

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Алати и прибори

Број индекса: 89/2011

Маријана Каранфиловска

Групни прибори за делове облика кућишта

ЗАВРШНИ РАД

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф. др Бранко Тадић – ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог дипломског рада кандидат треба да анализира постојећу технологију групних прибора за израду делова сложених облика кућишта трансмисије, мењача и мултипликатора, у односу на новоформирану систем модуларних прибора. Посебан део рада се односи на пројектовање модуларних прибора који ће обезбедити нижу цену коштања групе производних операција током обраде делова сложених облика.

Препоручена литература:

- [1] **Тадих, Б., Вукелић, Ђ., Јурковић З.,** „*Алати и прибори*“ , Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, 2013.
- [2] **Ходолич, Ј.; Вукелић Ђ.:** *Прибори*, ФТН Издаваштво, Нови Сад, 2008.
- [3] **Огњановић, М.; Милтеновић, В.:** *Машински елементи - машински спојеви*, Грађевинска књига, Београд, 1993.
- [4] **Тадих, Б.:** *Обрадни процеси и специјалне машине и уређаји*, Машински факултет, Крагујевац, 2006.
- [5] **Јовичић, М.; Криљак, Б.:** *Основе конструисања алата и прибора*, Научна књига, Београд, 1990.

ментор:

проф. др Бранко Тадих

Крагујевац, септембар 2014.

Маријана Каранфиловска

Факултет инжењерских наука Крагујевац

Групни прибори за делове облика кућишта

Апстракт: Недостатак адекватних флексибилних стезних прибора је значајна препрека у еволуцији флексибилних производних система. Модуларни стезни прибори су једна од нових технологија чија израда захтева компјутерски интегрисану производњу. Узимајући у обзир чињеницу да су многобројни прилази пројектовања модуларних стезних прибора, до сада развијени или се и даље развијају, у раду је приказан и анализиран, по ауторовом мишљењу, нов концепт пројектовања модуларних стезних прибора. Развијено решење модуларних прибора садржи релевантне информације о пројектовању прибора и осврт на теоријска разматрања.

Кључне речи: Модуларни стезни прибори, стезање, модули, флексибилни производни системи, CAD/CAM.

Abstract: The absence of adequate flexible fixturing methodologies is a significant impediment to the evolution of truly flexible manufacturing systems. Modular fixturing is one of the principal emerging technologies which address this void in computer integrated manufacturing. Taking into account the fact that many approached the design of modular fixturing, has developed or continues to develop, the paper is presented and analyzed, in the author's opinion, the new concept of designing modular fixturing. Developed solution of modular fixturing containing relevant information on designing fixture and retrospective view of theoretical considerations.

Keywords: Modular Fixtures, fixturing, modules, flexible manufacturing systems, CAD/CAM.

САДРЖАЈ:

1. УВОД	1
1.1. <i>Преглед постојећих решења модуларних стезних прибора</i>	2
2. СТЕЗНИ ПРИБОРИ	4
2.1. <i>Стезни прибори – класификација и подела</i>	4
2.2. <i>Теоријске основе базирања и стезања предмета обраде</i>	6
2.3. <i>Конструктивне изведбе елемената за базирање</i>	12
2.4. <i>Стезни предмет обраде</i>	18
3. ГРУПНИ И МОДУЛАРНИ СТЕЗНИ ПРИБОРИ	24
3.1. <i>Групни прибори</i>	24
3.2. <i>Модуларни стезни прибори</i>	30
4. ПРИМЕРИ РЕШЕЊА ГРУПНИХ ПРИБОРА ЗА ДЕЛОВЕ ОБЛИКА КУЋИШТА	33
4.1. <i>Детаљан опис техничког решења</i>	34
5. ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА МОДУЛАРНИХ ПРИБОРА ЗА ДЕЛОВЕ ОБЛИКА КУЋИШТА	39
5.1. <i>Детаљан опис техничког решења</i>	40
6. ЗАКЉУЧАК	48
7. ЛИТЕРАТУРА	50

1. УВОД

У протеклим годинама рачунари се све више користе да потпомогну пројектантске активности. Прва примена рачунара у сврхе истраживања забележена је 60-тих година прошлог века са циљем директног управљања машинама алаткама. Након тога долази до експанзије примене рачунара. Данас је акценат стављен на интелигентне системе који се карактеришу способношћу решавања проблема без детаљног и експлицитног алгоритма, математичке интерпретације и релација. Различити САх (Computer Aided Technologies) системи се користе као помоћ при пројектовању производа и производње како би се смањили време и трошкови реализације процеса производње. Развијени су многи у оквиру САх система који обезбеђују помоћ на различитим нивоима пројектовања и производње. На пример, приликом пројектовања, CAD (Computer Aided Desing) системи могу да користе рачунарски систем како би помогли у стварању модификације, анализе. CAD софтвер се користи за побољшање квалитета дизајна, побољшање комуникације кроз документацију као и да креира базу података за производњу. У току производње, САМ (Computer Aided Manufacturing) системи могу да пруже помоћ у изради технолошког поступка, размени података, планирању потребних материјала, генерисању путања алата итд. Такви рачунарски алати користе се као подршка многим деловима производног процеса.

У овом раду, акценат је стављен на модуларне приборе и њихову важну улогу у савременом производном окружењу. Користе се у процесима обраде материјала резањем, у којима се тачност позиционирања мери релативно у односу на положај машине алатке која изводи операцију обраде. Пројектовање стезног прибора је један од најважнијих задатака који повезује конструисање и активности обраде. Аутоматизација процеса обраде и развој дизајна помоћу рачунара су кључне ставке заслужне за успешно пројектовање следеће генерације обрадних система. Стезање се углавном изводи у циљу држања радног комада на жељеној позицији и како би се постигао ефекат одупирања силама резања. Проблематика стезања и позиционирања у конструисању стезног прибора је уско повезана. Уобичајено је да се стезање и позиционирање изводе истим механизмом. Међутим, неопходно је разумети да су ова два задатка ипак одвојени аспекти конструисања прибора, у супротном је неизводљиво конструисати прибор. Гарнитуре елемената прибора пројектују се са широким спектром димензија и облика и њихово компоновање пружа различита решења склопова прибора, зависно од облика и димензија делова које треба позиционирати и стезати. У планирању процеса је уобичајено да се прво реши проблем позиционирања. Пре него што се конструише извођење позиционирања, ослањања и стезања, постоји фаза која обухвата анализе и идентификацију облика радног комада, његових толерањција и других потребних карактеристика.

Модуларни стезни прибори обухватају велики број елемената за стезање који се могу монтирати у различитим конфигурацијама за обраду разноврсних радних комада.

Флексибилност модуларних прибора потиче од великог броја стезних конфигурација, од различитих комбинација стезних елемената који могу бити повезани са базном плочом.

1.1. Преглед постојећих решења модуларних стезних прибора

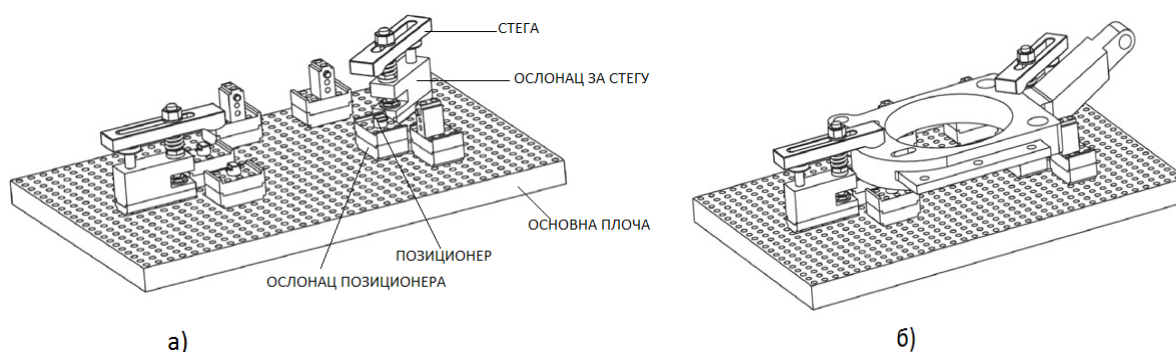
Традиционално, стезни прибори одређују на који начин специфични радни комади могу бити обрађени или састављани. У општем смислу, у категорији стезних прибора могу се уврстити сва средства за производњу која служе за одређивање положаја и стезање предмета обраде или алата, при чему, у неким случајевима, стезни прибор има намену исправног вођења алата у односу на предмет обраде. Иако овај приступ може бити економичан, ако је у питању масовна производња, неопходна флексибилност производње за малосеријску производњу може се једино постићи уз модуларне приборе. Модуларни стезни прибори упрошћавају процес конструисања, смањују коштања, скраћују процес конструисања прибора тако што омогућавају поновну употребу претходно направљених елемената прибора. Према томе, компјутерски подржано конструисање стезних прибора постаје главна тема истраживања. Процес конструисања модуларних прибора може се поделити у четири корака: припрема, планирање стезања, пројектовање прибора и контрола. У фази припреме, кораци машине и подаци о машини током сваког корака одређени су анализом радног комада и обрадом информација. Током прављења плана стезања, распоред позиционера и стезних елемената на површину радног комада дефинише се у односу на корак машине. У фази пројектовања прибора, идејни пројекат и главни пројекат су направљени за елементе позиционирања и стезања, тако да се добије правилна геометријска структура и да се јединице лако монтирају. У фази верификације треба потврдити приступ, стабилност, толеранције и економичност прибора, и треба утврдити да ли он задовољава потребе обраде. Некада је у компјутерски подржаном конструисању модуларног прибора, тродимензионални модел прављен претходно, а затим су се избор стезних елемената, измена, монтажа и провера изводили на основу искуства пројектанта. Ови прибори се састоје од стандардних модуларних компоненти као што су позиционери, V-блокови и стеге монтиране на базну плочу (1).

