас, машине алатке новог дизајна су почеле у значајној мери да се уводе у прерађивачку индустрију, са ефектом великог скраћења времена за позиционирање алата и празан ход. Рачунаром нумерички управљани системи (CNC) произашли су директно из нумерички управљаних (NC) машина и 1950-их. Код традиционалних, механички контролисаних машина алатки, потребна усклађеност између главног обртног кретања радног комада и корака алата изводила се погоним са само једног мотора. Корак алата се изводио са главног кретања преко редуктора и лаког вучног вретена (или завојног вретена). Са изузетком машина познатих као копирне машине (чији се помак изводи праћењем копије облика који с прави), једноставна корачна кретања су извођена на нпр. стругу где постоје аксијални и радијални правац.

На CNC машини алатки, сва кретања су механички одвојена, свако има погон сопственог мотора и свако је повезано електронски (рачунаром) са другим. Не само да су могућа компликованија корачна кретања, нпр. комбинација радијалног и аксијалног корака да се направи радијус или да се искористи краће растојање између две тачке на различитим аксијалним и радијалним позицијама, већ је захтев за повезивањем довео ка развоју прецизнијег корачног кретања. Овако тачно нумерички контролисано померање, са способношћу брзог погоњења алата током празног хода, заједно са другим редукцијама и подешавањима је довело до смањења непроизводног времена за скоро половину у односу на ниво пре 1970. године.

Следеће половљење непродуктивног времена било је могуће од 1980. до данас, пошто су се у производној индустрији појавили нови типови машина звани стругарски центри (слични струговима) и обрадни центри (развијени из глодалица). Ови нови алати, прво произведени 1960-их за масовну индустријску производњу, појединачно могу да изведу операције које су некада захтевале неколико машина алатки. На пример, на традиционалном стругу могуће је користити различите алате за радни комад монтиране на стезну главу. На новом стругарском центру неки алати могу бити гоњени главним погоном, који је обично намењен обртању радног комада, а могу бити коришћени за помак да омогуће да глодање и бушење буду изведени на машини у истој мери као и стругање [7].

Данашњи трендови развоја металопрерађивачке индустрије иду у смеру максималног скраћења времена израде и потпуне роботизације производних система. Са тим у вези алатне машине, алати, специјалне машине, уређаји и стезни прибори сваким даном се усавршавају по питању на само конструкције, већ и самих принципа њиховог функционисања.

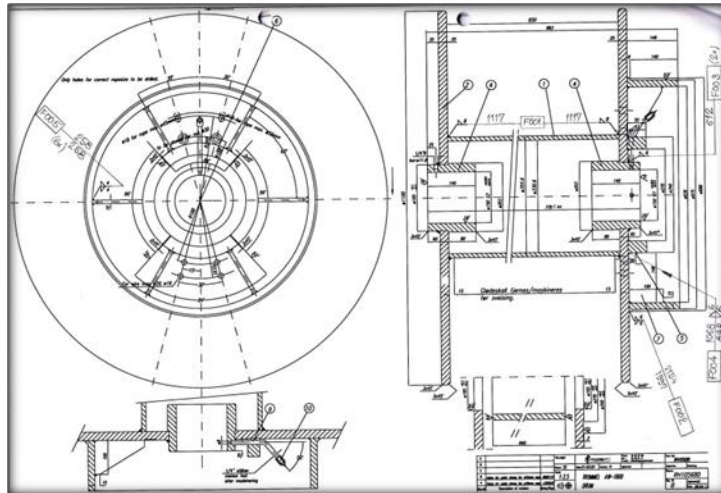
2. Проблеми заваривања ротационих делова већих габарита

При заваривању делова великих димензија јавља се већи број техничких проблема. Фабрика Рап Застава располаже малим простором намењеним заваривачком одељењу. Делове великих габарита неопходно је правилно поставити и око њих раднику омогућити слободно кретање.

На слици 2.1 дат је пример једног добоша витла чији су шавови обележени на техничком цртежу на слици 2.2.



Слика_ 2.1 Добош [8]



Слика_ 2.2 Техн. цртеж добоша [9]

На основу прелиминарне заваривачке процедуре за угаони Т шав важе подаци из табеле 2.1. У табели се може уочити да се поменути шав, због свог положаја врло често не може извести без прекида. Прекидањем заваривања и променом правца може доћи до низа потешкоћа. Пре свега морају се подесити параметри као што су јачина струје, напон и брзина заваривања, на шта се троши време.

Табела 2.1 Процедура заваривања

Процес заваривања		136	136
заштитни гас		феромикс С 18	феромикс С 18
положај заваривања		<u>РВ (равно),</u>	<u>РФ (вертикално-нагоре)</u>
врста споја		Т сучеони	Т сучеони
начин припреме		брушење	брушење
начин чишћења		четкање	четкање
једна-две стране		две	две
вађење корена		брушењем	брушењем
угао горионика		70-90	70-90
дужина жице		15-20 мм	15-20 мм
унутрашњи пречник отвора горионика		15мм	15мм
делови дебљине		30мм и 50мм	30мм и 50мм
параметри	<u>број пролаза</u>	<u>1-35</u>	<u>1-27</u>

заваривања			
	пречник жице	1.2мм	1.2мм
	струја	215-295А	180-220А
	напон	27-28 V	24-25V
	брзина заваривања	173-986мм/мин	104-309мм/мин

Деловима цилиндричног облика треба омогућити да се ротирају брзином заваривања, која мора бити између 0 и 15 обртаја у минути. Проблеми могу настати уколико су шавови дуги. Код ових шавова отежано је одржати континуитет њиховог наношења, те се они изводе уз више прекида. На слици 2.3 може се уочити да је раднику при заваривању делова великих габарита потребно много простора и да треба одржати континуитет шавова који су дуги и до 2.5 m.



Слика_2.3 Приказ заваривања цилиндричних делова великих габарита

Поред изгубљеног времена, чињеница је да се шав хлади, након чега се поново загрева по настављеном процесу заваривања. Уколико процес заваривања није континуиран и параметри се мењају, у шаву може доћи до појаве грешака. Грешке које настају у завареном споју најчешће су у виду прслина.

Основни циљ заваривања је да се добије трајан спој између саставних делова конструкције. Тај спој мора одговарати траженим радним условима по механичким, структурним и хемијским својствима. Да би се остварио тако постављен циљ основни материјал мора поседовати одговарајућу заварљивост на коју се по потреби може утицати и термичком или термо-механичком обрадом. При оцени заварљивости полази се од тога да заварени спој у првом реду мора бити непрекидан (једар) тј. без прслина, микропрслина, неповарених места, пора, уварене троске итд. Прслине које се јављају могу бити вруће, хладне и ламеларне. Ове прслине морају се избећи тако што ће се шав изводити без прекида.

3. Функција и намена витла

3.1 Концепт витла и његова функција

Витла су уређаји за подизање, теретно вучење и држање терета. Код витла, је затегнуто уже намотано око ротирајућег добоша. Највише су у употреби за транспорт људи и робе, и могу се пронаћи у рудницима и у поморској употреби. Витла су основни елементи код кранова и система за везивање бродова, за покретање жичара, лифтова и чињеница је да се користе где год се захтева динамичка вуча и флексибилно челично уже. Витла су коришћена кроз историју и вероватно је најранија илустрација везана директно за витло била механизам коришћен за подизање контејнера воде [10]. Служи за намотавање ужета или кабла. То је најједноставнија форма, састоји се од калема и закачене ручице. Током историје, витла су коришћена на једрењацима за извлачење терета и затезање приликом управљања једрима, теретом и контролним линијама. Традиционална витла (слика 3.1) имају монтирану ручицу за покретање директно на осу витла [11].

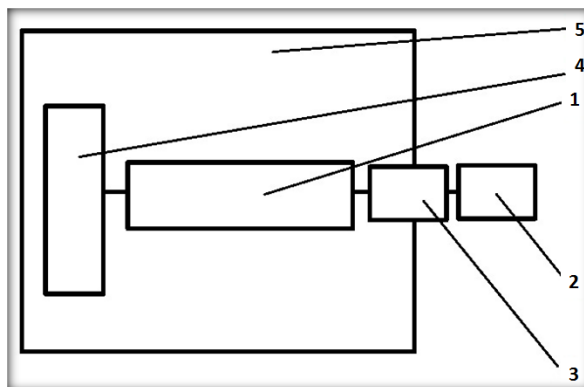


Слика_3.1 Витло са ручицом на оси [12]

У основи термин „витло“ описује целу машину која се састоји од добоша и ужета који изводи вучење, гоњеног неком погонском јединицом.

Концепт витла обухвата (слика 3.2):

- добош,
- погонску јединицу,
- преносник снаге,
- кочиони систем и
- рам витла [4].



Слика_3.2 Схема витла: 1 – добош; 2 – погонска јединица; 3 – преносник снаге; 4 – кочница; 5 – рам витла [4]

Избор конфигурације добош/уже, преносног система и погонске јединице зависи од дизајна и примене.

Добош витла може бити гоњен ручно или електричним, хидрауличним или термо погоном зависно од примене, а погонски елемент је повезан са добошем директно или индиректно према расположивости и захтевима момента. Индиректна веза би била спојница или преносник и веза између ове две компоненте. Већина система су спрегнути зупчаници када извор енергије није у могућности да произведе адекватан момент, али када јесте у могућности систем директне везе је механички бољи. То елиминише систем зупчаника, смањује број лежајева и поједностављује целокупни дизајн. Електро-погон (слика 3.3) се изводи најчешће са више (три, четири) електромотора који раде истовремено и заједничким радом један други растеређују, док у случају да један престане са радом функцију настављају преостали тако да нема застоја у раду.



Слика_3.3 Погонски систем витла [8]

Између погонског мотора витла и добоша за намотавање ужета уклопљен је зупчасти или пужни редуктор. Однос броја обртаја мотора према броју обртаја излазног вратила редуктора назива се преносни однос. Што је он већи, спорије је окретање

излазне осовине, али је за исти однос већи обртни момент излазног вратила у односу на обртни момент који производи мотор.

Обртни момент бубња, а тиме и сила на ужету витла сразмерна је погонском моменту мотора мултиплицираном с резултујућим преносним односом редуктора који је потребан за прилагођавање брзине дизања стандардним вредностима. Великим преносним односима омогућено је дизање терета велике тежине. Прилагођавање брзине дизања или повлачења, односно подизање жељене силе на куки или повлачном ужету постиже се комбиновањем преносног односа редуктора са котуром којим се најчешће додатно повећава укупни однос између силе дизања и ободне силе на погонском зупчанику углављеном на осовину мотора [10].

Главни делови добоша за дизање су бубањ и прирубнице. У прошлости су добоши били углавном дизајнирани тако да одоле оптерећењима којима су изложени. Али данас, са повећањем оптерећења и трговинском конкуренцијом, безбедност престаје да буде једини критеријум. Економичност, габарити, тежина и издржљивост су фактори према којима се све мора проценити [10].

Циљ везивања брода је да безбедно држи брод у сигурном положају док испуњава свој задатак. Главна потреба је да сигурно задржи возило и осигура брод, људски живот, јавне интересе и да одржи способност возила и околних објеката.

Више разрађени дизајн има склоп преносника који је гоњен електричним, хидрауличним, пнеуматским или погоном са унутрашњим сагоревањем. Неки укључују електромагнетну кочницу и/или механичку кочницу или блокаду која спречава одмотавање. У раној фази, побољшан уређај обезбеђује пар зглобних ручица које се ротирају око хоризонталне осе, користећи кретање са супротним дејством карактеристично за педале на бициклу. Ова конфигурација, која се назива педестал или „млин за кафу“, обично се може наћи на већим једрењацима. Сваки пут током историје коришћења витла њихова права намена се све више губила. Међутим, најранији пример који има највише директне везе са витлом је механизам коришћен на извору воде за подизање посуда са водом [11].

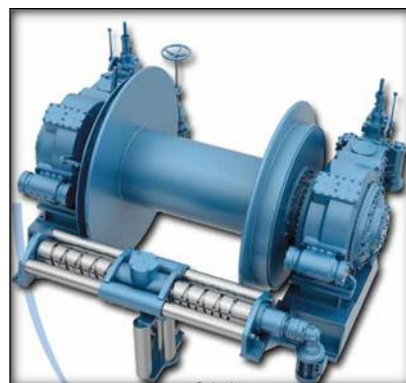
Постоји, такође, кочиони систем који зауставља ротацију добоша због задржавања терета или због безбедности [10]. Већина витла има систем кочења, било динамички или статички. Код непосредно спрегнутих електричних или хидрауличних погонских машина, систем повратне кочнице се користи да динамички контролише систем. Међутим, уобичајена је примена статички блокиране кочнице која може а и не мора да стопира рад система. Уопште узев ово је једноставан механички тип, чељуст или прстен, који ради на рубу кочнице на самом добошу и може бити хлађен водом уколико се захтева динамичка акција [11].

Кочиони систем (слика 3.4) ради на хидрауличном принципу, при чему се окретање добоша зауставља притезањем челичног каиша на обод добоша.



Слика_3.4 Кочница [8]

Добош је конструисан тако да се на њега могу намотати велике дужине сајле, да може издржати оптерећење и до 200t и држати терет у одређеном положају дуже временске периоде. На добош се сајла мора намотавати равномерно. Код добоша великих габарита може доћи до неравномерног намотавања, па се у ту сврху користе специјална вратила која усмеравају сајлу на делове добоша (слика 3.5).



Слика_3.5 Витла са вратилом за правилно усмеравање сајле (ужета) [8]

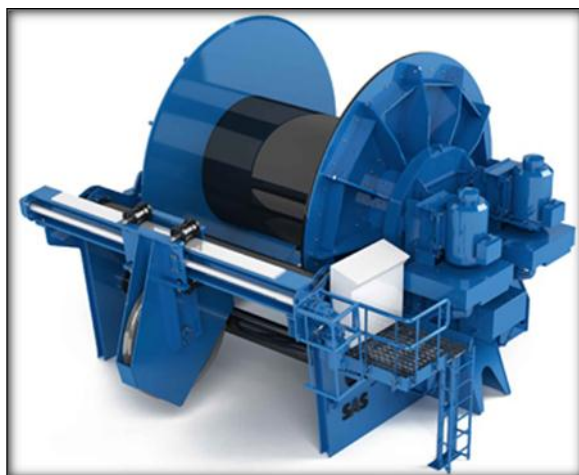
3.2 Типови витла

Ови производи укључују најбоље концепте и иновације за решавање највећих изазова при дубоком и плитком везивању брода, при подизању и вучи терета у тешкој индустрији широм целог света.

- витло за везивање брода
- другостепена витла
- неоптерећена и обртна витла за усидрење
- вучна витла / бродски чекрк (слика 3.7)
- унакрсна витла
- комбиновано (жица/конопац/ланац), вучно витло / котурача(слика 3.6)
- сидрено преносно реморкерско витло
- радно витло за извлачење
- прекидно-успоставно витло које укључује и котур за складиштење
- подводно / дубоко спуштено у воду / развијено витло

- витло за вештачко уже
- средишње витло за намотавање цева
- витло за кранове, за дизалице на чамцима
- витла за рибарске бродове
- морнаричка витла

Типичну примену налазе на приобалним и поморским возилима укључујући непокретне платформе за бушење, полу-потопљене платформе, пловила за бушење, подесиве платформе, дизалице за тешке терете на бродовима, пловила која подржавају роњење, пловила за постављање цеви и каблова, пловила за руковање сидром за вучу, пловила за набавку с копна и за багере [13].