Прегледом постојећих решења установљено је да се стезни прибори могу се поделити у две основне групе: подешљиви и модуларни стезни прибори (2). Модуларни прибори представљају најраспрострањенију врсту флексибилних стезних прибора из разлога јер су прилагодљиви великом броју делова. Стезање комплексних радних комада се на модуларном стезном прибору врши преко стандардних делова, који се након завршене производне операције могу демонтирати (3). Модуларни стезни прибор се обично садржи базну плочу са рупама, преко којих се гради прибор (4) (Слика 1.). Систем модуларних стезних прибора развијен у раду (5) је пројектован за обраду призматичних делова. Прибор обухвата базну плочу и друге различите јединице, као и стеге. Модуларни стезни прибори описани у радовима (6, 7) састављени су од хоризонталних и вертикалних вођица, V-блокова и од хоризонталних и вертикалних стега.

Модуларни стезни прибор са базном плочом која има Т-жљебове описан је у раду (8). Сваки од Т-жљебова омогућавају позиционирање ослоних и стезних елемената дуж хоризонтале равни базне полоче путем клизања. Стезање се изводи било са притисним елементима или са употребом позиционера, ослоних и стезних елемената. Следе се захтеви који се морају испунити да би стезање радног комада модуларним стезним приборима било извршено (9). Иако је примарна функција стезног прибора да прецизно позиционирају и осигурају радни комад, постоји много других критеријума које треба задовољити, и најчешће су то ергономски критеријуми.

Ово значи да стезни прибор мора:

- бити једноставан и лак за коришћење (што значи лако постављање и скидање радног комада на прибор),
- да указује на грешке (да спречи неправилно постављање радног комада у прибор),
- да на неки начин спречи нагомилавање струготине током обраде,
- да обезбеди додатно ослањање ако је потребно код неправилних облика или великих радних комада,
- да обезбеди ако је потребно вођење алата до радног комада (10).



Слика 1.1. Модуларни стезни прибор а) без и б) са радним предметом

Модуларни стезни прибори упрошћавају процес конструисања, смањују коштања, скраћују процес конструисања прибора тако што омогућавају поновну употребу предходно направљених елемената прибора. Према томе, компјутерски подржано конструисање стезних прибора постаје главна тема истраживања. Процес конструисања модуларних прибора може се поделити у четири корака: припрема, планирање стезања, пројектовање прибора и контрола. У фази припреме, кораци машине и подаци о машини током сваког корака одређени су анализом радног комада и обрадом информација. Током прављења плана стезања, распоред позиционера и стезних елемената на површину радног комада дефинише се у односу на корак машине. У фази пројектовања прибора, идејни пројекат и главни пројекат су направљени за елементе позиционирања и стезања, тако да се добије правилна геометријска структура и да се јединице лако монтирају. У фази верификације треба потврдити приступ, стабилност, толеранције и економичност прибора, и треба утврдити да ли он задовољава потребе обраде.

2. СТЕЗНИ ПРИБОРИ

У сваком обрадном процесу, поред предмета обраде, алатне машине, алата и мерне инструментације, неминовно је да, као материјални чинилац ланца, буде присутан и стезни прибор. Стезни прибор је увек присутан било као стандардни стезни прибор (стезна глава универзалног струга, паралелна стега код глодалице, електромагнетни сто код бушилице за равно брушење и сл.) или као прибор посебно намењен одређеној производној операцији. У општем смислу, у категорију стезних прибора могу се уврстити све средства за производњу која служе за одређивање положаја и стезање предмета обраде или алата, при чему, у неким случајевима, стезни прибор има намену исправног вођења алата у односу на предмет обраде.

2.1. Стезни прибори – класификација и подела

Подела стезних прибора на различите класе или групе могућа је, у општем случају, на основу неколико критеријума, и то према:

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

Према виду радног поступка разликују се прибори:

- за ливење, ваљање и сличне предходне операције,
- за припремне операције (обележавање, центрирање и слично),
- намењени обради деформацијом,
- намењени за склапање и монтажу,
- намењени за термичку обраду и
- намењени за завршне операције (бојење, заштита површина и слично).

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

- обради на струговима,
- обради на глодалицама,
- обради на бушилицама,
- обради на брусилицама и
- осталим врстама обраде резањем.

Степен универзалности прибора може бити различит. На пример, могу бити стандардизовани прибори за делове различитих облика (стежача са три чељусти, обртни шиљци и слично).

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

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

- прибори опште намене (универзални),
- прибори индивидуалне намене (специјални),
- групни прибори и
- модуларни флексибилни прибори.

При пројектовању прибора опште намене тежи се постизању компромиса између функционалности прибора и могућности његове примене за стезање различитих врста предмета обраде. Ови прибори представљају стандардизоване или нормализоване производе развијене за вишеструку употребу. Примењују се у појединачној и малосериској производњи.

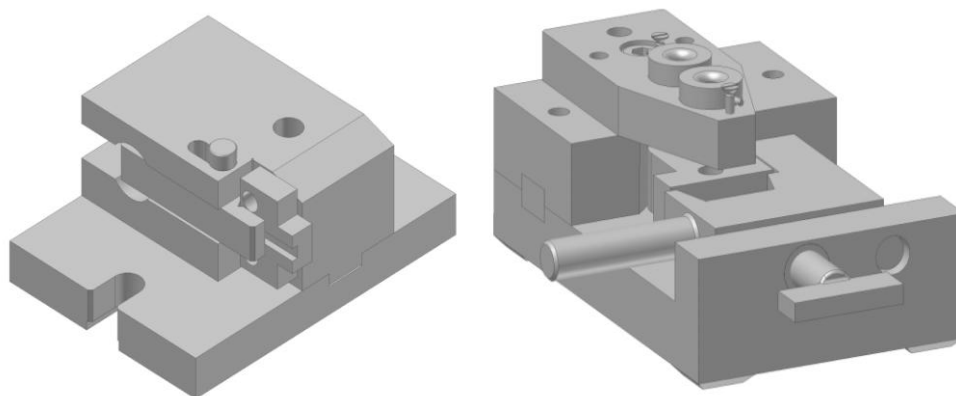


Слика 2.1. Универзални прибори – стеге



Слика 2.2. Универзални прибори – стезне чауре

Прибори индивидуалне намене или специјални стезни прибори су једнонаменски производи намењени одређеној производној операцији (базирању и стезању одређених предмета обраде). Примењују се у сериској и масовној производњи. На слици 2.3. приказане су две конструкције специјалних стезних прибора.



Слика 2.3. Примери конструкције специјалних стезних прибора

Групни прибори примењују се за базирање и стезање групе технолошки сличних елемената (предмета обраде). При пројектовању прибора за групну обраду тежи се остварењу јединствене основне конструкције прибора и што мањем броју изменљивих елемената прибора. С обзиром да групна технологија има за циљ повећање продуктивности ови прибори се најчешће примењују у условима серијске и масовне производње.

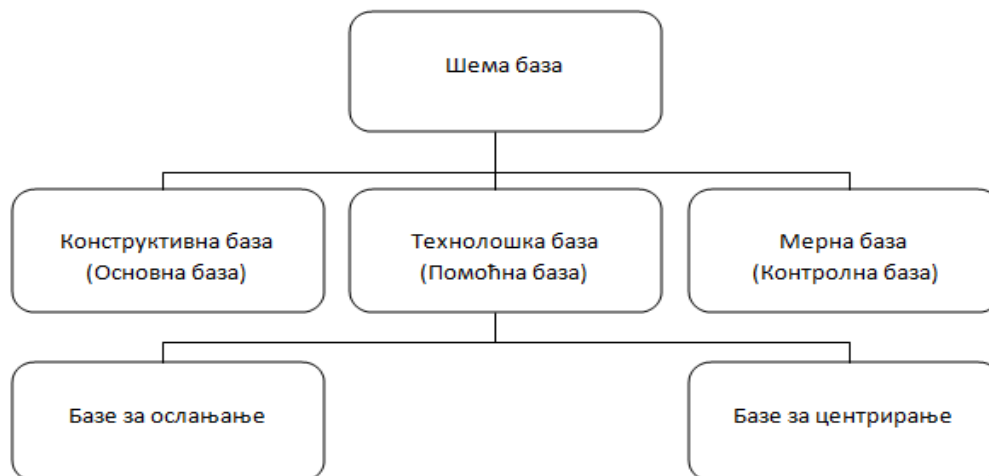
Модуларни флексибилни прибори представљају релативно нов концепт система пројектовања помоћних прибора. Основна одлика ових прибора је њихова висока флексибилност која је довела до масовне примене истих у условима појединачне, малосеријске, па чак и серијске производње. Основна препрека на путу веће примене ове врсте прибора у серијској и масовној производњи, у домаћој металопрерађивачкој индустрији, је њихова цена одосно висина почетног улагања у приборе.

2.2. Теоријске основе базирања и стезања предмета обраде

Основна функција стезног прибора јесте поуздано базирање и стезање предмета обраде. При извођењу обраде силе резања преносе се са алата на предмет обраде и стезни прибор. Положај предмета обраде у стезном прибору мора бити једнозначно одређен односно предмет обраде се у стезном прибору треба ослањати, базирати и центрирати по тачно дефинисаним површинама, линијама и тачкама.

Избор површина, линија, оса или тачака за базирање зависи првенствено од фактора везаних за:

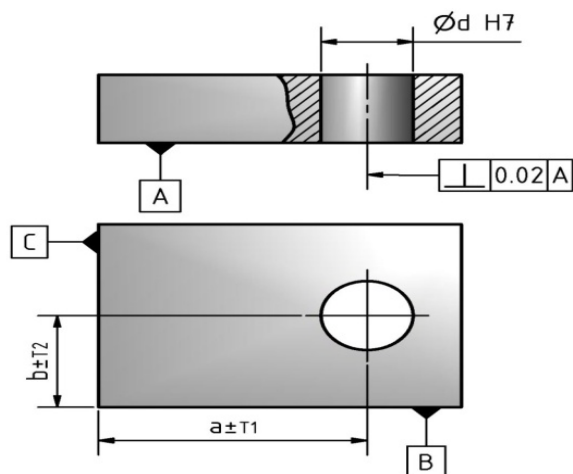
- предмет обраде односно готов производ,
- могућност извођења производне операције и
- могућност стезања.



Слика 2.4. Шема базирања

Свака операција или захват машинске обраде везан је за оставрење одређене коте, квалитета обрађене површине и слично. Конструктивни цртеж дела представља полазну основу за дефинисање технолошког поступка израде дела и основу за избор површина, линија и тачака за базирање при конципирању конструкције помоћног прибора. При избору база такође треба водити рачуна о могућности извођења обраде односно о оријентацији површине која се обрађује у односу на базну површину. На слици 2.4. приказана је основна подела база односно шема базирања.

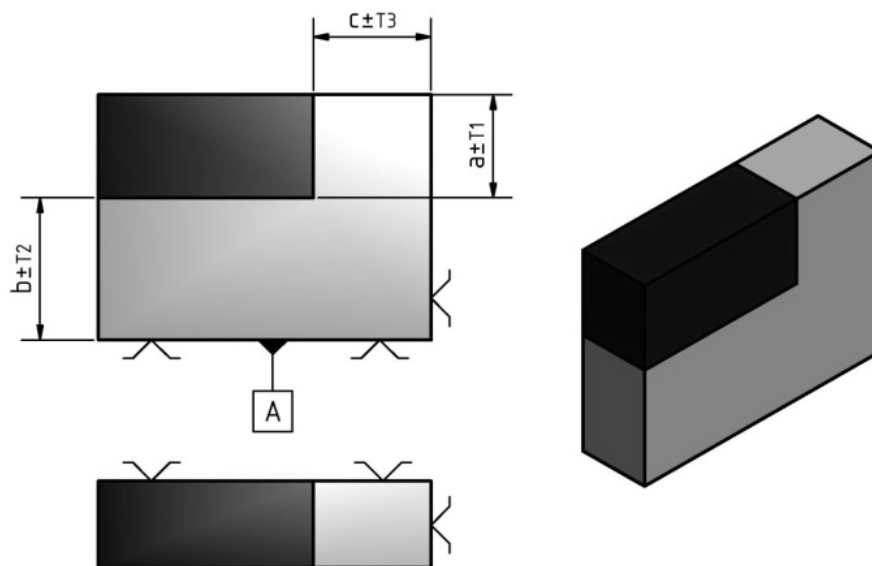
Основним (конструктивним) базама називају се површине, линије и тачке које одређују положај дела у склопу машине у односу на друге делове и склопове који се са њим спрежу. Првенствено треба настојати да се основна база користи за базирање предмета обраде у стезном прибору. Примера ради анализираће се конструктивни цртеж дела приказаног на слици 2.5.



Слика 2.5. Предмет обраде

Анализираће се операције обраде отвора $\varnothing d H7$. Претпоставља се да су површине “А”, “В” и “С” предходно обрађене. Базе осе отвора $\varnothing d H7$ састоје се од три елемента: површина “В” и “С” од којих су дефинисане коте $a \pm T1$ и $b \pm T2$ и добијене равни “А” на коју отвор треба да буде управан.

Помоћним (технолошким) базама називају се површине, линије и тачке које не утичу на положај готовог дела у односу на друге делове који се склапају са њима. Ове базе формирају се на предмету обраде само из технолошких разлога. На слици 2.6. дат је пример избора технолошке базе.



Слика 2.6. Избор технолошке базе

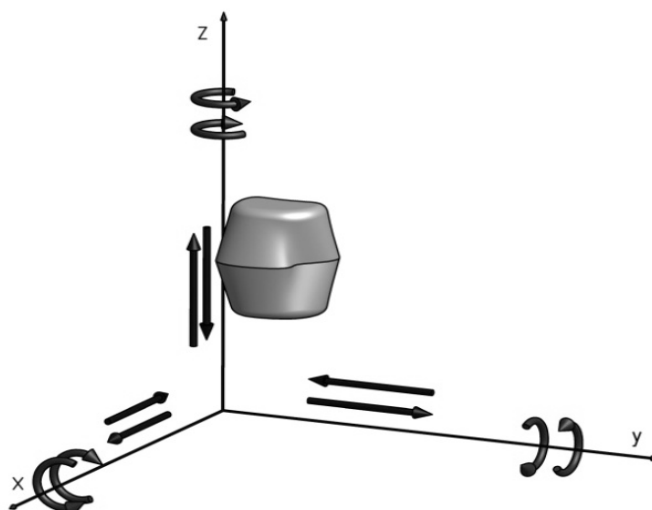
Базе за центрирање су елементи предмета обраде по којима се врши провера положаја предмета обраде у односу на алат и алатну машину.

Мерним или контролним базама називају се површине, линије или тачке од којих се врши читавање димензија при мерењу (контроли) дела или по којима се врши провера узајамног положаја површина (паралелност, управност и сл.).

Шеме базирања зависе од конфигурације дела и облика површина предмета обраде. Већина предмета обраде ограничена је равним, цилиндричним или коничним површинама.

Ове површине се користе у својству база за ослањање. Уопштено посматрано, свако тело у простору има шест степени слободе (слика 2.7.) и то:

- померање у оба смера по X , Y и Z оси,
- обраћање у оба смера по X , Y и Z оси.

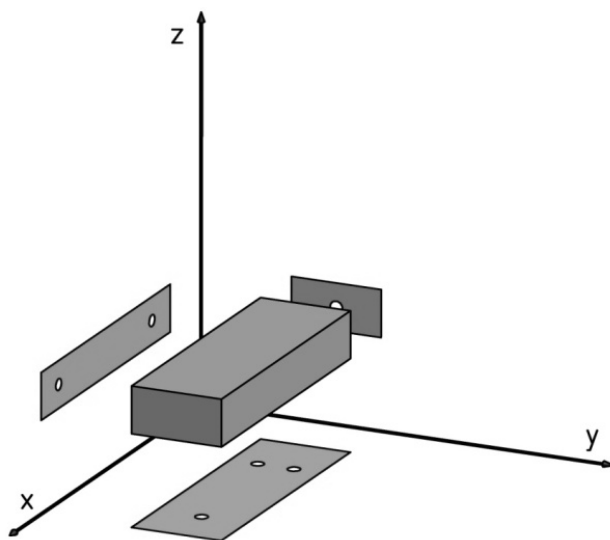


Слика 2.7. Могући степени слободе

Шема базирања призматичних делова

Овај систем базирања предмета обраде назива се правилом шест тачака. Ово правило важи, не само за делове призматичног облика, већ и за остале облике делова. Доња површина предмета обраде (површина са три ослона тачке) назива се основна база за локацију. За ову базу се бира површина са највећим габаритним димензијама.

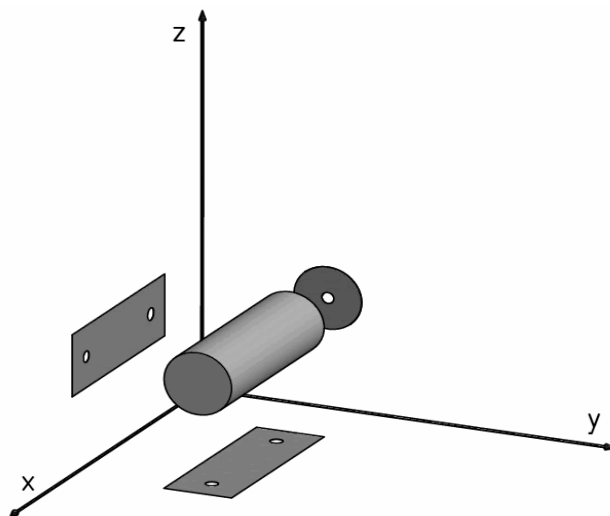
По овој шеми (слика 2.8.) базирају се делови слични блоковима мотора, кућиштима, полугама и сл. Ако се координате замене ослонцима и изврши стезање по ослонцима онда се предмету обраде одузима свих шест степени слободе. Бочна површина са две ослона тачке назива се усмеравајућа база и за њу се бира најдужа површина. Површина са једном ослоном тачком назива се гранична база.