Слика_3.6 Витло са једним добошем на електрични погон [13]

Помоћна витла

Вучна преносна сидрена пловила и вучна преносна сидрена пловила за снабдевање могу бити опремљена витлима капацитета од 50 до 180 тона (слика 3.7).



Слика_3.7 Витло за вучу [13]

Помоћним витлом за манипулисање жицом или синтетичким конопцем може се управљати са бродског моста. Помоћна витла (слика 3.8) су опрема за брзо отпуштање које омогућава витлима да функционишу у складу са прописима опреме за руковање на мору [13].



Слика_3.8 Сидрено витло [13]

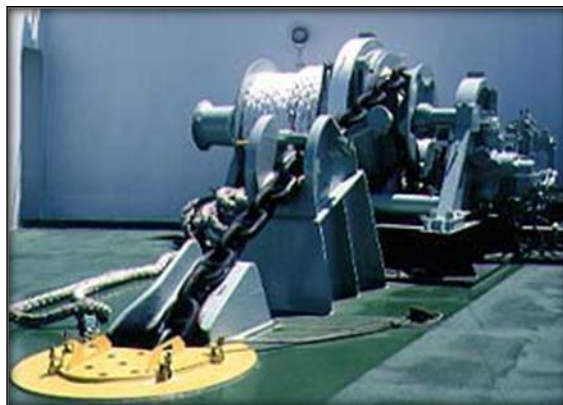
Мотовило

Код уобичајених верзија витла за дизалице и лифтове, дизање се остварује намотавањем ужета на добош. При томе постоје бројне варијанте решења за дизалице с куком, једноужне или двоужне багере (где друго уже служи за затварање и придржавање лопате багера). Често се користе два добоша, с једним или одвојеним погонима или посебни начини вођења и мотања ужади. Специфичне варијанте за посебне и теретне лифтове осигуравају кретање противтега за компензовање тежине кабине. Бродска витла за дизање сидра (слика 3.9) посебно обликованим ланчаником потезу сидрени ланац и слажу га у простор за одлагање испод палубе, тј. бубањ не служи за намотавање, него само за повлачење ланца.



Слика_3.9 Витло за везивање бродова [13]

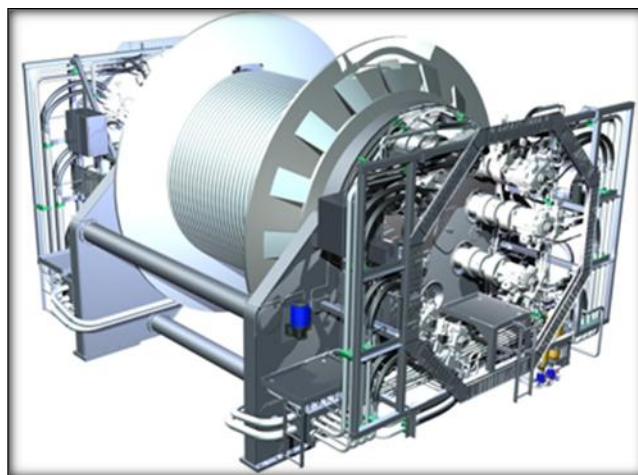
Сидро и ланац могу бити размотани и спуштени помоћу подизача сајле са малим изгледима за успех. Мотовила (слика 3.10) се састоје из уређаја за подизање сајле, преносника и спојнице и модула за кочење. Витла за везивање брода могу бити снабдевена вучним капацитетом од 5 до 40 тона и витлом за сидро које извлачи ланац попречног пресека и до 137 mm [13].



Слика_3.10 Бродско витло за дизање сидра [13]

Подводна витла

Доступна су у вучним системима, променљивих величина до 600 t, за подводни размештај до 3000 m дубине. Подводна витла (слика 3.11) су дизајнирана да издрже грубе радове у свакој приобалној средини. Прецизно руковање оптерећењем је критично када спаја подводне јединице на морском дну и тачност постаје још критичнија при суровом морском времену. Систем је посебно дизајниран за контролисано управљање оптерећењем са брода или са уређаја наспрам морског дна, исто као подводних инсталација и других фиксираних положаја на морском дну. Витла се испоручују самостално за употребу на А-рамовима, торњевима за бушење и сл., и заједно у вучним системима за приобалне дизалице [13].



Слика_3.11 Витло за рад под водом [13]

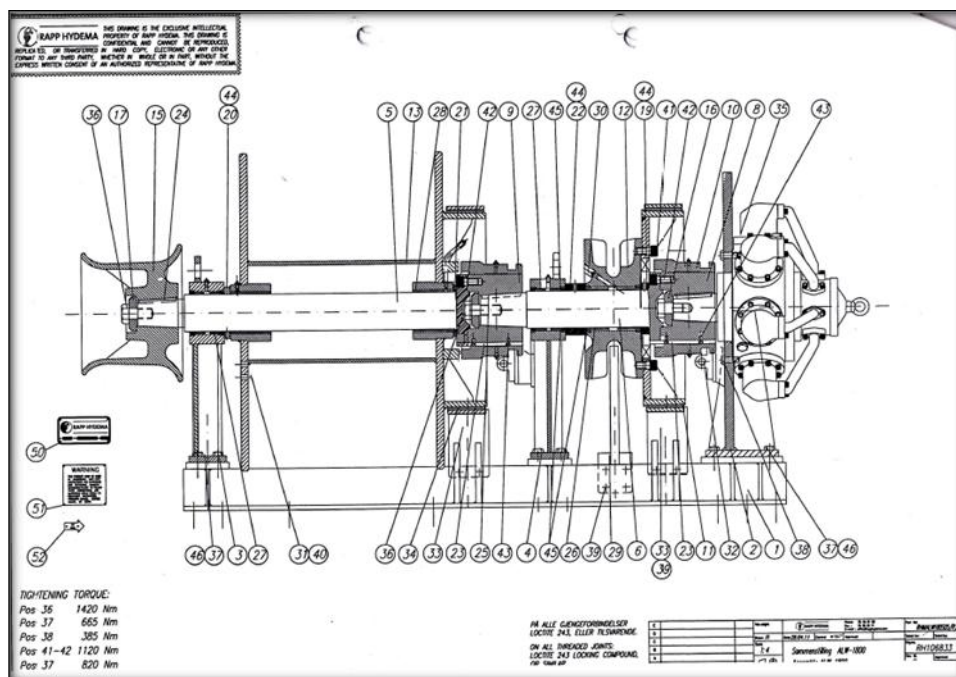
4. Елементи витла

У склоп витла спадају:

- добош витла
- носач витла
- појасна кочница
- погон
- систем за вођење ужета

4.1 Склоп витла

Захтев за израду који у Рап Заставу стиже је у форми склопног цртежа, који даје информације о облику, величини и односу делова машинске конструкције витла (слика 4.1). На основу овог цртежа у конструктивном бироу израђују се радионички цртежи за све појединачне делове.



Слика 4.1 Склопни цртеж витла типа ALW1800 [9]

Приказана конструкција је углавном израђена од стандардних делова и стандардних лимова, цеви, профила. Појединачни делови сидреног витла са слике горе су према показаним позицијама:

- 1_носач – база витла ALW 1800
- 2_носач мотора AW-1800-HMB7
- 3_носач лежаја
- 4_носач лежаја
- 5_вратило ALW-1800
- 6_вратило AWW-1800
- 8_спојница

- 9_спојница
- 10_зупчаста спојница
- 11_добош кочница ALW-1800
- 12_подизач ланца 30мм ALW-1800
- 13_добош AW-1800
- 15_чеоно савијање DIA.350x350
- 16_диск за притезање
- 17_диск за притезање
- 19_одстојни прстен, подлошка ALW-1800
- 20_одстојни прстен, подлошка AW-1800
- 21_одстојни прстен, подлошка AWW-1800
- 22_одстојни прстен, подлошка
- 23_клин који причвршћује спојницу AW-1800
- 24_клин 28x16
- 25_клин 32x18
- 26_облога подизача ланца AW-1800
- 27_облога GWB-3500
- 28_облога добоша AWW-1800
- 29_уређај за отпуштање ланца
- 30_мазалица за маст 1/4' R
- 31_држач сајле
- 31_држач жице R=27.5 HA=87 M16
- 32_подешавање спојнице AW-1800
- 33_пригушивач
- 34_подешавање кочнице AVW-1800
- 35_хидраулични мотор HMB7-4.6-1-T-3-Y-N-R 9592
- 36_шестоугаони завртањ 8.8 Elzn, DIN 933 M36x60
- 37_шестоугаони завртањ 8.8 Elzn, DIN 933 M24x50
- 38_шестоугаони завртањ 8.8 Elzn, DIN 933 M20x45
- 39_шестоугаони завртањ 8.8 Elzn, DIN 933 M16x35
- 40_шестоугаона навртка 8 Elzn, DIN 934 M16
- 41_шестоугаони насадни вијак 12.9 поцинкован, DIN 912 M24x55
- 42_шестоугаони насадни вијак 12.9 поцинкован, DIN 912 M24x55
- 43_шестоугаони насадни вијак 12.9 DIN 912 M10x20
- 44_шестоугаони насадни вијак, DIN 916 M12x25
- 45_шестоугаони насадни вијак, DIN 916 M8x15
- 46_еластични осигурач, за отежане услове рада DIN 1481 M10x40 [9]

4.2 Добош витла

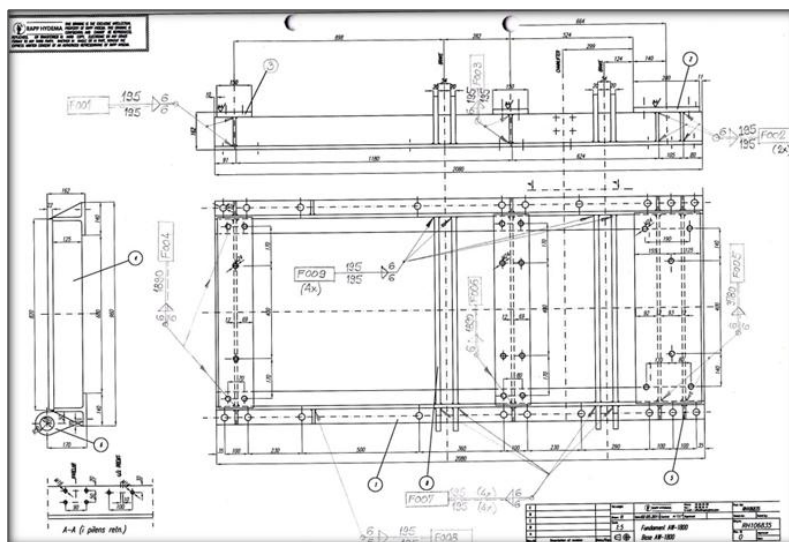
Добош је највећи и главни део витла, ротациони део на који се намотава и складишти уже. Често се у пракси читаво витло назива „добош“ или „бубањ“, јер овај део представља суштину витла.



Слика_4.2 Добош [8]

4.3 Носач витла

Функција носача је да делове витла држи као целину. На слици 4.3 је технички цртеж носача витла. Израђује се од челичних плоча и профила спојених заваривањем. Носач мора конструкцији да обезбеди крутост и носивост, тако да функција витла буде задовољена.



Слика_4.3 Технички цртеж носача витла [9]

На носач витла се заварују носачи лежајева (слика 4.4) који служе да омогуће окретање добоша и кућиште редуктора (слика 4.5) које се спаја са бочном страном носача – базе витла.



Слика_4.4 Носач лежајева [8]



Слика_4.5 Кућиште редуктора [8]

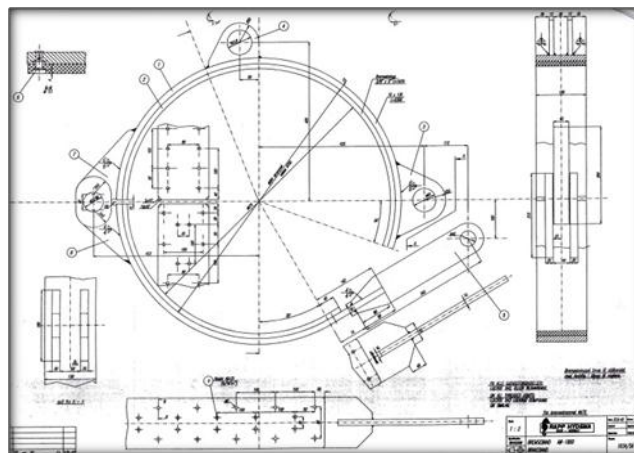
4.4 Појасна кочница

Код сидреног витла ALW-1800 користи се појасна кочница која у потпуности задовољава поузданост конструкције. Један крај кочнице се везује осовином за рам витла, а други крај се везује за хидраулични цилиндар који је такође осовином повезан за рам витла. Хидраулични цилиндар у себи садржи опругу ради аутоматског отпуштања кочнице.

На сликама 4.6 и 4.7 су фотографисане појасне кочнице и технички цртеж.



Слика_4.6 Кочнице [8]



Слика_4.7 Технички цртеж кочнице [9]

4.5 Погон

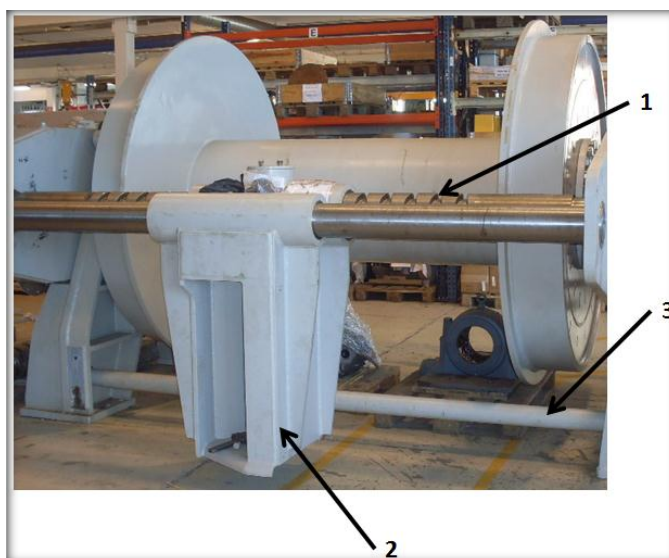
Витло се погони људском снагом или било којом врстом моторног погона (бензински или дизел мотор, електромотор или хидромотор). Погонска јединица преноси снагу на добош. У пракси се најчешће користи погон електромотором са редуктором као преносником снаге (слика 4.8).



Слика_4.8 Погонски систем витла [8]

4.6 Систем за вођење ужета

У систем за вођење ужета спадају завојно вретено (слика 4.9, поз. 1), кутија за вођење ужета (слика 4.9, поз. 2) и вођица (слика 4.9, поз. 3). Завојно вретено има улогу усмеравања ужета да не би дошло до нагомилавања, кутија обезбеђује несметан пролазак ужета, а вођица обезбеђује правилан положај кутије.



Слика_4.9 Систем за вођење ужета [8]

5. Технологија израде витла

У фабрици Рап Застава обавља се појединачна производња витла. Постоји више типова витла која се производе зависно од њихове намене и потражње купаца. Наредни текст представља општи поглед на израду витла са покушајем да се обухвате сви аспекти производње и обраде већине саставних делова, како би се имао комплетан увид у ток израде.