Слика 2.8. Шема базирања призматичних делова

Шема базирања цилиндричних делова

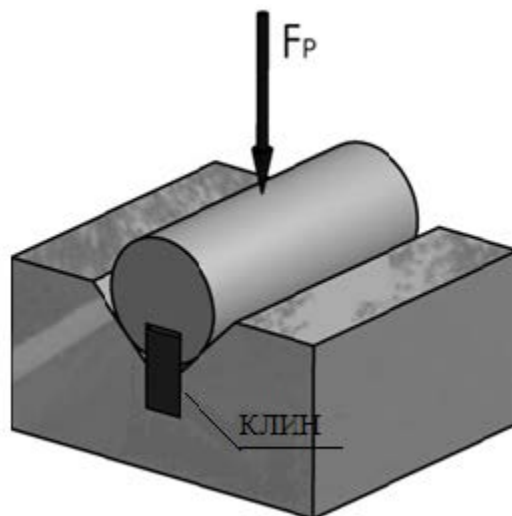
На слици 2.9. приказан је положај ваљка у простору. Положај ваљка одређен је са пет координата које ваљку одузимају пет степени слободе.



Слика 2.9. Шема базирања цилиндричних делова

Обртање ваљка око сопствене осе односно шести степен слободе обезбеђује се преко неког елемента ваљка (жљеб за клин, отвора и сл.) ако тај елемент постоји. Четири ослона тачке распоређене на спољашњој површини цилиндра (ваљка) образују двојну усмеравајућу базу. Ослона тачка на крају цилиндра одређује граничну базу. Преко клина, чивије и сличних елемената спречава се обртање ваљка око сопствене осе. Треба нагласити, да у неким случајевима, предмет обраде облика ваљка немају дефинисан положај по уздужној оси (жљеб, отвор и сл.).

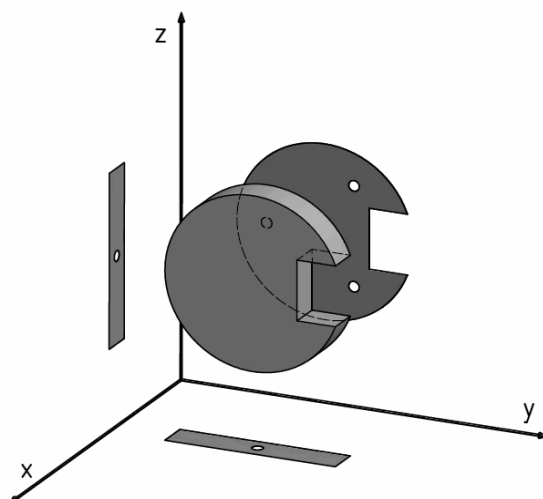
У тим случајевима, условно речено, њима се одузима шести степен слободe. Ако се координате замене призмом, граничником и изврши стезање, добија се потпуна шема базирања ваљка (слика 2.10.).



Слика 2.10. Потпуна шема базирања ваљка

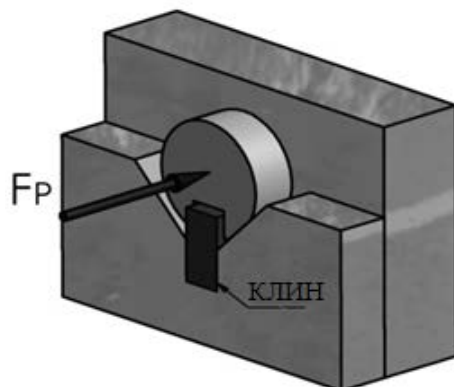
Шема базирања цилиндричних делова облика диска

Чеона површина је основна базна површина (ослонац у три тачке). Две ослоне тачке на краткој цилиндричној површини (омотачу) називају се центрирајућа база. Спречавање обртања диска око сопствене осе обезбеђује се као и при базирању делова облика ваљка (клином, чивијом и сл.)



Слика 2.11. Шема базирања делова облика диска

Ако се координате замене ослоњцима и изврши стезање по ослоњцима добија се потпуна шема базирања (слика 2.12.).



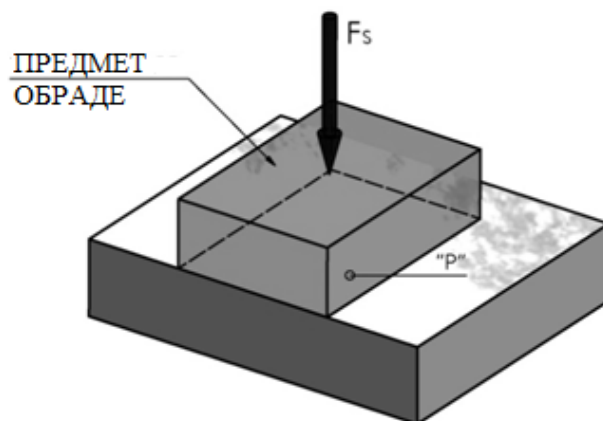
Слика 2.12. Потпуна шема базирања диска

2.3. Конструктивне изведбе елемената за базирање

Елементи за базирање (ослањање), одређивање положаја или локацију предмета обраде имају за циљ да обезбеде једнозначан положај и поуздан контакт предмета обраде са базним површинама или, шире посматрано, елементима за базирање. Елементи за базирање треба да приме сва оптерећења која се преносе са предмета обраде, уз занемарљив степен деформације. Предмети обраде се базирају, ослањају и граниче у околинама једне, две или три тачке.

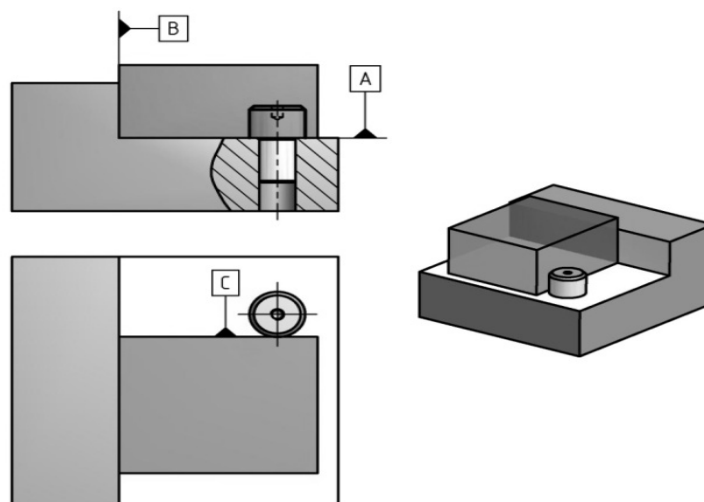
Базирање призматичних елемената

Базирање призматичних елемената врши се по равним површинама и ослоним и граничним чеповима. Површина са највећим габаритима треба бити ослоњена у три или евентуално четири тачке. При базирању по ослоној бази (површина са највећим габаритима) разликују се базирање обрађених и базирање необрађених површина. Ако је реч о базирању обрађених површина онда се оно, у случају мањих габарита предмета обраде, може извести по читавој површини ослоне базе (слика 2.13.).



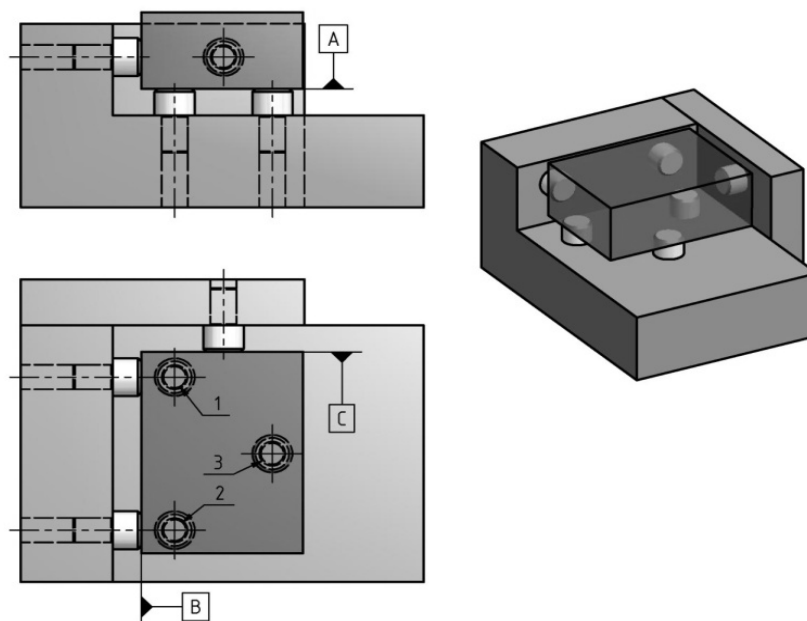
Слика 2.13. Базирање по обрађеној површини елемената мањих габарита

Претпоставља се да су одступања равности належуће површине “Р” мала и да ће при дејству силе стезања доћи до еластичних и пластичних деформација врхова неравнина, што ће довести до континуалног налегања читаве ослоне површине. На слици 2.14. приказан је елемент прибора који у себи садржи ослону, усмеравајућу и граничну базу.



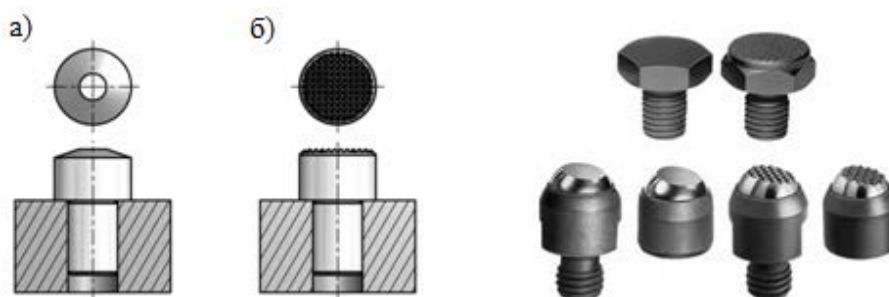
Слика 2.14. Елементи за базирање са ослоном, усмеравајућом и граничном базом

Површина “А” представља ослону базу, површина “В” усмеравајућу базу, док површина “С” формирана око изводнице чепа образује граничну базу. Већи део базних површина је ослобођен чиме се тачније дефинишу површине контакта предмета обраде са елементом за базирање. Ако су належуће површине предмета обраде претходно обрађене, а ради се о предметима релативно већих габарита, онда се базне површине формирају са ослоним чеповима или ослоним плочама. На слици 2.15. приказан је распоред ослоних чепова или ослоних плоча на носачу – елементу за базирање. Ослон базна површина “А” формирана је у овом случају преко три ослон чепа. Усмеравајућа база “В” формира се преко два чепа, док се гранична база “С” формира преко једног ослон чепа.



Слика 2.15. Распоред ослоних чепова или ослоних плоча на носачу

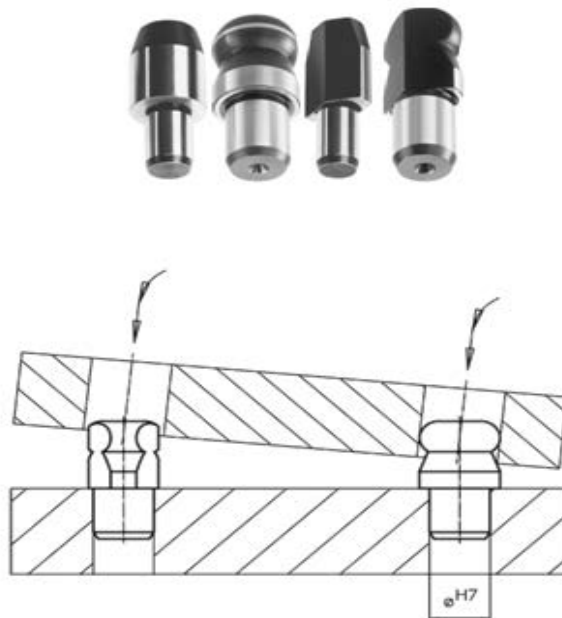
Ако је реч о базирању предмета са предходно необрађеним површинама онда се као ослони чепови примењују различите врсте подесивих и неподесивих чепова (слика 2.16.).



Слика 2.16. Ослони чепови за базирање необрађених делова

Разлика између ослоних чепова и чепова о којима је раније било реч јесте да су ови чепови изведени са сферичном, наредцаном или прилагодљивом належућом површином. Наредцани чеп се примењује у случајевима када је потребно повећати коефицијент трења између предмета обраде и ослонца. Наиме, због оштрих врхова на чеоној површини чепа при стезању долази до утискивања истих у површину предмета обраде, па је тангенцијална носивост ове везе знатно увећана. Прилагодљиви чепови омогућавају прилагођавање ослонца належућој површини што обезбеђује поузданије базирање. Базирање предмета обраде по чеоној површини и два отвора за центрирање се врло често среће у пракси. Чепови за центрирање се изводе као пуни чепови или као један пуни и један срезани чеп, што зависи од пречника отвора, њихове толеранције и толеранције међусобног одстојања отвора.

На слици 2.17. приказан је предмет обраде базиран на два кратка чепа за центрирање и различите конструктивне изведбе ових чепова.



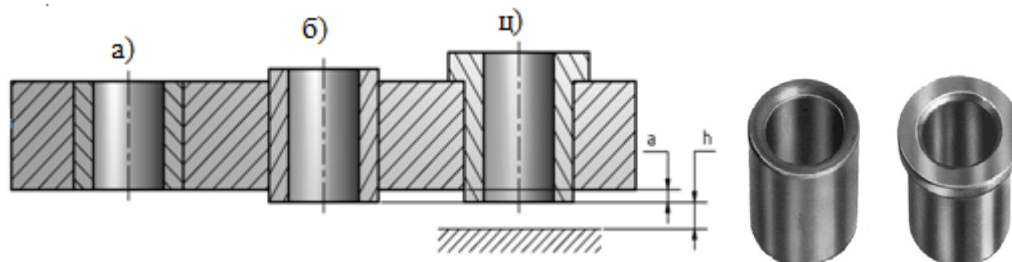
Слика 2.17. Базирање предмета обраде на кратким чеповима

Чауре за вођење резног алата

Чауре за вођење резног алата (вођице) примењују се за исправно вођење резног алата (бургија, проширивач, развртач) при обради на различитим врстама бушилица. Вођице пречника до $\varnothing 15\text{mm}$ израђују се од алатног или угљеничног челика за каљење док се вођице већег пречника израђују од угљеничног или легираног челика за цементацију. Тврдоћа вођица, после термичке обраде, треба да буде (60-64) HRC. Дужина вођице се најчешће креће у границама $(1,5-2) \cdot d$, где је d пречник отвора који се обрађује. Ивица вођица за обраду отвора, са стране која улази у тело прибора треба да буде оборена и на спољашњем и на унутрашњем пречнику, а са стране на којој улази резни алат ивице треба заоблити. Велики број типова вођица је стандардизован. Вођице се деле на неизменљиве (фиксне) и изменљиве. Неизменљиве вођице се примењују без венца или са венцом у зависности од тога који је тип вођице погоднији у конкретној ситуацији.

Неизменљиве вођице

Неизменљиве вођице (слика 2.18.а-ц) пресују се у тело прибора (носач вођица) са спојем H7/p6 или H7/m6 тако да вођица вири из носача за величину “а”.

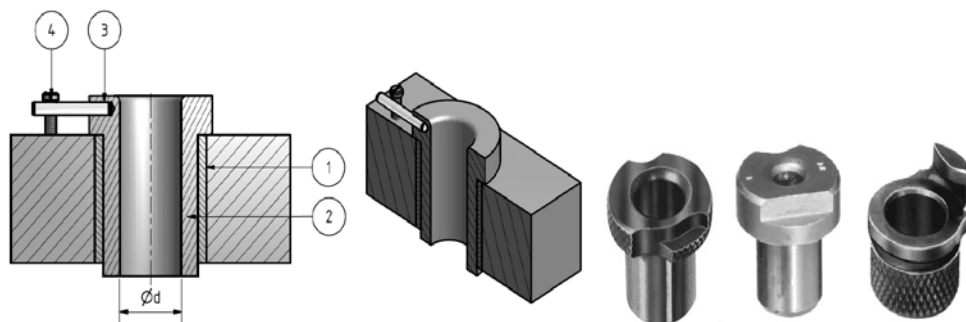


Слика 2.18. Фиксне вођице

Овакав начин постављања вођице спречава убацивање струготине у вођицу, при чишћењу алата (слика 2.18.б). Вођица треба да буде постављена у прибор тако да између ње и предмета обраде постоји растојање h , односно простор који ће служити за одвођење струготине. Најчешће се усваја вредност $h = (1/3-1) \cdot d$, при чему се веће вредности h усвајају при обради челика док се мање вредности за h усвајају при обради ливеног гвожђа. При обради на нумеричким машинама вођице се не примењују.

Изменљиве вођице

При обради прецизних отвора, где су поред бушења, технолошким поступком обраде предвиђене и операције проширивања и/или развртања, за вођење резног алата, при раду на универзалним машинама, примењују се брзо изменљиве вођице. Брзо изменљиве вођице постављају се у неизменљиве (фиксне) чауре (вођице) са спојем H7/g6 или H7/g5. На слици 2.19. приказан је један тип конструкције брзоизменљиве вођице и три другачија типа изменљиве вођице.

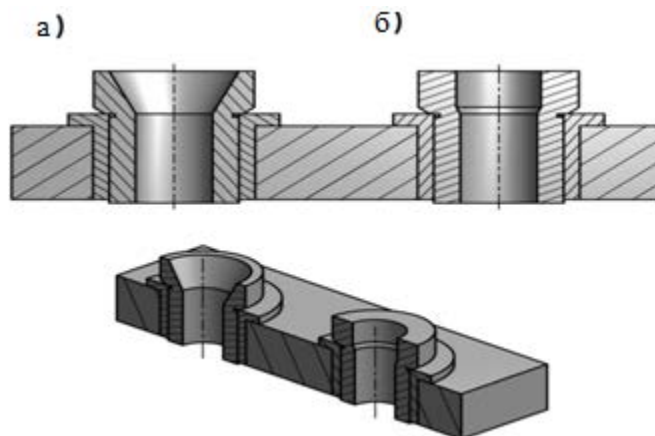


Слика.2.19. Брзо изменљиве вођице

Основни елементи склопа приказаног на слици 2.19. су: фиксна вођица 1, изменљива вођица 2, чивија 3 и завртањ 4. Чивија и завртањ служе да се спрече обртање брзоизменљиве вођице и њено извлачење у току процес обраде.

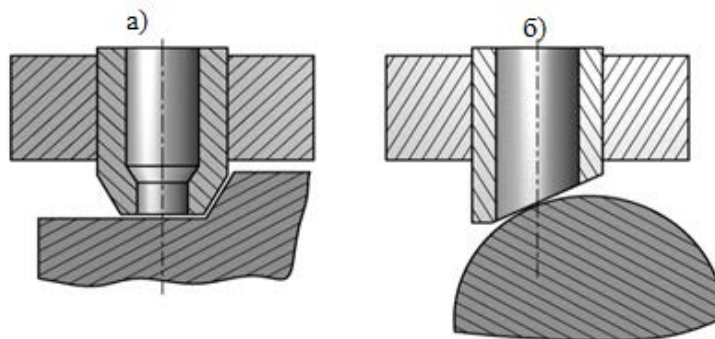
При замени вођице 2. иста се закрене у смеру супротном од смера казаљке на сату и повуче навише. На месту извађене вођице поставља се нова вођица, на пример, вођица за развртање.