Фазе развоја једног производа су:

- анализа потреба
- дефинисање проблема
- проналажење различитих могућих решења
- анализа изводљивости и оправданости
- детаљнија инжењерска анализа
- избор решења
- развој одабраног решења, производња и испитивање прототипа
- преиспитивање претходних активности и редизајн

Током прописивања технологије израде било ког производа примарно је прикупљање документације. Документација прати производ од рађања идеје до дистрибуције. Техничка документација представља машинску конструкцију приказану у облику техничких цртежа: склопни, радионички, технолошки и монтажни. Најпре конструктивна документација која подразумева техничке цртеже склопова, подсклопова и појединачних делова и спецификације.

5.1 Операције механичке обраде

За појединачне делове склопа се даље израђује технолошка документација која обухвата технологију израде и операционе листе. На основу техничке документације одређује се ток производа од припреме дела до производа спремног за доставу.

Доминантне операције при изради витла су стругање, глодање, бушење и заваривање. Уколико се делови сврстају у сродне према обради, може се уочити да су то углавном плочасти и цилиндрични делови добијени исецањем из челичних плоча и савијањем као и незнатан број одливака. Већина делова се машински обрађује.

У машинску обраду спадају стругање, глодање, бушење... Машине су конвенционалне, универзалне и могу се прилагодити разноврсним типовима обраде.

На стругу (слика 5.1) се обрађују углавном цилиндрични делови, њихове спољашње и унутрашње стране. Могуће је изводити одсецање, укопавање, профилисање, чеоно укопавање, унутрашње укопавање, резање навоја (унутрашњег и спољашњег).



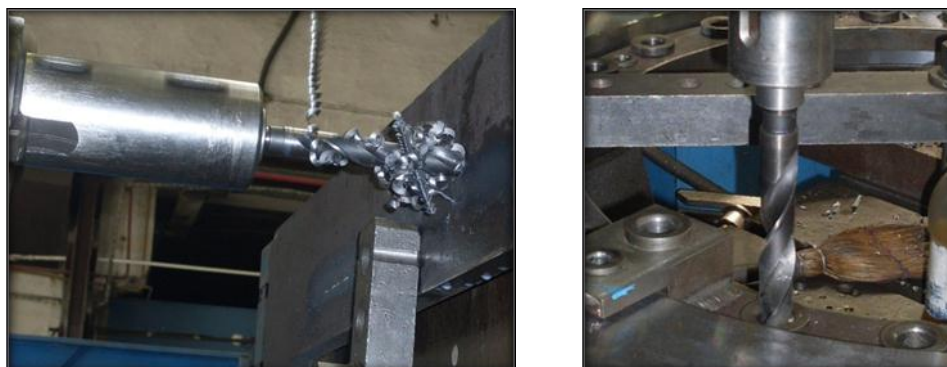
Слика_5.1 Обрада на стругу [8]

Глодањем (слика 5.2) се обављају следеће операције: равнање површина, израда цепа и профила, израда закривљених и танких површина, израда жлебова, навоја, слојевито глодање, глодање уских и плитких прореза и жлебова, израда цепа под углом, обарање ивица, израда зупчаника.



Слика_5.2 Обрада глодањем [8]

Бушењем (слика 5.3) се израђују отвори. Ако се отвори налазе на деловима мањих габарита, обрада се врши на конвенционалним бушилицама, док се делови већих габарита монтирају на једну од великих глодалица и обрада се врши на њима.



Слика_5.3 Израда отвора на глодалици и на стубној бушилици [8]

Пример - Израда зупчаника за редуктор

Зупчаници се израђују тако што се њихова вратила исецају из челичних шипки на машинама које раде на принципу тестера (машинско сечење). Један од поступака сечења делова за зупчанике је на сликама 5.4.



Слика 5.4 Тестере за сечење челичних шипки [8]

Методe израде зупчаника се могу разврстати према врсти зупчаника који се израђују и према основним поступцима обраде, као на пример:

- израда зупчаника глодањем
- израда зупчаника рендисањем
- израда зупчаника провлачењем
- завршна обрада зупчаника

Методe појединачне израде зупчаника користе се само у недостатку специјалних машина. Израда цилиндричних зупчаника појединачним резањем је могућа на универзалним, хоризонталним или вертикалним глодалицама уз примену подеоног апарата. Као алат користе се модулна вретенаста или котураста глодала. Профил алата одговара профилу међузубља зуба зупчаника. Након израде једног међузубља предмет обраде се, посредством подеоног апарата, заокреће за један корак. За сваку вредност модула зупчаника постоји одређена гарнитура глодала, при чему се глодало из гарнитуре користи за одређен дијапазон броја зуба зупчаника.

За серијску и масовну производњу зупчаника користе се специјалне машине, које раде на принципу релативног котрљања између алата и предмета обраде. Принцип релативног котрљања обезбеђује већу тачност израде, бољи квалитет и виши ниво продуктивности израде зупчаника.

Израда зупчаника глодањем по принципу релативног котрљања (одвално глодање) остварује се на машинама типа *Pfauter* коришћењем одвалног глодала као резног алата. Одвално глодало је облика пужа испресецаног завојним жлебовима нормалним на завојницу – спиралу пужа [14].

За израду зупчаника користе се две врсте материјала: за зупчанике који се нитрирају користи се челик Č4732 , за цементиране и каљене зупчанике челик Č5421 . На слици 5.5 приказан је каљени зупчаник.



Слика 5.5 Каљени зупчаник за редуктор [8]

5.2 Оперције заваривања

У фабрици се челични делови спајају заваривањем МАГ поступком, а прохромски делови ТИГ поступком. Гасним сечењем се добијају делови из плоча, па се након чишћења и припреме за заваривање овим поступцима састављају.

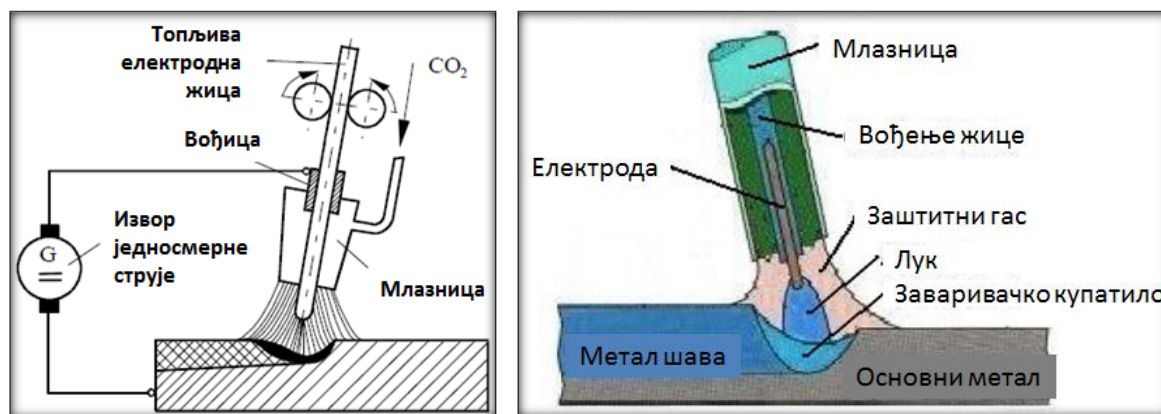
МАГ је поступак заваривања топљивом електродном жицом у заштити угљендиоксида. Схема МАГ заваривања приказана је на слици 5.6. Заваривањем у заштити CO_2 могуће је извести све врсте спојева и у свим положајима. Недостаци овог поступка су висока цена уређаја и одржавања, нестабилност лука, могућност појаве порозности што захтева примену специјалних жица, распрскавање растопа метала, одувавање заштитног гаса услед ваздушног струјања [15] [16]. Ове недостатке је немогуће у потпуности елиминисати али их је могуће умањити правилним држањем горионика, константном брзином током заваривања, подешавањем параметара.

Основне карактеристике МАГ поступка заваривања су:

- заваривање у свим положајима,
- параметри заваривања: $I = 40 - 500 \text{ A}$, $U = 16 - 35 \text{ V}$, $v_z = 15 - 60 \text{ m/h}$
- спољна карактеристика извора: равна, извор константног напона
- струја заваривања: једносмерна обрнутог поларитета (електрода позитивна)

Ови параметри се могу израчунати на основу полазних података као што су врста споја, пречник електродне жице и облик шави. Најпре се, зависно од дебљине завариваних делова, бирају облик и димензије жлеба. Даље се, усваја попречни пресек појединих шавова и одређује укупан број пролаза. При том треба узети у обзир препоруке за избор пречника електродне жице зависно од дебљине завариваних делова у сучеоном споју, односно дебљине шави код угаоних спојева.

Поред енергетских параметара на квалитет завареног споја утичу: дужина слободног дела електродне жице, положај жичане електроде (пиштоља за заваривање) у односу на раван споја, удаљеност млазнице за гас од површине радног комада, врста заштитног гаса и његова потрошња, поларитет жичане електроде, положај заваривања и сл. [15] [16].

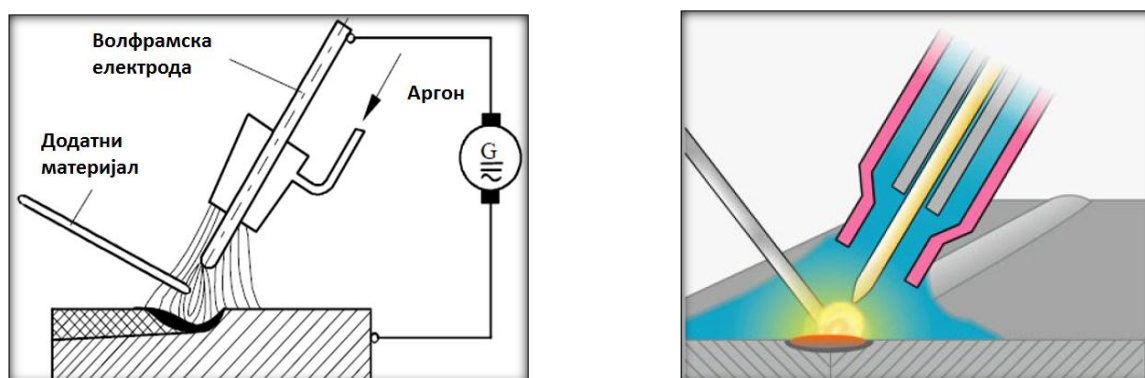


Слика 5.6 Схеми МАГ заваривања [17]

ТИГ заваривање је метод електролучног заваривања волфрамском електродом и аргоном као заштитним гасом. Разликује се од осталих поступака електролучног заваривања по томе што се електрода не топи и не служи истовремено као додатни материјал. Специфичност овог поступка јесте у томе што се електрични лук одржава између нетопљиве волфрамске електроде и основног материјала. Сви заварљиви метали се могу спајати овим поступком, али се због високе цене ТИГом највише заварују високо-легирани челици, нежелезни метали и њихове легуре, а нарочито алуминијум и његове легуре [15] [16].

Основне карактеристике ТИГ поступка заваривања су:

- заваривање је могуће у свим положајима за дебљине до 10 mm
- параметри заваривања су: јачина струје $I = 10-600 \text{ A}$, напон лука $U = 10-30 \text{ V}$
- брзина заваривања $v_z = 6 - 50 \text{ m/h}$ и више,
- струја заваривања: једносмерна директног поларитета за челик а наизменична за Al и његове легуре
- спољна карактеристика извора: стрмопадајућа (константна струја) [15] [16].



Слика 5.7 Схеми ТИГ заваривања [17]

При изради делова витла најзаступљенија је операција заваривања. Заваривање изводи радник држећи горионик руком, крећући се у смеру наношења вара. Овако добијен шав је углавном неправилан и услед грешака врло непоуздан.

Операција која претходи заваривању је гасно сечење делова за витло из челичних плоча. Плоче су од челика ознаке $\check{C}0361$ за мање одговорне конструкције, и

Ћ0563 за одговорније. Делови се из плоча секу гасном методом (окси-ацетиленским пламеном) на CNC машини (слика 5.8). Комади исечени на CNC машини су на слици 5.9.



Слика_5.8 CNC машина за гасно сечење [8]



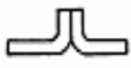
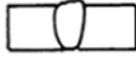
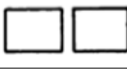
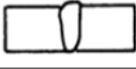
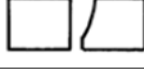
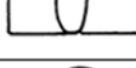
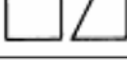
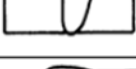
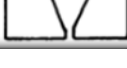
Слика_5.9 Делови исечени на CNC машини [8]

У конструктивној документацији се дефинишу још и технологија заваривања, обрада ивица за заваривање, тестирање заварених спојева.

Након исецања и припреме делова следи операцијска контрола, затим чишћење делова брушењем, утискивање ознаке дела. На листи се бележе извршене операције.

Делови који се заварују пролазе припрему за заваривање која подразумева обраду ивица за заваривање, односно припрему типа шава који ће бити изведен (V, K, X... – табела 5.1), што је унапред дефинисано конструктивном документацијом.

Табела 5.1 Облици најчешће коришћених жлебова и одговарајућих шавова [18]

Назив	Изглед жлеба	Изглед шав	Назив	Изглед жлеба	Изглед шав
рубни			U		
I			J		
V			X		
HV			K		
Y			дупло U		

Припремљени делови се тачкасто заварују кратким заварима, чија је улога да одрже делове у правилном положају приликом заваривања. На слици 5.10 је део добоша припремљен за заваривање.



Слика_5.10 Део добоша се кратким заварима [8]

Причвршћени склопови и подсклопови се спајају заваривањем. На пример, на слици 5.11 је део добоша на који се ставља кочница, наспрам њега долази део са слике 5.12 на који се реже навој. Заваривањем се спајају са бубњем (слика 5.13) на који се намотава уже и заједно су делови подсклопа, чине бубањ витла. Спојен бубањ је на слици 5.14.



Слике_5.11, 5.12, 5.13 Делови добоша витла [8]



Слика_5.14 Подсклоп добоша витла [8]

Поступак заваривања се изводи у заштитном гасу мешавине аргона и угљендиоксида у односу 82:18. Ово је тзв. МАГ заваривање пуњеном жицом (слика 5.15), где прах којим је испуњена средина жице има заштитну улогу. Интерна ознака за операције МАГ заваривањем је 136. Прохромски делови се заварују ТИГ поступком (ознака методе – 141). Јачина и напон струје којом се заварује зависе од положаја вара (хоризонтални или вертикални), нпр. у случају заваривања хоризонталног вара МАГ методом струја је јачине 180-230 А.



Слика_5.15 Намотај пуњене жице на уређају за заваривање МАГ поступком [8].

5.3 Контрола заварених спојева

Сваки заварени спој се мора преконтролисати. Постоје контроле без разарања у које спадају: контрола магнетним флуksom, пенетрантна, ултразвучна, рендгенска; и методе са разарањем: испитивање затезањем, испитивање савијањем и испитивање ударне жилавости, које се углавном не изводе.

Заварени спојеви се у фабрици Рап Застава контролишу методом пенетраната и магнетним методама.

Пенетрантска контрола или контрола пенетрантима често се користи код контроле заварених спојева на конструкцијама. На претходно очишћену и одмашћену површину наноси се пенетрант (обично црвене боје). Након продирања пенетранта у евентуалну пукотину, одстрањује се пенетрант водом или сувом крпом. На осушену површину метала наноси се развијач (обично беле боје), који извлачи пенетрант из

пукотине, па је на белој површини метала лако уочљива црвена линија од пенетранта из пукотине (слика 5.16) [19].



Слика_5.16 Метода пенетраната [8]

Суштина методе феро-флука (магнетне методе) је да се предмет који се испитује постави између полова електромагнета кроз чије намотаје пролази једносмерна или наизменична струја. Линије магнетних сила при пролазу кроз хомогени материјал су равномерне, док наиласком магнетних линија сила на неки укључак, прскотину и сл. (са другом магнетном пропустљивошћу - премабилитетом) доћи ће до скретања магнетних линија сила.

Да би се грешке у материјалу уочиле, с обзиром на то да су магнетне линије невидљиве, предмет који се испитује посипа се феромагнетним прахом ферооксида у трансформаторском уљу са керозином или у алкохолу. Примена феромагнетних прашака заснована је на способности феромагнетних честица, када се нађу у магнетном пољу, да се оријентишу у правцу поља и распоређују се у правцу највећег повећања магнетне густине магнетних линија, тако да се у околини дефеката групишу, односно, честице феромагнетног праха се у дефекту сакупљају [20].

Контроле обављају сертификовани (атестирани) контролори. Сваки радник који заварује као и сваки поступак заваривања морају имати одобрење односно сертификат. Радник пре почетка рада полаже тест, наког којег му је одобрено да изводи шавове одређеном методом. На слици 5.17 је изглед квалификационог теста који заваривач мора да положи. Сваки заварени спој мора да задовољи одређени ниво квалитета, што се такође одобрава од стране сертификованих лабораторија. Слика 5.18 даје изглед једног оваквог извештаја о испитивању и одобравању завареног споја.

Слика_5.17 Квалификациони тест [9]

Слика_5.18 Извештај о зав. споју [9]

5.4 Површинска заштита

Након обраде делови и склопови се перу, одмашћују, на навоје и обрађене површине се ставља заштита (слика 5.19), након чега следи наношење заштите површина.



Слика_5.19 Припрема делова за наношење површинске заштите [8]



Поступак укључује активности које утичу на квалитет и његову везу са површинском обрадом и подељен је на следеће области: припрема и пескарење, метализација, премазивање и фарбање. Припремљени делови се пескаре чиме се уклања дубинска корозија.

Активности у оквиру овог поступка подразумевају одговорност за стручност и задовољавање прописа, проналажење грешака и давање сугестија за промене и унапређења. Одговорност руководиоца пројектом је да се посвети налогу поручиоца,

назначеним захтевима за површинску заштиту и њиховом извршењу. У налозима такође треба да је назначено које подручје контролисања површине треба применити.

Пре почетка рада и током целог процеса укључено је у рад мерење постојећих атмосферских услова. На слици 5.20 је приказан радник како пескари добош витла.



Слика_5.20 Поступак пескарења [21]

Пескарење: Предмет је потребно проверити да нема троске од заваривања, да је чист, да нема оштрих ивица. Пре него што пескарење почне, оператер треба да обезбеди да је предмет правилно и добро прекривен и незагађен. Ако чистоћа и прекривеност нису задовољавајући део се мора вратити да се то понови. У одељцима где има прљања уљем и мазивима, треба обавити чишћење површина. Чистоћа површине прати стандард (ISO 8501-1:2007). Компримовани ваздух који се користи мора бити чист и сув. Све површине, отвори и опрема која не треба да буде пескарена треба да се покрије. Пескарење не треба изводити у близини фарбарских радова или површина које су осетљиве на прашину или друге честице. Свако пескарење које се изводи пре фарбања мора задовољити услове према спецификацији. Фотографија 5.21 показује неколико делова након пескарења.



Слика_5.21 Пескарени делови [22]

Према општем водичу пескарење се не изводи ако је температура површине комада мање од 3°C изнад тачке орошавања ила када је релативна влажност већа од 85%. Пошто је извршено брушење тако да је уклоњена коварина, ситне капљице, рђа, шљака, етикетирање итд., површина је на задовољавајућем степену чистоће, али услов за пескарење је и одговарајућа храпавост површине. Код делова веће дебљине, ивице

услед гасног сечења постају окаљене па се на деловима брушењем уклања површински слој материјала. Због челика лошијег квалитета све ивице морају бити заобљене на R2 и тако је загарантована успешност процеса који следи након пескарења – метализација.

Након завршетка пескарења, површину контролише оператер.

Пошто је површина пескарена, примењује се метализација у року од 8 сати. Ако се метализација не обави у оквиру овог времена, неопходно је преконтролисати да ли је површина почела у међувремену да рђа. Уколико се метализација не обави у наредна 24 сата, комад мора поново бити пескарен.

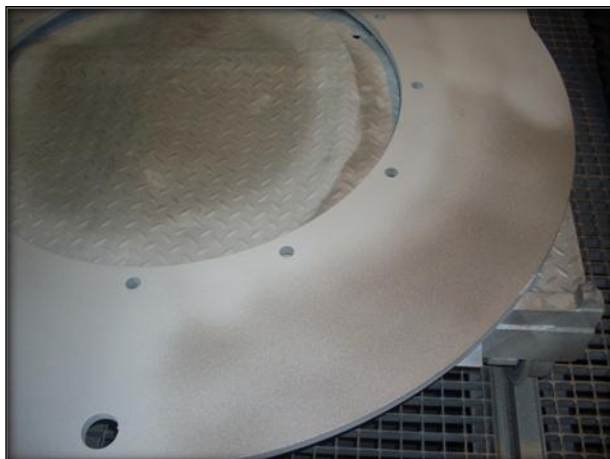
Метализација је процес наношења металног слоја (слоја цинка) у сврху заштите површине. То је процес распршивања пламеном, при којем се користе металне (или керамичке) превлаке, за пресвлачење површина у току процеса производње, за повећање отпорности на хабање, топлоту и корозију. Потребно је одабрати 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.

Процес термичког распршавања састоји се од загревања метала (или неметалних материјала) и његовог избацивања у атомизираном облику на подлогу. Материјал изворно може бити у облику жице намотане калајем, или у облику праха загрејаног до стања топљења кисеоничко-гасним пламеном. Ако се за распршивање користи прах, он се на место метализације доводи пиштољем, из суда монтираног на њему и носача пламена, системом за довод ваздуха. Компримовани ваздух мора да буде чист, филтриран и тачно регулисан за аутоматизацију. Као гасовито гориво за одржавање пламена може се користити ацетилен, пропан или водоник, који су нарочито погодни за пламено прскање метала са малим тачкама топљења, какви су на пример: алуминијум, цинк и други.

Данас је познато више поступака метализације, од којих су у индустријској примени најчешћи: метализација жицом, електролучна метализација, метализација прахом, метализација *Dimond Jet* процесом и метализација плазма-поступком [23] [24].

Пре него што се започне метализација, све површине морају бити потпуно очишћене од прљавштине. Свака површина која нема налегања мора да се подвргне метализацији. Површине, отвори и опрема који се не металнизирају морају се прекрити. Метализација се обавља под истим спољашњим условима као и пескарење.

На слици 5.22 је приказан део добоша након метализације. Може се видети изглед дела који није до краја заштићен овим слојем због нестанка смеше. Јасно се види разлика између металнизиране и неметалнизиране површине.



Слика_5.22 Површина након метализације [8]

Премаз и фарбање. Пре него што се обави премазивање, све површине се морају проверити, одобрити и прилагодити одговарајућим захтевима. Све површине морају бити чисте од прљавштине. Услови су као и код претходна два процеса. Премазивање и фарбање се изводи спрејем, четком или ваљком.

5.5 Монтажа

Потпуно обрађени и припремљени делови се монтирају. У делу за монтажу сваки комад се поставља на одређено место у захтевани положај након чега се обавезно врши контролисање и чекирање исправности делова у табели (check list).

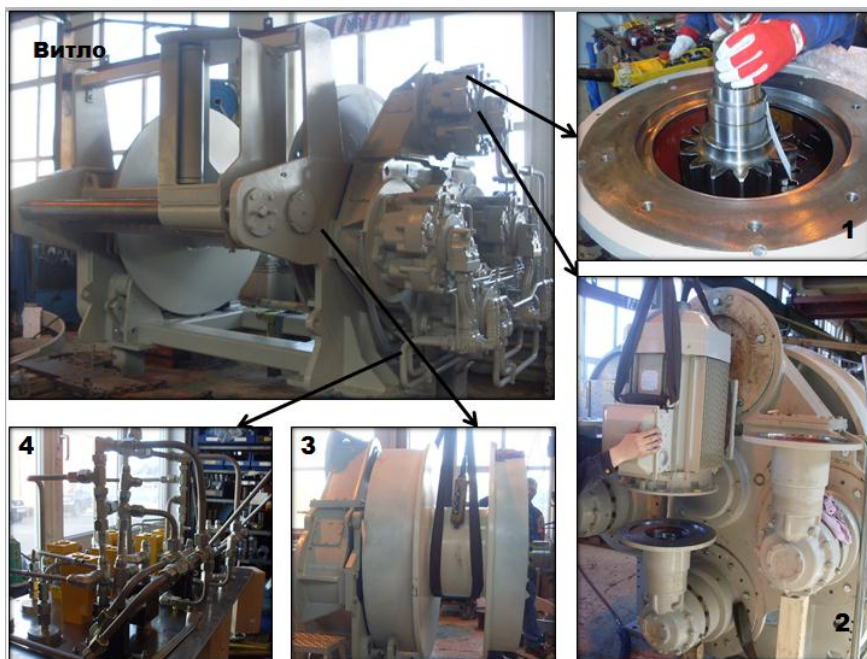
Током монтаже се може сагледати „рађање“ витла. Од добоша (слика 5.23) који је највећих габарита и који се монтира на носач, па све до најситнијих делова и стављања ознаке на готово витло. У делове витла спадају и хидраулични системи, погонски, систем за кочење; сви они раде у међусобној вези и заједно обављају функцију витла.



Слика_5.23 Добош витла [8]

На фотографијама 5.24 показана је монтажа неких делова витла. На првој фотографији је монтажа зупчаника у редуктор, затим се тај редуктор повезује са електромотором (друга слика). На трећој слици се види поступак монтаже добоша

витла на носач, а четврта слика показује монтажу хидрауличних компонента које треба уградити у систем.



Слика 5.24 Монтажа појединих делова витла [8]

Да би се обавило тестирање функције витла, морају се симуларати услови рада витла на броду или платформи. Неопходно је проверити исправност свих функционалних компоненти, испитати вучну силу, силу кочења и остале специјалне функције.

5.6 Напомене везане за одржавање и контролу

Планетарни мењач је постављен између електромотора и радне јединице и испуњен је одговарајућим уљем. Неопходно је проверити капе вентила и ниво мазива, проверити има ли цурења и дозвољени ниво шума и/или загревања током теста уходавања.

Тип сајле

Са листе се бира тип сајле који одговара витлима. Челик – значи обичну челичну жицу (са челичним или текстилним језгром). Кабл – представља посебну жицу са електричним каблом у средини језгра, углавном се користи за мрежу звучника или хидрографске апликације. Синт – синтетички конопац. Ланац – може се користити за сидра или посебна витла уместо жице.

Пречник жице

Увек се бира минимални пречник жице за који ће се витло продати, на основу продајног налога. Ако је витло испоручено са жицом намотаном на добош, мери се стварни пречник жице.

Уметање жице

1. Отвор кроз прирубницу добоша мора бити кроз низ цев добоша и угао кроз прирубницу је такав да жица прати унутрашњост прирубнице без савијања.

2. Отвор мора бити брушен због храпавих и оштрих ивица које могу оштетити жицу (нпр. отвор мора бити обрађен да одговара облику коришћене жице.)

Тест растерећења кочнице

Код хидрауличних кочница треба проверити корак кочионог цилиндра. Мора бити подешен у оквиру 15 mm ($+5\text{ mm}$) што одговара приближно међупростору од 5 mm свуда око траке кочнице када је кочница растерећена. За ручну кочницу проверити да ли је међупростор око траке кочнице приближно 5 mm када је кочница растерећена.

Растојање између ваљака / издржљивост (вредност)

1. Проверити слободно обртање ваљака којима мора бити омогућено окретање руком. Ролери не треба да додирују терет на било ком месту.
2. Растојање између ваљака мора бити $2\text{--}5\text{ mm}$ веће него пречник жице који носи витло.
3. Проверити растојање и упоредити са препорученом вредности која се рачуна аутоматски према задатом пречнику жице.
4. Проверити издржљивост радне површине свих ваљака уграђених на витло, препоручена је $\text{HRC} > 50$.

Тест протока уља, L/Min

Проток уља се користи за тестирање функције витла. Препоручен проток је 100 L/min али то може бити и нека друга вредност препоручена ради тестирања.

Постоји тест директне ротације (тест прве брзине).

Потребно је проверити да је се витло ротира у оба правца а да је ниво шума у дозвољеним границама. Прва брзина значи да су сви мотори у покрету. Треба проверити овако све моторе.

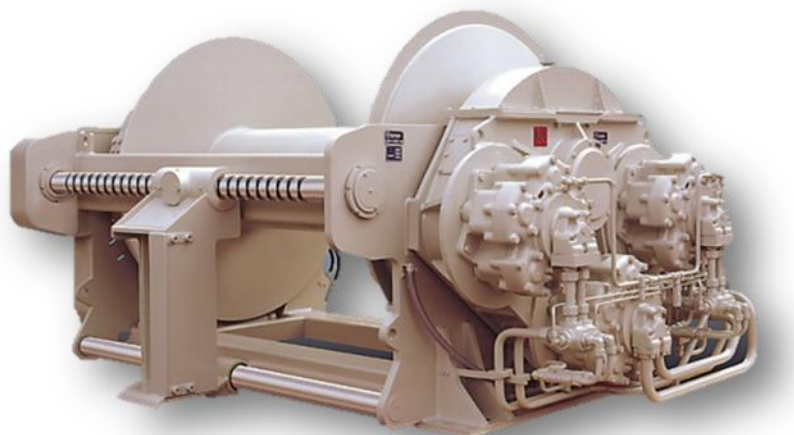
Израчунати обртаје по минути док витло подиже терет, поновити тест у супротном правцу. Вредност упоредити са препорученом.

Тестирати притисак хидрауличног система

Затворити повратни вод и подићи притисак на 200 bar . Оставити тако неколико минута док се све хидрауличне везе преконтролишу због могућег цурења. Обележити са ОК ако цурења нема, АР ако је потребно затезање или су искрсели други проблеми.

Тестира се још и притисак на изласку из кућишта мотора, серво линија, притисак у вентилима, удар у вентилима при вучењу и отпуштању, притисак при испуњењу вентила, притисак сигуросних вентила, вентили на кочницама, тест кочионог цилиндра. Специјални тестови: тест статичког вучења, тест кочнице, тест максималног притиска, тест нивоа буке у ваздуху, тест вибрација оптерећене конструкције.