За операцију обраде отвора $\varnothing 20H7$, на пример, постојале би три изменљиве вођице (вођица за бушење, вођица за проширивање и вођица за развртање) које би се наизменично постављале у фиксну вођицу 1. Поред наведеног начина за спречавање обртања изменљиве вођице постоји читав низ другачијих решења на која се може наићи у литератури и пракси. У пракси постоје случајеви када је због облика предмета обраде или стезног прибора потребно изменљиву вођицу изградити као дугу вођицу.



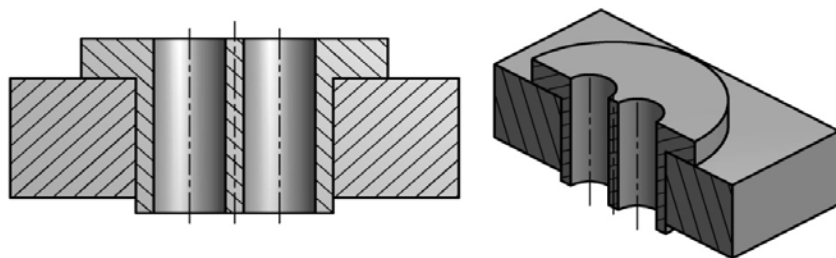
Слика 2.20. Дуге вођице

Исправно је, због хабања вођице, дугу вођицу изградити по узору на вођицу приказану на слици 2.20.б.



Слика 2.21. Обликовање вођице

У неким случајевима, због облика предмета обраде, вођицу треба обликовати, као што је приказано на слици 2.21.а,б.



Слика 2.22. Специјална вођица

При обради отвора који се налазе на блиском одстојању вођицу треба изградити као специјалну (слика 2.22.).

2.4. Стезни предмет обраде

Предмету обраде базираном у стезном прибору треба одређеним силама притезања обезбедити стабилан контакт са базним површинама. Основна функција притезања предмета обраде јесте обезбеђење једнозначно дефинисаног положаја предмета обраде у стезном прибору. У току процеса обраде, при дејству динамичких оптерећења, правац, смер и интензитет сила стезања треба да онемогући померање предмета обраде од базних површина. Такође, силе стезања треба да омогуће такву шему оптерећења елемената стезног прибора при којој неће доћи до повећаног нивоа вибрација предмета обраде, што се иначе, негативно одражава на тачност захтеваних кота и квалитет обрађене површине.

Полазну основу за дефинисање положаја ("тачака") стезања, величину сила стезања и избор елемената и механизма за стезање представља величина, правац и смер сила резања које се јављају у току процеса обраде. На основу операционе листе којом се дефинише алат, величина додатака за обраду и остали параметри режима резања, могуће је, са задовољавајућом тачношћу одредити величине, правце и смерове сила резања. Силе резања треба посматрати као спољашње оптерећење предмета обраде и читавог склопа стезног прибора. Пожељно је, пре избора начина стезања и елемената и механизма за стезање, размотрити динамичку шему оптерећења стезног прибора, са силама резања као побудним силама. Положај, смер и правац сила стезања треба изабрати тако да се, са што мањом силом стезања може успешно реализовати производна операција. Такође треба водити рачуна да се поуздано стезање оствари са што је могуће мањим бројем стезних места.

Елементи и механизми за стезање

Основна карактеристика елемената и механизма је обезбеђење самокочивости и једнозначно дефинисаног положаја предмета обраде у стезном прибору. Као елементи за стезање најчешће се примењују завртњеве, клинови, ексцентри, полуге, еластичне чауре, тањирасте опруге и слични елементи. Поред класичних, махом механичких елемената, у примени су и различите врсте хидрауличних и пнеуматских цилиндара односно

одговарајуће хидрауличке и пнеуматске инсталације. У специјалним случајевима примењује се електромагнетно, вакумско и стезање са електромоторним погоном. У будућем излагању првенствено је реч о класичним механичким елементима и механизмима за стезање, док се у оквиру механизације стезних прибора обрађене остале врсте елемената и механизма за брзодејствујуће стезање. Најширу примену у изради механизма за стезање имају механички елементи. Као основне разлоге широке примене механичких елемената код механизма за стезање треба навести њихову стабилност, једноставност израде и релативно ниску цену уз могућност постизања високих вредности сила стезања. Преко механичких компоненти (завртњева, клинова, полуга и сличних елемената) могуће је на релативно једноставан начин решити проблем стезања предмета обраде у већини производних операција уз постизање високог степена поузданости склопа стезног прибора. Поузданост стезања преко механичких компоненти огледа се, првенствено, у могућности решења читавог стезног система преко релативно малог броја елемената.

Стезање завртњем

Може се рећи, да од свих механичких елемената завртањ има најширу примену у градњи стезних прибора. Завртањ се, мада ређе, може користити као директни стезни елемент или пак, много чешће, у склопу различитих полуга и механизма. Један од основних разлога широке примене завртња као стезног елемента јесте могућност остварења великих аксијалних сила при дејству релативно умерених момената на глави завртња уз истовремено остваривање самокочивости. Величина аксијалне силе која се остварује завртњем може се прорачунати преко обрасца:

$$F_s = \frac{M_t}{\frac{d_m}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + C}$$

где је:

- M_t - момент којим се делује на главу завртња,
- d_m - средњи пречник завојнице,
- α - угао завојнице,
- ρ - угао трења,
- C - константа која зависи од облика притезне површине.

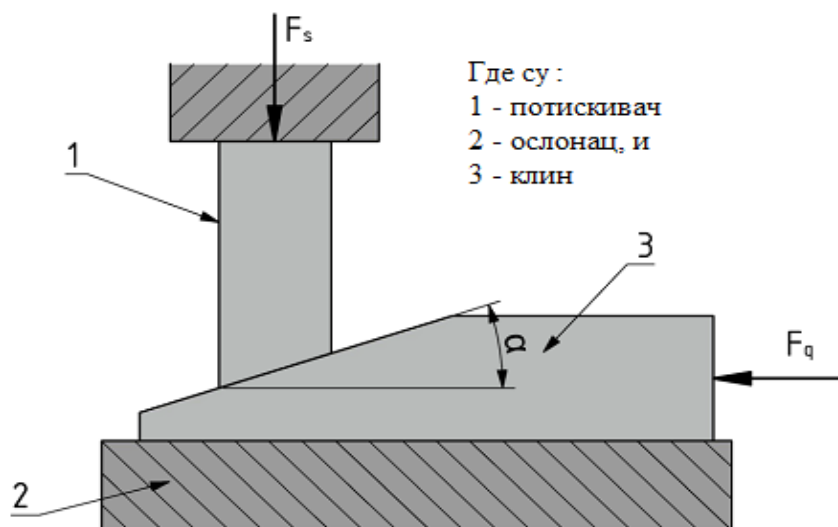
Завртањ може бити израђен са стандардном главом за стезање кључем или према неком од стандардних облика приказаних на слици 2.23.



Слика 2.23. Стандардни облици завртња и навртке

Стезање клином

Већина елемената за стезање функционише на принципу клина (завртњеви, ексцентри, стезне чауре и слични елементи). Из тих разлога различите конструкције клина нашле су широку примену при пројектовању и изради стезних прибора. Основне предности клина као елемента за стезање огледају се у могућности остварења самокочивости, релативно великих сила стезања и једноставној изради. На слици 2.24. дата је шематски приказ клина у контакту са елементом за вођење клина и елементом који се стеже.

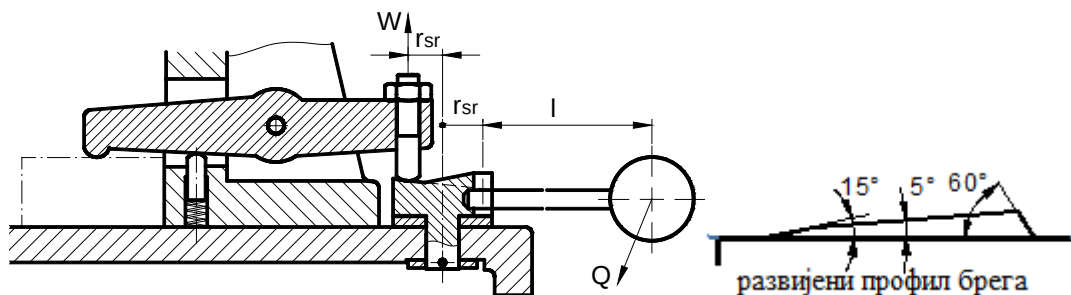


Слика 2.24. Директно стезање клином

Стезање ексцентром

Стезање ексцентром базира, такође, на принципу клина - косе равни. У овом случају коса раван није као код завртња обавијена око цилиндричног тела са аксијалним већ са радијалним простирањем. Ексцентар је плочаст или цилиндричан (ваљкаст) елемент

обртан око осе која није истовремено и његова оса симетрије. На слици 2.25.а-б приказана су два решења стезања ексцентром.



Слика 2.25.а. Примери стезања ексцентром



Слика 2.25.б. Пример стезања ексцентром

Ексцентри се израђују од челика за цементацију и цементирају на тврдоћу од 55-60 HRC док се радне (контактне) површине бресе. Стезање ексцентром захтева мање времена него стезање завртњем (краћи је пут послуживања), али је примена ексцентра ужа. Док решења стезања преко завртња омогућавају стезање предмета обраде широких толеранција претходне обраде, при променљивим силама резања, код ексцентра постоје знатна ограничења. Ексцентри се углавном примењују у операцијама које карактерише висока стабилност стезног прибора и обрада са незнатним вибрацијама. У принципу постоје две врсте ексцентара и то: кружни и криволинијски ексцентри. Кружни ексцентри имају облик диска или вретена кружног пресека са ексцентрично распоређеном осом обртања, па према томе није у развијеном стању реч о косој равни већ о косој закривљеној равни. Код криволинијских ексцентара омотач је у виду логаритамске или најчешће Архимедове спирале. Главна предност кружних ексцентара је једноставна израда док је предност криволинијских ексцентара самокочивост у читавом дијапазону радног хода.

Механизација стезних прибора

У циљу смањења укупног времена израде неког елемента, од великог је интереса смањење припремних времена која обухватају постављање, стезање, отпуштање и уклањање предмета обраде из стезног прибора. С тим у вези, као главни недостатак ручног стезања наводи се, управо, велико припремно време. У серијској, а посебно у масовној производњи скраћење припремних времена израде неког елемента базира првенствено на подизању нивоа механизације и аутоматизације стезних прибора.

Према степену механизације и аутоматизације стезни прибори се деле на:

- механизоване,
- полуаутоматске и
- аутоматске.

Степен аутоматизације стезних прибора одређује се према броју операција и захвата обухваћених механизацијом и аутоматизацијом. Механизацијом и аутоматизацијом обухвата се:

- довођење радних предмета у радну зону алата,
- базирање радних предмета односно довођење њихових базних површина у додир са ослоњцима на прибору,
- стезање и отпуштање радних предмета,
- повремени обрти радних предмета при обради на обртном столу, са накнадним фиксирањем и стезањем,
- удаљење предмета обраде из радне зоне алата,
- чишћење ослоних елемената прибора од струготине и средства за хлађење и подмазивање струјом компримованог ваздуха.

Механизација и аутоматизација прибора базира, у већини случајева, на примени пнеуматских, пнеумохидрауличних или хидрауличних система. Код механизованих стезних прибора помоћу пнеуматских, хидрауличких и других система врши се стезање и отпуштање предмета обраде. Код полуаутоматских прибора и део операција постављања предмета обраде у стезни прибор изводи се аутоматски, без учешћа радника.

Код аутоматских стезних прибора све операције почевши од довођења предмета обраде у одређени положај, стезања, отпуштања, укључујући и скидање предмета обраде, врше се аутоматски, без учешћа радника. Предност механизације и аутоматизације стезних прибора огледа се и кроз повећање нивоа технолошких и експлоатационих могућности машина. Наиме, ако се аутоматизовани радни циклус алатне машине допуни са аутоматизацијом радног циклуса помоћног прибора, обичне универзалне машине постају полуаутомати.

Механизација и аутоматизација стезних прибора врши се на бази различитих врста пнеуматских, хидрауличких и електричних система. Може се рећи да је, управо захваљујући потребама механизације и аутоматизације стезних прибора развијена читава лепеза производа попут цилиндара различитих врста. Основни задатак свих брзодејствујућих механизованих и аутоматизованих стезних система јесте да коришћењем енергије флуида или електричне енергије покрену одређене механичке елементе и обезбеде поуздано и брзо стезање и отпуштање предмета обраде.

3. ГРУПНИ И МОДУЛАРНИ СТЕЗНИ ПРИБОРИ

Концепт пројектовања ових прибора разликује се битно од уобичајеног приступа у индивидуалном решавању прихватања и стезања предмета обраде у различитим операцијама неког технолошког процеса. Овај систем прибора карактерише знатно учешће стандардних делова у односу на посебно конструисане специјалне приборе. Уважавајући чињеницу да се време потребно за пројектовање технолошке опреме, укључујући специјалне приборе, при појединачној производњи пење на 50-70 %, па и више од укупног времена потребног за припрему производње, а да цена те опреме достиже вредност до 20 %, а у неким случајевима и више, од цене алатне машине, веома су значајне мере које омогућавају интервенције у два смера. Први смер се односи на скраћење времена потребног за припрему опреме, од постављеног задатка до почетка производње, а други на смањење цене коштања опреме. На ове захтеве може се са стране прибора утицати на три начина:

- применом специјалних прибора пројектованих на принципу коришћења типизираних стандардних елемената,
- применом групних прибора и
- применом система модуларних прибора.

Основна заједничка карактеристика сва три пута за интервенције је веома висок ниво типизације елемената, подклопова и склопова прибора, са честим типским решењима брзодејствујућег, махом механичког, руковања, пре свега стезања и отпуштања.

3.1. Групни прибори

Формирањем групе технолошки сличних делова, појединачна и малосеријска производња се преводи у серијску па чак и великосеријску производњу, чиме се оправдава улагање у пројектовање и примену опреме повишене производности. Може се истаћи да се групни прибори обично пројектују за једну операцију заједничког технолошког поступка групе предмета обраде (делова), па се као основни захтев за групни прибор поставља могућност базирања, стезања или вођења алата за све предмете обраде дате групе. Захтев се може остварити на један од три начина и то применом:

- групног прибора са изменљивим елементима,
- групног прибора са подешавањем (регулисањем) неких елемената и
- комбиновањем групног прибора са изменљивим и подешљивим елементима.

Пре преласка на обраду наредног предмета обраде из групе у првом случају треба изменити одређени број елемената (за ослањање, центрирање, вођење алата и др.), а у другом случају треба извршити одговарајућа регулисања положаја појединих елемената.

Према томе, код групног прибора постоји основни групни прибор и комплет изменљивих, односно подешљивих елемената. Пројектовање групних прибора је из разлога што се изводи за групу технолошки сличних делова, а не за један део, знатно сложеније него код специјалних прибора.

Пројектовање се заснива на анализи конструкцијских и технолошких карактеристика делова који припадају истој групи и на проучавању података о технолошком поступку израде, алатима, машинама и осталим карактеристикама. Ток пројектовања групних помоћних прибора има неколико фаза и то:

- прикупљање и изучавање полазних информација (цртежи делова, групни технолошки поступак израде, подаци о алатима и машинама и остало),
- избор површина за базирање и стезање за све делове из групе,
- израда идејне скице оптималног основног групног прибора и изменљивих и подешљивих делова прибора,
- извођење потребних прорачуна, кључних за исправно функционисање конструкције (прорачун крутости, прорачун грешака израде и др.) и
- детаљна конструкцијска разрада групних прибора.

При конципирању решења потребно је користити постојеће искуство и изведене, проверене конструкције, уз тесну сарадњу конструктора задатих предмета обраде, технолога и конструктора групних прибора. Специфични захтеви за групне приборе у односу на оне који важе као општи када су у питању прибори су:

- обезбеђење повећане производности рада,
- једноставност конструкције и лакоћа руковања,
- лакоћа замене изменљивих и регулисање подешљивих елемената,
- довољна крутост и тачност,
- брзо и тачно стезање делова групе, постављање на машину и скидање и
- присутност максималног броја стандардних елемената.

Квалитативни показатељи економског ефекта примене групних прибора могу се сагледати кроз:

- вишеструко смањење времена припреме производње,
- знатно смањење трошкова конструисања и израде прибора сведених на један део, пошто се исти прибор користи за групу делова,
- смањење потрошње материјала за израду прибора,
- потребан је мањи магацински простор за смештај и складиштење прибора,
- оправдану примену механизованих (пнеуматских, хидрауличних и других) уређаја за брзо стезање и

- добро уходане услове групне технологије, напуштање неких производа и њихова замена новим, у принципу омогућава примену постојећих групних прибора са новим изменљивим елементима.

Не улазећи у дубље прорачуне могуће је на следећи начин указати на економичност примене групних у односу на специјалне стезне приборе.

Ако је реч о групи са укупно $z_1 + z_2 + \dots + z_m = \sum_1^m z$ делова, онда у цену групног прибора C_{k1} улази цена основног групног прибора C_g као и цена свих изменљивих делова C_i који су потребни за прилагођавање прибора сваком члану групе, па је:

$$C_{k1} = C_g + \sum_1^m C_i$$

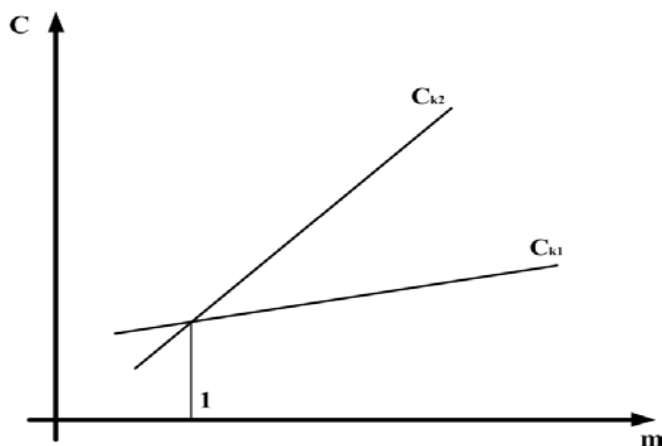
док је у случају конструисања и израде специјалних прибора укупна цена C_{k2} за свих m делова, односно:

$$C_{k2} = \sum_1^m C_s$$

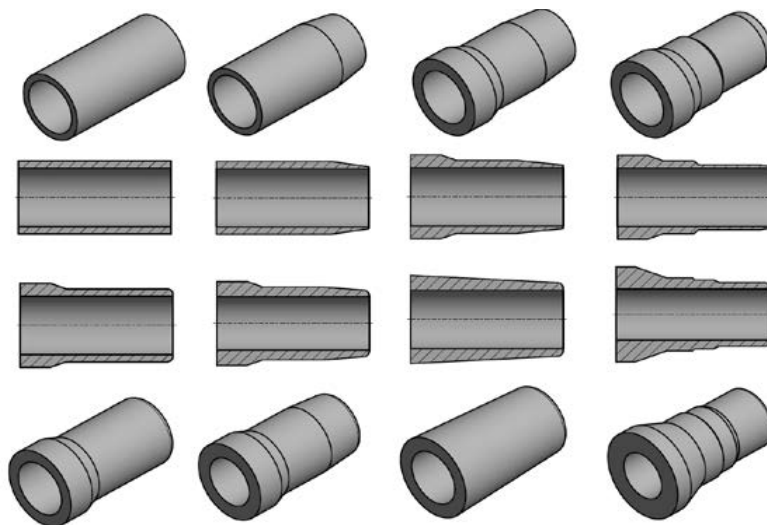
где је C_s - цена индивидуалног прибора.