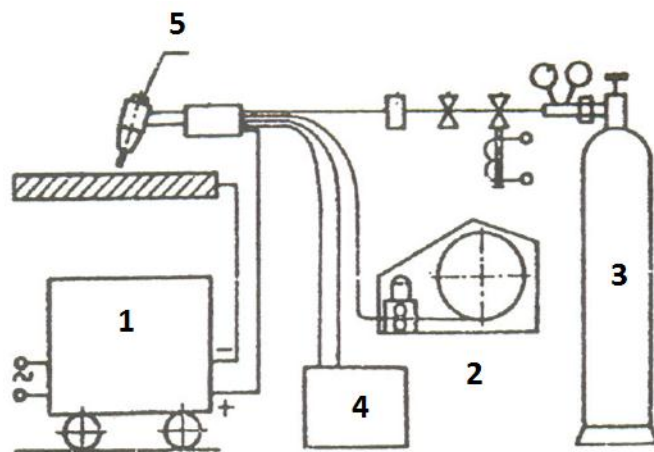
Након свих обављених тестова и потврђивања функције витла, следи прање и одмашћивање, а затим завршно фарбање. Витло (слика 5.25) је овим спремно за паковање, након чега следи транспорт до купца.



Слика_5.25 Витло спремно за уградњу [8]

6. Анализа расположивих ресурса везаних за операције заваривања ротационих делова

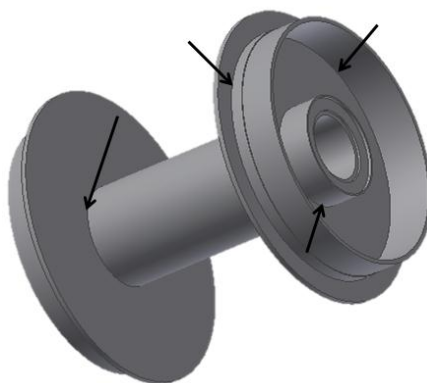
За операције заваривања МАГ поступком потребан је уређај за заваривање који чине: извор једносмерне струје са равном статичком карактеристиком (слика 6.1, поз. 1), механизам за довод електродне жице (слика 6.1, поз. 2), систем за довођење заштитног гаса CO_2 и боца (слика 6.1, поз. 3), систем за хлађење (слика 6.1, поз. 4) и ручни пиштољ за заваривање (слика 6.1, поз. 5) [15].



Слика_6.1 Уређај за заваривање МАГ поступком

Фабрика Рап Застава располаже са два апарата за МАГ заваривање, једном окретницом и осам обучених вариоца. Због обима посла, јавља се потреба за додатним уређајима који ће ангажовати већи број радника на операцијама заваривања. Нови уређаји би обезбедили обављање веће количине посла од стране већег броја производних радника.

Прорачун параметара заваривања је урађен на примеру угаоног споја цилиндричних делова МАГ поступком. Места на добошу која се спајају на овај начин су приказана на слици 6.2.



Слика_6.2 Места заварених спојева на добошу витла

Овај поступак је најчешће примењиван и карактеристичан је по томе што код овог типа заваривања значајну улогу игра окретни сто са позиционером. Све делове који се спајају кружним шавовима потребно је ротирати и тиме обезбедити континуитет и прецизност шавова.

У погону постоји окретница на којој се могу заваривати цилиндрични делови. На њој се могу изводити само хоризонтални завари, пошто плоча окретнице не може мењати положај. Ово онемогућава заваривање у било ком другом правцу и у многоне отежава рад заваривачу. Окретница не садржи стегу, те се делови на њу морају причврстити кратким завреним спојевима. При томе се мора водити рачуна да се цилиндрични део за плочу не завари превише да би се по завршеном послу могао лако одвојити брусилицом. Ово може пре свега угрозити безбедност радника. Делови овако причвршћени су тешки и до 1.5 t. Кратким заварима се они могу причврстити, али ризик од одвајања дела од плоче окретнице увек постоји, пошто су ови завари само тачке на појединим местима дуж ивице дела.

Следећи проблем је позиционирање дела на плочу. Комад мора бити центриран због тачности завара. Ово се постиже мерењем растојања од центра плоче и стављањем цилиндричног дела на измерено место. На позиционирање се у просеку изгуби 1.5 до 2 сата. Сваки део је великих габарита и тежине и његово довођење у исправан положај се врши уз помоћ крана. Краном се део доведе на претходно обележено место где се потом причврсти доњом страном за окретницу, а тек онда заварује.

Пример окретнице дат је на слици 6.3. Окретница има могућност ротације без закретања плоче стола.



Слика_6.3 Ротациони сто без позиционера [25]

Ово је тренутно једини начин да се заваривањем споје цилиндрични делови великих димензија. На једном добошу је потребно извести у просеку 10 оваквих завара и сваки се врши из 4 пролаза, при чему се за један добош његов положај мора променити најмање 4 пута. За свако позиционирање се у просеку изгуби 1.5 сати. Ако се годишње произведе 50 оваквих и сличних добоша, то значи да се само на припрему за заваривање потроши 300 сати, односно 37.5 радних дана.

број завара	10
број пролаза	4
број позицирања за један добош	4
време позиционирања	90 минута

број витла годишње 50
 време за припрему за заваривање $4 * 90 * 50 / 60 = 300$ сати
 односно $300 / 8 = 37.5$ радних дана

Време заваривања је углавном константно. На основу димензија пречника цилиндричних делова који се заварују одређује се дужина шава (l). Највећи пречници су 810 mm и за њихово заваривање потребно је израчунати утрошено време. На основу стандарда брзина заваривања износи:

$$v_z = 329 - 484 \text{ mm/min (усваја се } 400 \text{ mm/min)}$$

и

$$l = 2r\pi = 810\pi$$

Ако је $v_z = \frac{l}{t}$ следи време заваривања једног пролаза:

$$t = \frac{l}{v_z} = \frac{810\pi}{400} = 6.36 \text{ min}$$

С обзиром на то да се у фабрици најчешће спајају делови дебљине 15 mm , потребно је спајати их из најмање 4 пролаза. На основу наведених података следи да је за време извођења једног шава потребно $t * 4$, односно приближно 25 min .

$$l = 2545 \text{ mm}$$

$$v = 400 \text{ mm/min}$$

$$v = s/t \rightarrow t = s/v = 4.16 \text{ min}$$

$$\text{укупно време } t * 4 = 16.64 \text{ min}$$

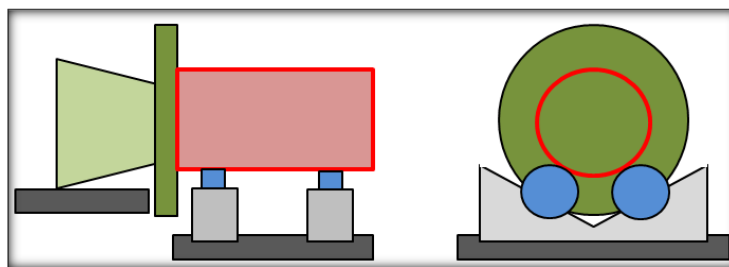
Ова се брзина незнатно може повећати, што не представља значајну промену времена заваривања. Оно што се може кориговати је припремно време које је пожељно што више смањити и тиме омогућити више времена за сам процес заваривања.

За заваривање цеви добоша користе се помоћни ваљци (слика 6.3) на које се цев само ослони.



Слика_6.3 Ваљци за ослањање цеви добоша [8]

Ротирање цеви се врши преко окретнице, која се подигне и доведе у хоризонталан положај такав да плоча стоји вертикално (схематски приказано на слици 6.4). При том се цев позиционира и завари за плочу окретнице као и код заваривања цилиндричних делова.



Слика_6.4 Схеми поступка заваривања цеви добоша помоћу окретнице

Јављају се слични проблеми као и код заваривања цилиндричних делова: велико припремно време, проблем правилног позиционирања, проблем причвршћивања цеви за плочу заваривањем, и најбитније од свега безбедност која је оваквим начином производње веома угрожена. При оваквом начину заваривања припремно време је такође велико и уз подешавање свих помоћних уређаја износи и преко 2 сата. Позиционирање се мора извести прецизно, што је веома отежано због неправилног налагања цеви добоша на ваљке, па се мора узети у обзир неправилност при налажењу положаја цеви. Цев која се причвршћује за плочу заваривањем може под дејством топлоте да се деформише, тако да ови завари морају бити врло кратки, али морају одржати цев у датом положају. Мора се водити рачуна да завари, иако су извођени само у једној тачки, обезбеде поузданост тако постављених делова. Овако постављена конструкција стоји и по неколико дана што није безбедно, и неопходно је избећи овакав начин рада.

7. Предлози за побољшање стања преко увођења специјалних прибора и уређаја

У односу на стање пре увођења специјалног уређаја, тренутно стање је побољшано са више аспеката. Пре свега окретница омогућава бирање положаја за рад, тако да се може прилагодити ставу радника. Омогућено је и лако позиционирање на базну плочу постављањем модуларних прибора за позиционирање и стезање.

Правци побољшања су:

- да се дизајнира ергономски здраво решење
- континуиран вар
- смањење времена припреме дела за заваривање
- једноставно позиционирање
- радник само надгледа
- безбедност

7.1 Могући правци побољшања стања у домену прибора и уређаја

Положај тела радника је такав да му рад не представља замор. Стара окретница била је ниска и радник је морао да се сагиње како би горионик држао у исправном положају. На слици 7.1 је приказан неправилан положај тела радника, напоран за рад. У приказаном положају се радник најчешће налазио током заваривања делова на ниској окретници. Слика 7.2 показује положај тела радника у коме се тело на замара, положај у коме радник може издржати дуже време рада.



Слика_7.1 Неправилан положај [26]



Слика_7.2 Правилно држање тела [27]

Шав се изводи без прекида. Континуитет вара је веома битан зато што се у производњи израђују веома захтевне конструкције. Витла су намењена раду у веома тешким условима, морају бити постојана на веома ниским температурама, у сланој води, при ударима таласа воде и ветра и стога њихова конструкција мора бити изведена у строго припремљеним условима. Прекиди у шаву могу довести до појаве грешака, а тиме и до непоузданости читаве конструкције, стога је веома битно да шав буде израђен константном брзином у непрекидном режиму.

Значајан утицај специјални прибор за заваривање има на припремно време. Време позиционирања делова на ротациони сто је редуковано десетину пута, што значи да се корисно време повећава. Време које је потребно раднику да доведе комад у почетни положај пре заваривања, сада се може користити на процес заваривања, чиме су губици сведени на минимум.

Постављање дела који се заварује у правилан положај је вишеструко лакше. На плочу ротационог стола могуће је поставити елементе за стежање који обезбеђују центрирање дела. Положај у средини плоче стола је битан због тачности и поузданости вара. Кратки завари којима је делу обезбеђен положај могу условити оштећење спојених делова приликом скидања са окретнице. Део није потребно причвршћивати за плочу стола кратким заварима, у ту сврху се могу постављати стезни елементи на плочу.

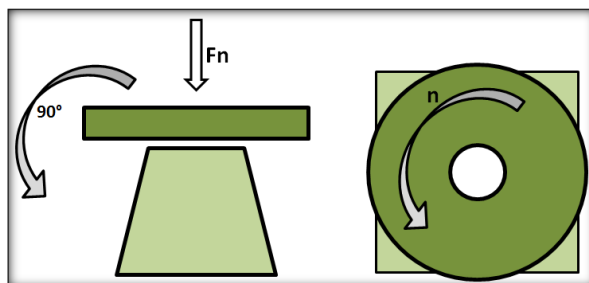
Окретни сто омогућава константно окретање цилиндричних делова приликом заваривања, константном брзином од 0 до 15 обртаја у минути. Уз овакво кретање радник има могућност да постави горионик у почетни положај за заваривање и да током извођења заваара само визуелно контролише процес.

Позиционер у саставу ротационог стола може да мења угао дела од 0° до 90° и у свим позицијама не угрожава безбедност радника. Потпуно је осигуран положај плоче ротационог стола на коме се врши заваривање, а да при томе цео уређај не мења своје место.

7.2 Концепт идејног решења уређаја за заваривање ротационих делова

Уређај за заваривање ротационих делова мора да доведе до очекиваног побољшања стања како би се оправдало његово увођење у производни процес. Мора задовољити потребе производње у погледу своје функције и захтеве радника у погледу флексибилности.

Идејно решење конструкције приказано је у виду шеме ротационог стола на слици 7.3. Са схеме се јасно види да конструкција треба да задовољи захтев за ротацијом плоче стола и заокретање плоче за угао од 90 степени. Како у фабрици сто са окретном плочом задовољава захтеве само делимично, тако предложена конструкција има већи значај.



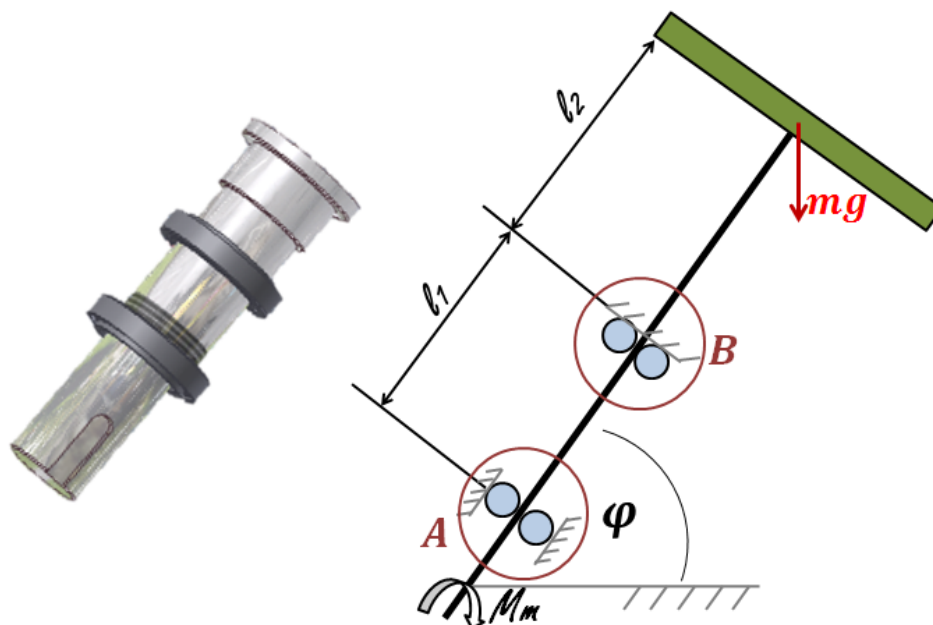
Слика 7.3 Идејно решење конструкције окретног стола са позиционером

Ротациони сто мора бити висине изнад 1 m. На овој висини радик може једноставно поставити цилиндричне делове и обављати заваривање уз минимални

напор тела. Кретање плоче стола мора бити у распону 0-15 o/min, што задовољава брзине заваривања. Помоћно кретање, односно постављање плоче стола у правилан положај, мора бити лако за извођење и мора се обезбедити држање стола у датој позицији. Конструкција мора бити стабилна. Мора се предвидети да радник може пре позиционирања на средину стола поставити део на ивицу, што никако не сме угрозити стабилност конструкције. Иако су цилиндрични делови тешки 1.5 тона, конструкција мора бити осмишљена тако да поднесе и обавља своју функцију под датим оптерећењем.

7.3 Прорачун погонске снаге и опсег брзина ротације платформе уређаја

Прорачун погонске снаге врши се на основу отпорних сила које се јављају у процесу рада уређаја. Прорачун је извршен на бази схеме приказане на слици 7.4. На слици је приказан део конструкције где се виде вратила са лежајевима и поред тога схема са битним параметрима за прорачун снаге.



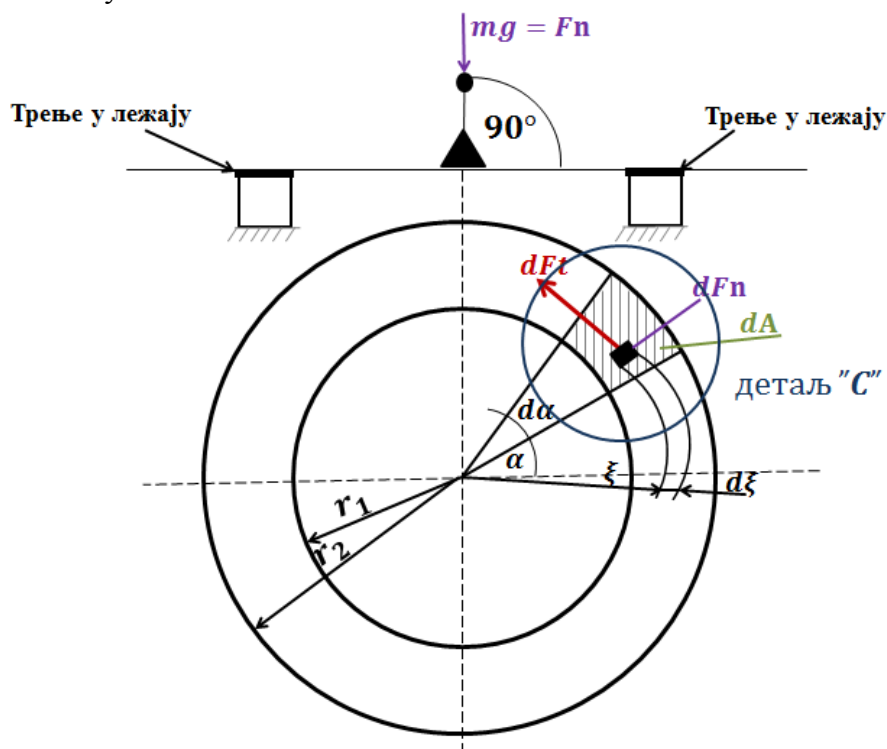
Слика 7.4 Схема погонског вратила са лежајевима

На основу схеме очигледно је да се као отпорне силе јављају силе које настају у улежиштењима котрљајних лежајева (детал А и детал В, слика 7.4). Такође је очигледно да отпорне силе у улежиштењима зависе од оптерећења mg , од одстојања l_1 и l_2 и од угла φ као и од самих конструктивних детаља начина улежиштења у тачкама А и В.

Постоје два гранична случаја. Један гранични случај се односи на положај уређаја (вратила) при углу $\varphi = 0^\circ$, а други гранични случај се односи на положај при углу од $\varphi = 90^\circ$.

Пре разматрања ових граничних случајева дубље ће се анализирати физика отпора сила у улежиштењима А и В.

На слици 7.5 (деталј А и В) приказана је схема расподеле отпорних сила у улежиштењу А. Налази се да је и улежиштење у тачки В изведено на идентичан начин као и улежиштење у тачки А.



Слика 7.5 Схема расподеле отпорних сила за $\varphi = 90^\circ$

На слици 7.5, деталј А приказан је распоред отпорних сила при положају уређаја одређеног углом $\varphi = 90^\circ$.

На основу слике 7.5 следи:

Нормална сила F_n представља укупну силу притиска оптерећења mg на лежај у тачки А и В. Величина ове силе износи:

$$F_n = \int_0^{2\pi} dF_n = \int_0^{2\pi} \sigma \cdot dA = \int_0^{2\pi} \int_{r_2}^{r_1} \xi \cdot p \cdot d\alpha \cdot d\xi$$

ξ - полупречник лежаја

p - притисак, односно σ – нормални напон

Елементарни отпор сила трења је:

$$F_t = \int_0^{2\pi} dF_t = \int_0^{2\pi} \int_{r_2}^{r_1} \xi \cdot p \cdot \mu \cdot d\alpha \cdot d\xi$$

где је:

r – радијус на коме се обавља котрљање

p – специфични притисак

μ – коефицијент трења

α – угао

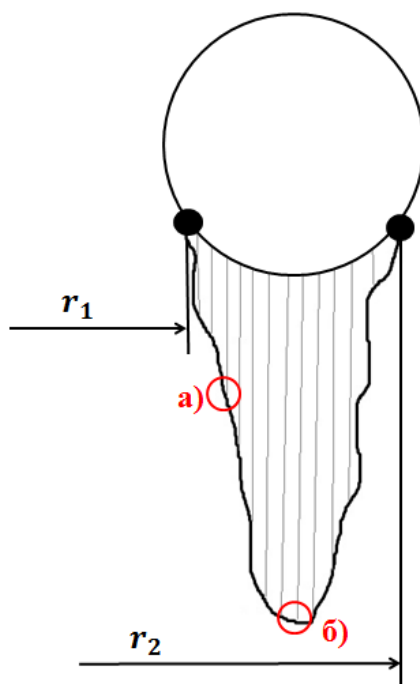
Сагласно претходном разматрању може се писати да отпорни момент на једном лежају износи:

$$M_t = \int_0^{2\pi} dM_t = \int_0^{2\pi} \int_{r_2}^{r_1} \xi^2 \cdot p \cdot \mu \cdot d\alpha \cdot d\xi$$

ξ – величина радијуса на ком се обавља контакт на елементарну површину

Елементарна површина контакта, односно величина површине по којој се код котрљајних тела обртање посматра, у принципу није позната са изузетком решених теоријских проблема (котрљање кугле на равној подлози, котрљање ваљка на равној подлози...). Такође, расподела коефицијента трења μ није позната из разлога што коефицијент трења μ зависи од величине притиска p ($\mu = f(p)$) па не може представљати константну вредност.

На слици 7.6 која представља детаљ “С” са слике 7.5 сликовито је приказана расподела притиска на месту контакта. Са слике која показује другу пројекцију детаља А види се да притисак није константан, односно његова расподела је променљива дуж места контакта. Како у тачки а) са слике 7.6 притисак има једну вредност, а у тачки б) другу то значи да ни коефицијент трења у овим тачкама не може бити исти.



Слика_7.6 Расподела притиска на месту контакта

Прецизно израчунавање отпорног момента очигледно захтева знатно дубља истраживања која у великој мери превазилазе проблематику која се разматра у раду. Из тих разлога користе се инжењерске методе прорачуна. Постављају се основне динамичке једначине равнотеже приликом обртања уређаја.

$$I \frac{d\omega}{dt} = M_m + \sum M_o$$

I – момент инерције свих покретних елемената

ω – угаона брзина погонског вратила

M_m – ангажовани момент мотора

$M_o = M_{trenja}$ – момент свих отпорних сила

С обзиром да је ω константно ($\frac{d\omega}{dt} = 0$), ова једначина се своди на статички услов равнотеже, односно:

$$M_m = \sum M_o = \sum M_t$$

С тим у вези M_t на једном лежају (слика 7.9) може се одредити преко формуле:

$$M_o = F_n \cdot \mu \cdot (r_1 - r_2) = F_n \cdot \mu \cdot r_{sr}$$

где је:

F_n – оптерећење лежаја (нормална сила)

μ – коефицијент трења

r_{sr} – полупречник по којем се обавља контакт котрљајућег тела

Имајући наведено у виду може се за случај оптерећења дефинисан углом $\varphi = 90^\circ$ одредити укупни отпорни момент. За наведени уређај је предвиђено максимално оптерећење у износу од 20000 N. Усваја се на основу прегледа литературе и могућих грешака у изради и монтажи коефицијент трења котрљања $\mu = 0,05$. Са тим у вези произилази да је укупни обртни момент у случају оптерећења приказаног на слици 7.5 и одређеног углом $\varphi = 90^\circ$ слика 7.4 једнак:

$$M_o = F_n \cdot \mu \cdot r_{sr}$$

$$M_o = 20000 \cdot 0,05 \cdot 35/1000 = 35 Nm$$

Минимална ангажована снага износи:

$$P = M_o \cdot \omega$$

Где се ω одређује из израза за угаону брзину у коме је n број обртаја радног стола ($n = 15 \text{ o/min}$):

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{\pi \cdot 15}{30} = 1,57 \text{ rad/s}$$

следи:

$$P = 35 \cdot 1,57 = 54,95 W$$

С обзиром на степен искоришћења пужног преносника и могући пад момента приликом смањења фреквенције на фреквентном регулатору усваја се $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$, где је $\eta_1 = 0,8$ степен искоришћења пужног пара и $\eta_2 = 0,69$ степен искоришћења момента приликом пада момента на мотору приликом уградње фреквентног регулатора.

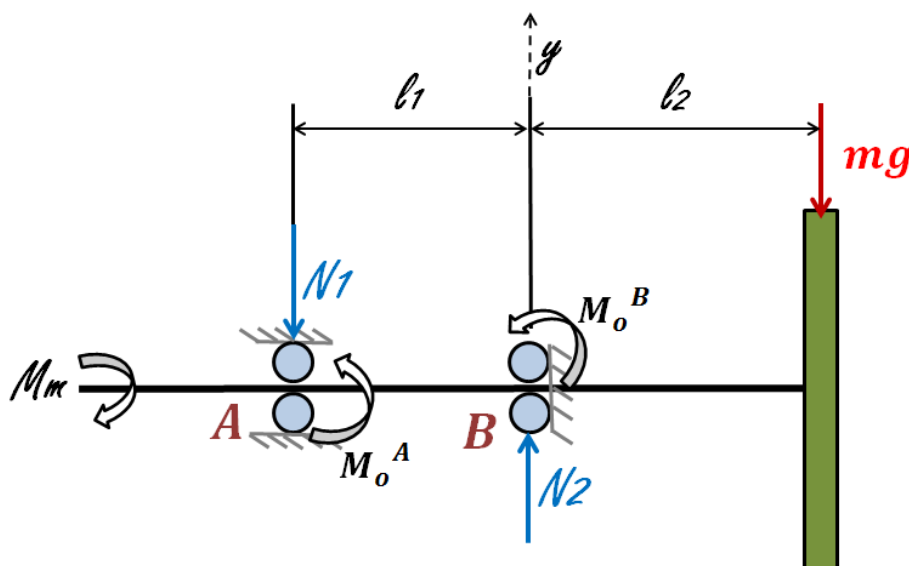
$$\eta = \eta_1 \eta_2 = 0,55$$

С обзиром на наведено потребна снага мотора је:

$$P_{(efektivno)} = \frac{P}{\eta} = \frac{54.95}{0.55} = 99.9 \text{ W}$$

Из конструктивних разлога (због причвршћивања радног стола, улежиштења и др.) потребно је да радно вретено мотора буде већег пречника. С тим у вези, с обзиром на изложено усваја се мотор по критеријуму оптерећења дефинисаног угла $\varphi = 90^\circ$ (слика 7.9) $1,5 \text{ kW}$.

Други случај оптерећења одређен за угао $\varphi = 0^\circ$ приказан је на слици 7.7.



Слика 7.7 Схема расподеле отпорних сила за $\varphi = 0^\circ$

Моментна једначина за тачку В (улежиштење В са слике 7.4) је:

$$\sum M_o^B = 0$$

$$N_1 \cdot l_1 = mg \cdot l_2 \rightarrow N_1 = mg \frac{l_1}{l_2}$$

На основу суме сила на у оси:

$$\sum F_{iy} = 0 \rightarrow N_2 = N_1 + mg$$

односно:

$$N_2 = mg \frac{l_1}{l_2} + mg \rightarrow mg(1 + \frac{l_1}{l_2})$$

За усвојене конструктивне вредности величина l_1 и l_2 и максимално лимитирано оптерећење следи да је:

$$N_1 = mg \frac{l_1}{l_2} = 20000 \cdot \frac{65}{108} = 12037.04 \text{ N}$$

и

$$N_2 = mg \left(1 + \frac{l_1}{l_2} \right) = 20000 \cdot \left(1 + \frac{65}{108} \right) = 32037.04 \text{ N}$$

Сагласно претходном разматрању моменти отпора у тачкама А и В (улежиштења А и В) износе:

$$M_o^A = N_1 \cdot \mu \cdot r \quad \text{и} \quad M_o^B = N_2 \cdot \mu \cdot r$$

Укупни отпорни момент износи:

$$M_{otp} = M_o^A + M_o^B$$

$$M_{otp} = N_1 \cdot \mu \cdot r + N_2 \cdot \mu \cdot r = \mu \cdot r \cdot (N_1 + N_2)$$

$$M_{otp} = 0.05 \cdot 35 \cdot (12037.04 + 32037.04) = 77129.64 \text{ Nm}$$

Потребна снага мотора у другом критичном положају ($\varphi = 0^\circ$) је:

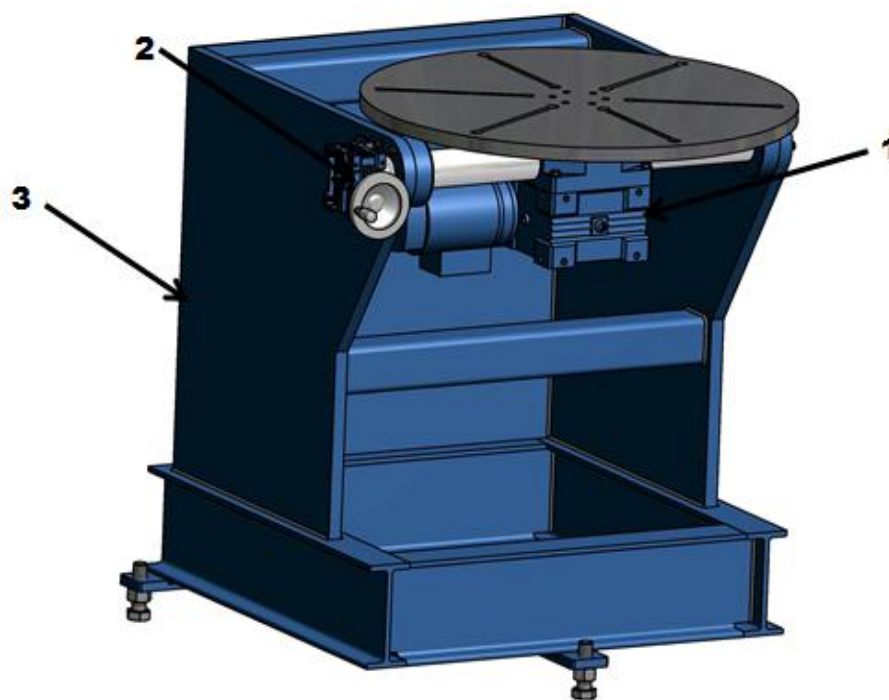
$$P = \frac{M_o \cdot \omega}{\eta \cdot 1000}$$

$$P = \frac{77129.64 \cdot 1.57}{0.55 \cdot 1000} = 220.17 \text{ W}$$

Из разлога наведених у претходном разматрању (када је положај уређаја при $\varphi = 90^\circ$) усваја се снага мотора $1,5 \text{ kW}$.

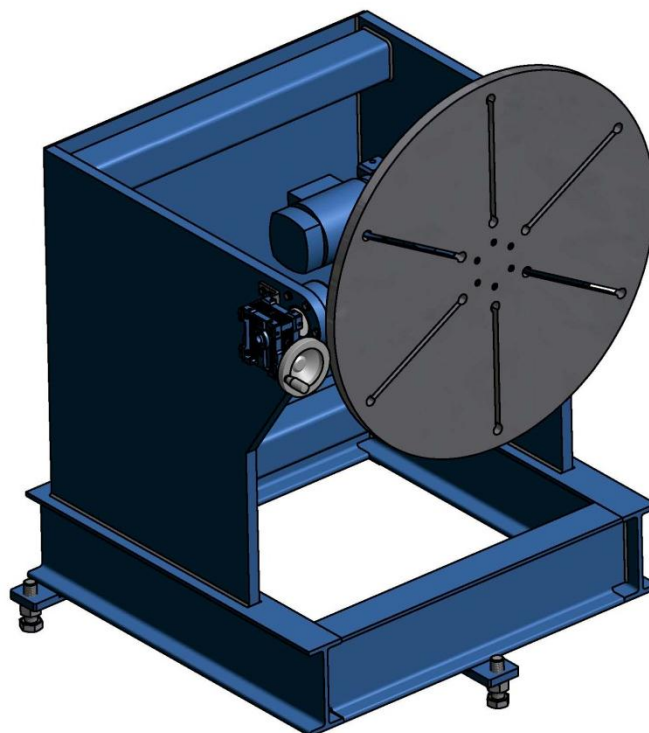
7.4 Конструктивно решење уређаја

Ротациони сто са позиционером (слика 7.8) је замишљен као конструкција која би се већим делом израђивала од стандардних лимова, профила и стандардних делова (лежајеви, завртњеви, навртке и др). Оваква конструкција је једноставна за израду и монтажу, и конципирана је тако да у потпуности задовољи захтеве производње.



Слика_7.8 Ротациони сто са позиционером: 1 – главно кретање уређаја, 2 – помоћно кретање, 3 – постоље

Ротација плоче стола је главна функција уређаја, као и њено заокретање у вертикалан положај (слика 7.9). Плоча се по потреби може задржати у било ком међуположају, при чему се може несметано окретати задатом брзином. Овакав систем обезбеђује стабилност процеса и несметано обављање тражене функције.



Слика_7.9 Ротациони сто са плочом у вертикалном положају: поглед са леве и десне стране

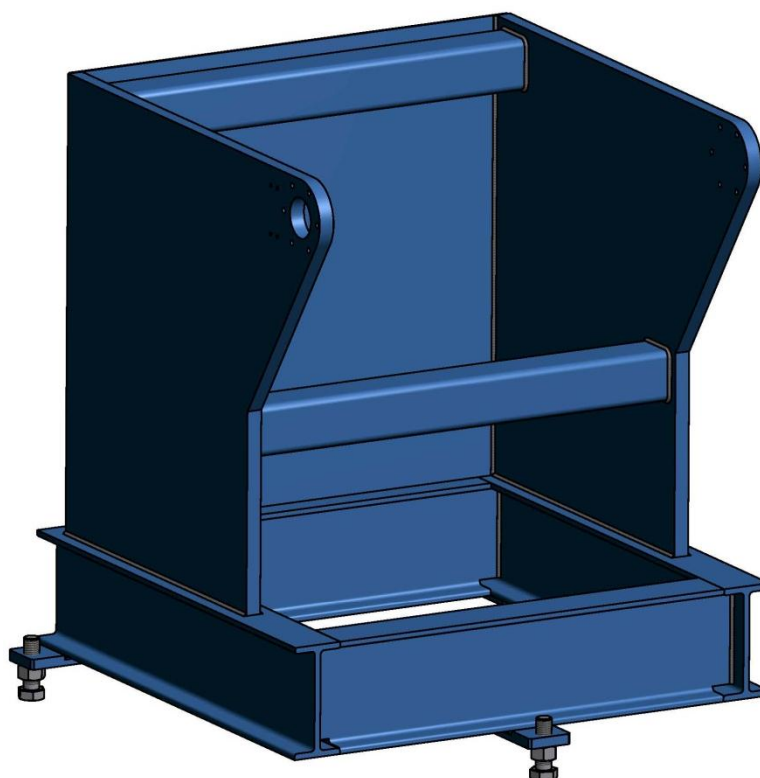
7.5 Конструктивна решења карактеристичних детаља уређаја

Постоље

Функција постоља је да све делове конструкције држи у целини и да уређају даје форму.

Састоји се од:

- четири стандардна I-профила који чине базу,
- две странице од челичних плоча дебљине 30 mm,
- једне лимене плоче дебљине 5 mm,
- две профилне везе које имају улогу укрућења конструкције и
- три стопице којима се машина ослања на тло и које служе за нивелисање радног стола (слика 7.10).



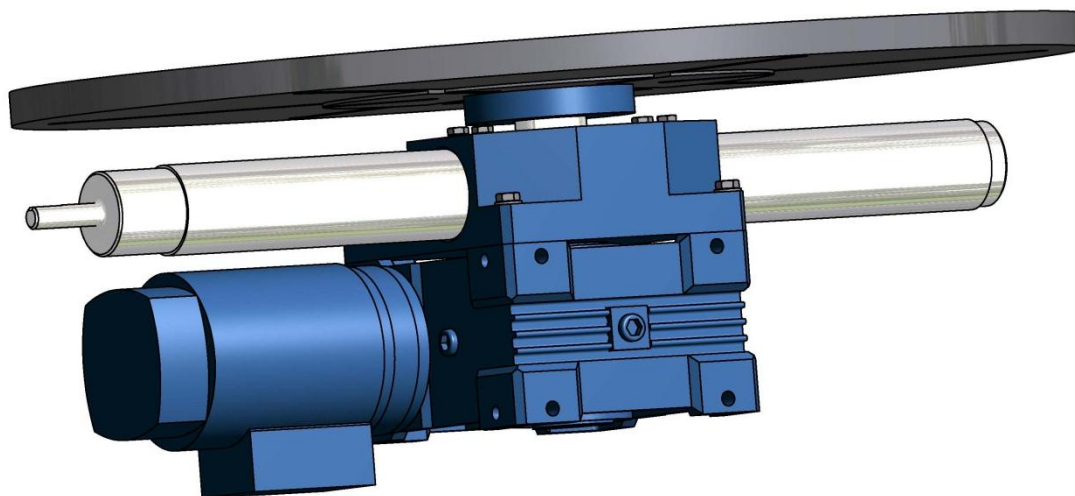
Слика_7.10 Постоље окретног стола

Кутијасти и I-профили се секу на меру, странице су исечене поступком гасног сечења из челичних плоча, и рупе за навоје се накнадно буше на координатној бушилици и накнадно се ручном урезницом урезају навоји, а лим са задње стране се исеца из табле лима.

Елементи постоља су спојени заваривањем. Поступак је могуће извести у фабрици. Профили и странице се спајају поступком заваривања, извођењем угаоних спојева у хоризонталном и вертикалном правцу. На постоље се заварују два кутијаста профила чија је функција укрућивање конструкције.

Главно кретање

Подсклоп који извршава главно кретање ротационог стола, односно ротацију плоче брзином од 0 до 15 o/min дат је на слици 7.11.

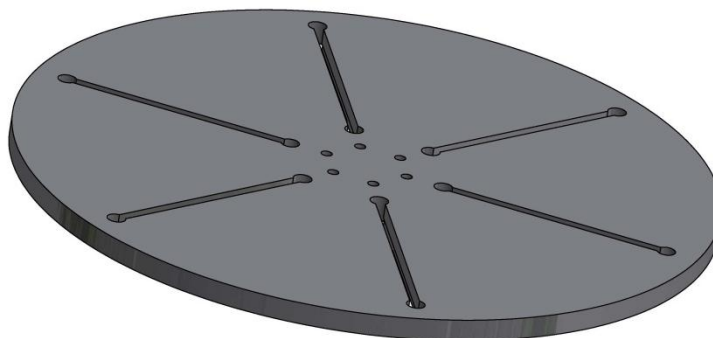


Слика_7.11 Подсклоп главног кретања

Ротацију плоче стола изводи електромотор снаге 1,5 kW, који је преко пужног редуктора и вратила повезан са плочом стола. Електромотор се испоручује као готов део, заједно са пужним паром као преносником главног кретања. Обртни момент преноси вратило које је са плочом стола везано прирубницом.

Радни сто

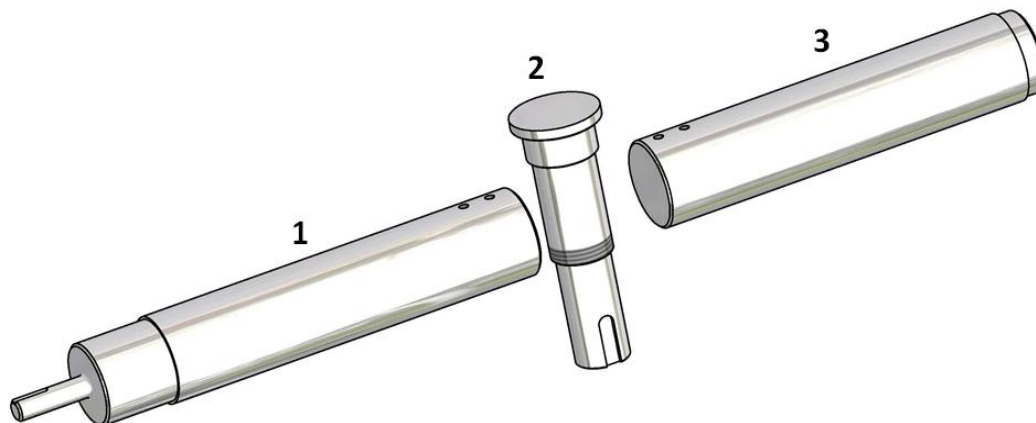
Избор врсте материјала врши се на основу препоруке за избор врсте материјала за радне столове. Радни сто има захтеве за високом отпорношћу на хабање и деформације, из тог разлога радни сто мора бити побољшан и каљен. Радни сто (слика 7.12) се израђује од челика Č4140. Радни сто је обрађен на глодалици ради добијања равне базне површине и на њој су глодалом урезани жлебови који служе за монтажну позиционирање стезног прибора. Накнадно после термичке обраде радни сто се обрађује равним брушењем ради добијања потребне равности и површинске хлапавости.



Слика_7.12 Плоча ротационог стола

Вратила

У конструкцији постоје три вратила (Слика 7.13) која се израђују од пуног округлог профила на стругу и на кружној брусилници. Материјал за израду вратила је челик $\check{C}41301$. Улога вратила је да поред уздужних и попречних сила пренесу и снагу, односно обртни момент [28]. Вратило 2 са слике 7.13, преноси главно кретање, односно обртни момент са редуктора на плочу стола, док вратила 1 и 3 преносе закретање стола (помоћно кретање).

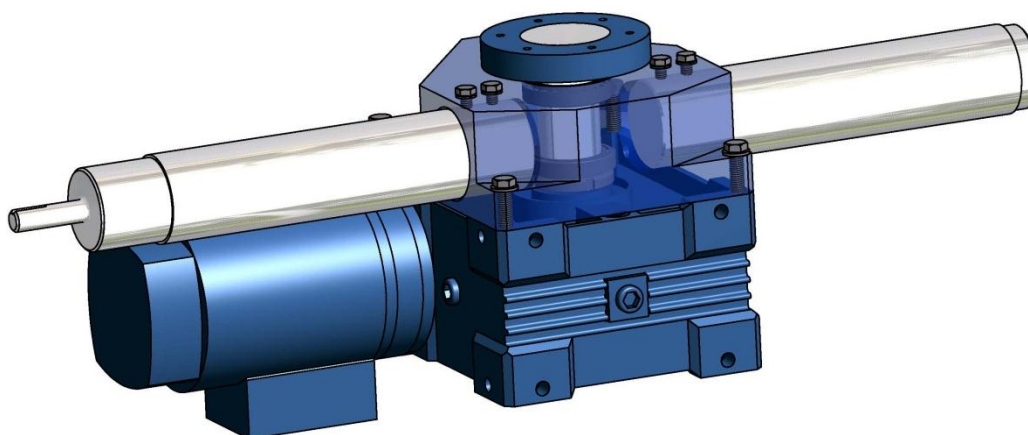


Слика_7.13 Вратила

Улежиштење на вратилу за главно кретање

Улога овог улежиштења је да носи терет плоче окретног стола као и сво оптерећење које се поставља на уређај ради заваривања. Унутар улежиштења су два конично ваљкаста радијално-аксијална лежаја (DIN 720 – 32911 ZZ - 55 x 80 x 17) (слика 7.14).

Улога лежаја је да пренесе оптерећење са покретних на непокретне делове машина и обезбеди услове за релативно кретање обртних делова. Као на пример овде, силе са вратила лежајеви преносе на носећу конструкцију [28].



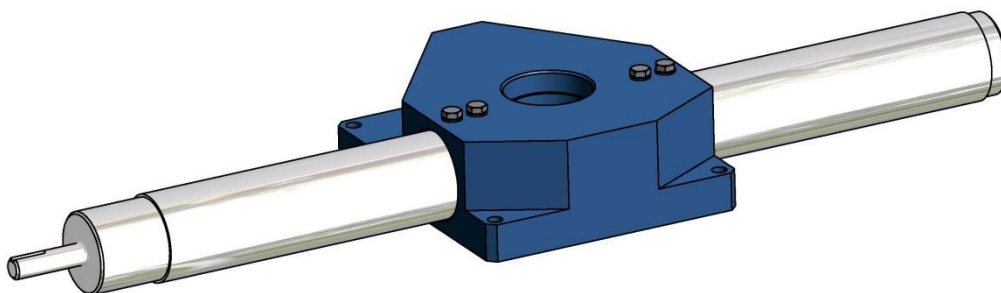
Слика_7.14 Улежиштење на вратилу за главно кретање

Поред тога улежиштење је искоришћено и као носач преносника кретања. Овим је преноснику кретања омогућено да несметано обавља своју функцију.

Улежиштење се израђује глодањем из челичног комада (Č1530) одређених димензија. Обработом ивица и бушењем отвора на комаду знатно је смањена маса самог улежиштења.

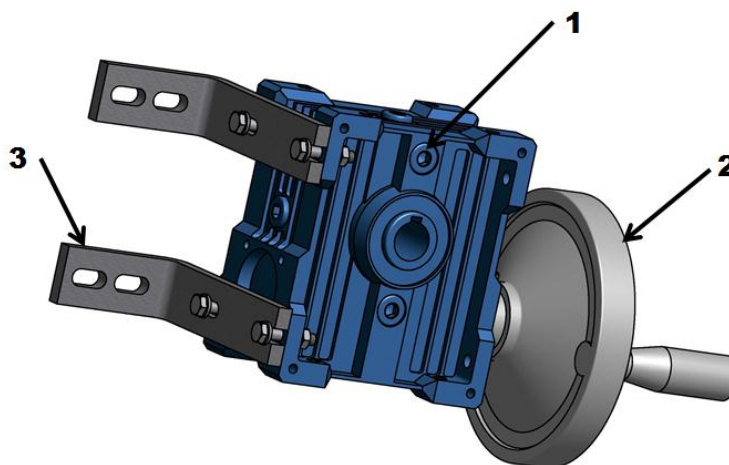
Помоћно кретање

Вратила која преносе помоћно кретање су повезана чврстом везом са улежиштењем (слика 7.15).



Слика_7.15 Веза вратила са улежиштењем

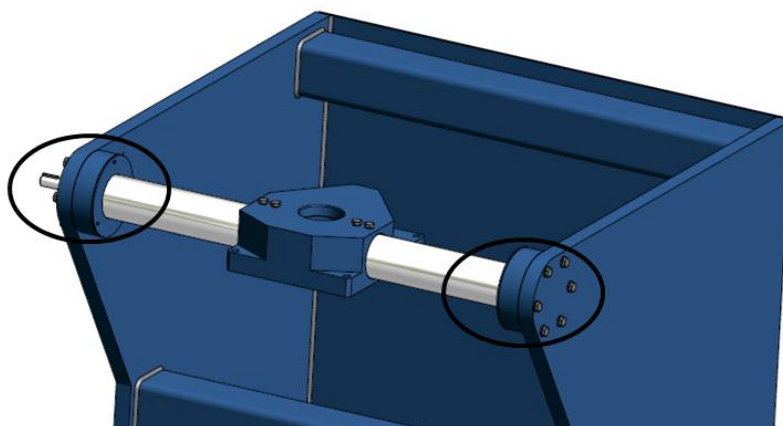
Помоћно кретање се изводи тако што је на крај једног вратила постављен пужни редуктор са степеном преноса 1:30 (слика 7.16, поз. 1). На њему је са предње стране ручица (слика 7.16, поз. 2) тако да је раднику омогућено да руком окрене плочу стола у положај који му одговара за рад. Како пужни преносник има особину самокочивости, сматра се да ће плоча окретног стола стајати у положају у којем је радник остави. Редуктор је везан за страницу постоља преко два савијена елемента (слика 7.16, поз. 3), чиме је осигурано његово место у систему.



Слика_7.16 Преносник помоћног кретања

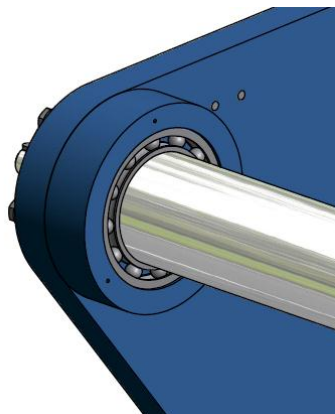
Улежиштења на вратилима за помоћно кретање

Ради смањивања цене конструкције, улежиштења су изведена тако да се претходно обрађују на стругу и брусилицу, па се накнадно монтирају на конструкцију, тако да нема потребе обраде улежиштења у склопу на глодалици (борверк). Ова улежиштења су изведена на унутрашњој страни постоља због смањивања растојање између лежајева (слика 7.17). Самим тим је смањен угиб.



Слика_7.17 Лежишна места

На вратилима су куглични једноредни лежајеви (DIN 625 SKF - SKF 16015 ZZ) на које се преноси оптерећење (слика 7.18). Лежишна места се израђују од побољшаног челика Š1530, док су поклопци од лима дебљине 3 mm.



Слика_7.18 Улежиштење са кугличним лежајем

8. Техноекономска анализа ефеката реинжењеринга и процена повраћаја уложених финансијских средстава

Техноекономска анализа је неопходан корак пре реализације било које идеје да би се уочила оправданост увођења новина и промена. Она представља анализу постојећег стања и стања након увођења технолошких промена, анализу утицајних фактора и њихово поређење са претпостављеним факторима након побољшања. У даљем раду је анализиран процес спајања заваривањем цилиндричних делова добоша. У фабрици Рап Застава ови делови се заварују тако што радник гориоником заузме положај и тако изводи шав. Због одговорности конструкције пожељно је да шав буде непрекидан и геометријски правилан што углавном зависи само од искуства радника. На постојећем окретном столу могу се изводити само хоризонтални шавови, док за друге правце овај окретни сто нема значајну улогу. Плоча стола не може мењати положај што значајно отежава извођење унутрашњих шавова и заваривање попречних ребара која служе за ојачање конструкције.

У односу на претходну конструкцију овде ће бити могуће заваривање како у хоризонталном тако и у вертикалном положају, док ће се при заваривању ребара за ојачавање добоша заузимати положај који одговара заваривачу. Позиционер ће омогућити довођење плоче стола у одговарајућу раван, а тиме спречити да радник напреже тело стајањем у неприродном положају за рад. Део који се заварује биће истовремено и позициониран и учвршћен, јер прибори за стезање који се могу монтирати на плочу омогућавају сигуран положај на самој средини плоче окретног стола. Без обзира на тежину и габарите делова добоша, биће обезбеђен сигуран положај дела. Постављање дела на сто одузеће раднику око 10 минута, што је вишеструко мање него време тренутног позиционирања, што је прорачунато у шестом поглављу. На годишњем нивоу то је у просеку 30 сати потрошено на припремно време, из чега следи закључак да око 35 радних дана остаје за сам процес заваривања, што је приближно још 7 витла током године.

Табела 8.1 Упоредни преглед

	пре	после
Број витла годишње	50	57
Време потребно за позиционирање једног добоша у минутима	90	10
Укупно припремно време током једне године у сатима	300	30

На основу времена позиционирања делова и припреме за заваривање, може се уочити да су губици велики. Време утрошено на позиционирање делова витла за годину дана је 300 сати. Ако се узме у обзир просечна цена машинског сата која износи 1500,00 динара, произилази да се за период од годину дана може изгубити 450000,00 динара ($1500,00 \times 300$). Поред производње витла у фабрици Рап Застава се производе и делови за друге машинске конструкције. Према томе губици у погледу производње су бројни.

Аутор рада сматра, да се правилним избором и конструкцијом помоћног алата за позиционирање, ова финансијска средства могу повратити на нивоу до годину дана.

При томе, треба нагласити да подизање нивоа позиционирања цилиндричних делова и механизација процеса његовог завариваања има крајње позитивне ефекте, са аспекта безбедности на раду. Посебно, ако се има у виду да је безбедност на раду једна од најзначајнијих категорија пословања у савременим условима производње.

Закључци

У оквиру овог рада је разматрана и анализирана технологија производње витла у фирми Рап Застава. Приликом анализе технолошког процеса је установљено да се увођењем специјалног уређаја са два степена слободе може унапредити технолошки поступак производње. Реализована је конструкција поменутог специјалног уређаја чијим се увођењем може унапредити производња са више аспеката техничке и економске природе. Треба нагласити да је реализација уређаја повезана са реалним потребама и сугестијама менаџмента фирме Рап Застава.

Стање затечено у фирми могло се побољшати са више аспеката. Предложено решење, у складу са очекивањима а према извршеним анализама, обезбеђује скраћење времена припреме дела за заваривање, боље услове рада, већу безбедност запослених као и низ других позитивних ефеката. Конструкција помоћног уређаја задовољава основну функцију, технологична је за израду и безбедна за рад. Процењено је да израда ове конструкције неће бити високе цене коштања. Реализација конструкције подразумевала је детаљну анализу, прорачуне, моделирање као и низ других активности. По мишљењу аутора обављене активности резултирале су реализованом конструкцијом високе поузданости у ширем смислу те речи. Значајан допринос истраживања обављених у овом мастер раду је управо идентификација реалног стања система – фабрика Рап Застава, у смислу технолошког нивоа производње витла.

Реализована конструкција задовољава ергономске захтеве. Радник који заварује не мора напрезати тело док ради, већ је конструкција окретног стола са позиционером осмишљена тако да рад не представља замор. Конструкција специјалног уређаја предвиђа да радник који изводи операције заваривања приликом обављања свог посла не мора улагати додатне напоре, као што је сада случај, већ без било каквих ограничења може доћи у позицију која му омогућава оптималан положај тела и неометан рад.

Врло утицајан фактор на квалитет производа је континуитет заварених спојева. Овај континуитет је остварен тиме што је цилиндричним деловима омогућено окретање константном и потребном брзином.

Позиционирање делова на радни сто уређаја се врши помоћу стезних елемената, чиме је избегнуто припремно причвршћивање заваривањем. Оваквим решењем позиционирања производа се елиминише једна припремна операција у технолошком поступку, при чему се остварује одређена уштеда материјала који се троши на ову операцију и истовремено се могућност оштећења производа смањује јер након операције заваривања није неопходно разарање варова као што је сада случај. Тиме се производ чува од оштећења која у поменутом случају могу да проузрокују одвајање делова од базне плоче приликом заваривања, па предложена конструкција уређаја очигледно подиже ниво безбедности у раду и обезбеђује стабилну форму производа.

На основу мерења припремног времена пре и после увођења помоћног уређаја, може се закључити да су уштеде вишеструке. Како је припремно време знатно редуковано, губици су сведени на минимум и корист је очигледна. Уз коришћење ротационог стола могуће је произвести седам витла више током једне године, што

предузећу доноси значајан профит. Ако се узме у обзир да је годишња производња предузећа 50 витла то значи да би се производња могла увећати за приближно 14% годишње.

Ако се има у виду просечна цена машинског сата која износи 1500,00 динара, произилази да се на нивоу од годину дана може уштедети око 450 000,00 динара. Аутор рада сматра, да се правилним избором и конструкцијом помоћног уређаја за позиционирање, ова финансијска средства могу повратити на нивоу од годину дана. При томе, треба нагласити да подизање нивоа позиционирања добоша и механизација процеса његовог завариваања има крајње позитивне ефекте са аспекта безбедности на раду. Посебно ако се има у виду да је безбедност на раду једна од најзначајнијих категорија пословања у савременим условима производње.

С друге стране, конструкција је веома ефикасна и погодна за широку примену у индустријској пракси. Веома значајна предност овакве машинске конструкције је што се може изградити уз доста прихватљиву цену коштања. Имајући у виду намену конструкције, више је него јасно да конструкција не захтева посебно високу тачност и прецизност израде. Са тим у вези, реално је очекивати да производна цена конструкције неће премашити планирану вредност од 450 000,00 динара. При креирању конструкције, аутор рада је настојао да осмисли конструкцију која ће задовољити функцију (намену), бити технологична за израду, обезбедити лакоћу опслуживања, бити прихватљиве цене коштања и задовољити мере безбедности на раду. Тиме се у суштини показало да се могу задовољити захтеви стандарда и у условима ограничених ресурса.

Током писања рада остварена је успешна сарадња са запосленима у фирми Рап Застава који су на одређени начин и иницирали развој конструкције ротационог стола са два степена слободе. На основу извршених анализа и прегледа стања технологије израде витла аутор сматра да ова конструкција представља само један у низу корака које је могуће учинити у циљу побољшања стења у производњи витла у фабрици Рап Застава.

Литература

- [1] J. J. Coulton, Lifting in Early Greek Architecture, The Journal of Hellenic Studies, интернет страница:
<http://www.michaelsheiser.com/PaleoBabble/LiftinginEarlyGreekArchitecture.pdf>,
приступљено у јуну 2012.
- [2] Ауторска фотографија
- [3] Интернет страница: <http://www.castlemagic.com/BW/drawbridge1.jpg> , приступљено у јуну 2012.
- [4] Матејић, Милош, *Конструисање и прорачун бродског витла у КЕД софтверу* – мастер рад, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2012
- [5] How much pulling power is on a winch, интернет страница:
http://www.ehow.com/facts_7769838_much-pulling-power-winch.html, приступљено у августу 2012.
- [6] Edward M. Trent, *Metal cutting*, Department of Metallurgy and Materials University of Birmingham, England, Paul K. Wright - Department of Mechanical Engineering University of California at Berkeley, U.S., Butterworth–Heinemann, 2000.
- [7] Thomas Childs, Katsuhiko Maekawa, Toshiyuki Obikawa and Yasuo Yamane, *Metal Machining, Theory and Applications*, Hodder Headline Group, London, 2000.
- [8] Фотографисано у компанијама Rapp Hydema и Rapp Zastava
- [9] Из документације витла ALW1800
- [10] Lim Buan Teck, *Improvement in the design of winches*, National University of Singapore, 2005.
- [11] Aung Kyaw Moe, *Design consideration for winch*, National University of Singapore, 2006.
- [12] Manual Winch, интернет страница: <http://www.davidround.com/manualwinches.html> , приступљено у септембру 2012.
- [13] MSc Bülent Erdem, Deck Machineries: Windlass and winches on board offshore and ashore, интернет страница:
http://www.deniz.ktu.edu.tr/Gemi_Insaati_Muh/Deck.pdf, приступљено у августу 2012.
- [14] Лазић, Миодраг, *Производне технологије 2*, предавања, интернет страница:
http://www.mfkg.kg.ac.rs/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=524&Itemid=27 , приступљено у септембру 2012.
- [15] Јовановић, Милорад, Лазић, Вукић, *Технологија заваривања и ливења*, скрипта, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2007.
- [16] Јовановић, Милорад, Адамовић, Драган, Лазић, Вукић, *Технологија заваривања*, приручник, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2011.
- [17] Опрема, технички гасови и практична примена ТИГ, МАГ и МИГ поступака заваривања, интернет страница:
http://www.mfkg.kg.ac.rs/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=703&Itemid=27 , приступљено у августу 2012.
- [18] Заваривање, интернет страница:

- <http://afrodita.rcub.bg.ac.rs/~rzoran/ZAVAUVODN.pdf> , приступљено у августу 2012.
- [19] Методе неразорних испитивања, интернет страница:
http://www.fsb.unizg.hr/ndt/download/teh3_2003-04pred.pdf, приступљено у септембру 2012.
- [20] Испитивање материјала без разарања, интернет страница:
<http://www.blmasinac.com/files/Vezba%2011%20-%20Ispitivanje%20materijala%20bez%20razaranja.pdf>, приступљено у септембру 2012.
- [21] Daily Safety Briefs, интернет страница:
<http://dailysafetybrief.blogspot.com/2011/06/6142011-safety-considerations-for-sand.html>, приступљено у септембру 2012.
- [22] Sandblasting some winch brackets, интернет страница:
<http://www.flickr.com/photos/bj42/1426880687/> , приступљено у септембру 2012.
- [23] Могућности регенерације делова бродских гасотурбинских мотора применом методе метализације плазма поступком, интернет страница:
<http://www.vtg.mod.gov.rs/arhiva/2012/vojnotehnicky-glasnik-1/21.-jovo-dautovic.pdf> , приступљено у септембру 2012.
- [24] Које су најчешће заштите од корозије?, интернет страница:
<http://www.metalcinkara.co.rs/sr/predstavljanje-antikorozivne-zastite/toplo-cinkovanje-ili-bojenje>, приступљено у септембру 2012.
- [25] Интернет страница: <http://www.rapol.com/> , приступљено у септембру 2012.
- [26] Welders risk ear damage from hot slag, интернет страница:
http://www2.worksafebc.com/i/posters/2007/ha0709_welder.htm, приступљено у септембру 2012.
- [27] Welding - Health and Safety, интернет страница:
<http://www.osh.dol.govt.nz/publications/booklets/welding2006/part15-21.html>, приступљено у септембру 2012.
- [28] Николић, Вера, *Машински елементи*, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2004.