Тенденција кретања цена C_{k1} и C_{k2} у зависности од броја делова може се у најједноставнијем случају исказати дијаграмом на слици 3.1.

- Сlike 3.4. и 3.5. приказују пример групног прибора за операцију одсецања крајева радних предмета - цилиндарских кошуљица (слика 3.2). Будући да се базирање и стезање свих радних предмета из дате групе врши изменом стезача, овај групни прибор спада у групу прибора са измењивим елементима.

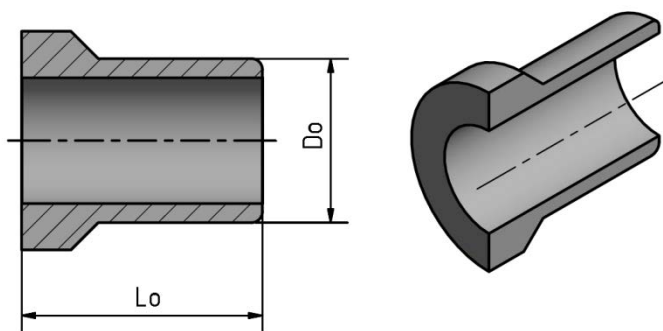


Слика 3.1. Тенденција кретања цена специјалног и групног стезног прибора



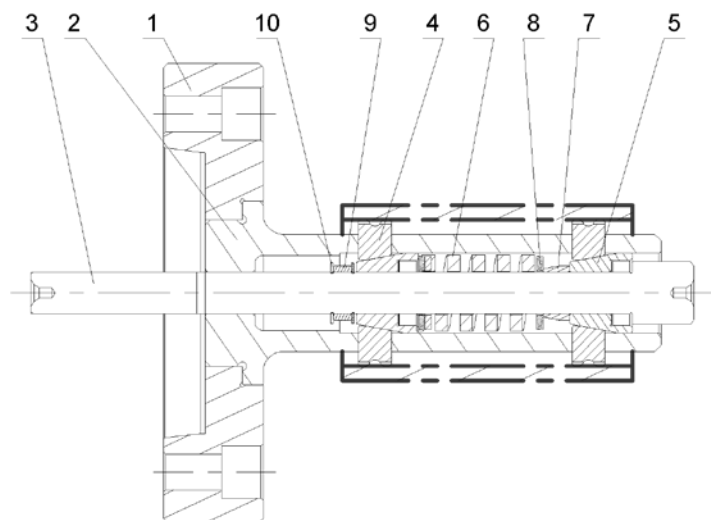
Слика 3.2. Група радних предмета

- За ову операцију обраде, базирање и стезање радног предмета се врше преко отвора, па су релевантне димензије радног предмета, кључне за пројектовање прибоја унутрашњи пречник одливка (D_0) и дужина одливка (L_0), слика 3.3.

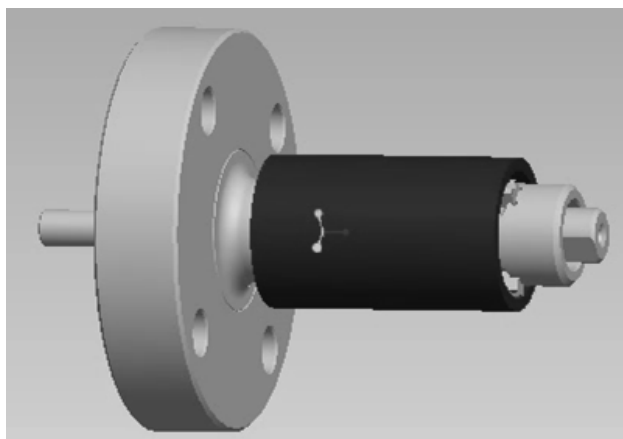


Слика 3.3. Карактеристичне димензије радног предмета

Да би се обезбедило базирање и стезање комплетног асортимана одливака цилиндарских кошуљица (слике 3.4 и 3.5), чији унутрашњи пречник варира у распону $D_0=38-150$ mm, а дужине $L_0=187-406$ mm, неопходно је било конструисати прибор са одређеним бројем измењивих стезача. Стезање радног предмета врши се преко осам стезача (4) распоређених у круг под углом од 90° који се шире под дејством конуса (5) угла 10° . Конуси се повлаче удесно преко трна (3), чији је леви крај преко навоја повезан са пнеуматским стезачем. Опруга (6) служи за преношење силе стезања на леву групу стезача и стварање потребног предоптерећења, како не би било зазора. Прстен (9) и ускочници (10) држе леви конус (5) који тежи да оде улево под дејством опруге (6). Подлошка (8) и чаура (7) обезбеђују добро налагање опруге на њеном десном крају. Прибор се везује за машину (главно вретено струга) преко прирубнице (1), а тело прибоја (2) обезбеђује поуздано вођење стезача (4) и конуса (5).

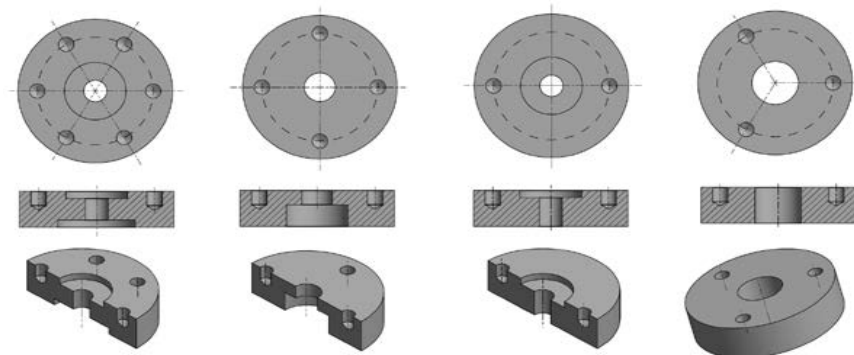


Слика 3.4. Групни прибор за операцију одсецања

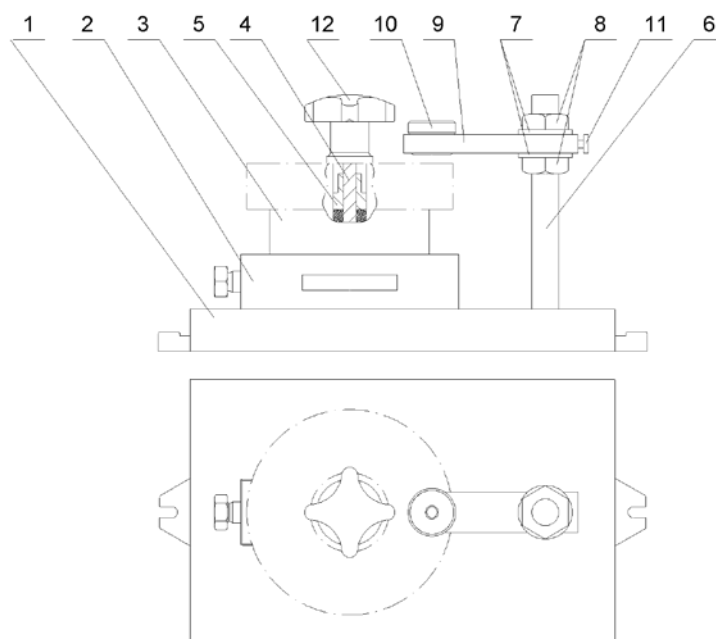


Слика 3.5. Групни прибор за операцију одсецања

- Други пример групног прибора за операцију обраде бушења рупа, на радним предметима – прирубницама (слика 3.6.) је приказан на слици 3.7.
- Радним предметима се одузима пет степени слободе кретања, три степена слободе преко равне површине (измењивог прстена) и два преко отвора (измењиве чауре). Карактеристичне димензије радних предмета су спољашњи пречник, на основу кога сабира измењиви прстен, и пречник отвора, на основу кога се бира измењива чаура.



Слика 3.6. Група радних предмета



Слика 3.7. Групни прибор за операцију бушења

Тело прибора је у облику правоугаоне плоче (1) која се помоћу ушица причвршћује за радни сто машине алатке (вертикалне бушилице). Радни предмет се позиционира преко равне површине, горње површине измењивог прстена (3) и чауре (5). Стезање радног предмета се изводи навојним паром, преко навртке са звездастом главом (12) и непокретног вијка (4) који је у чврстој вези са измењивим прстеном. Вођица (10) се поставља у носач вођице (9). Носач вођице се може транслаторно померати по стубу (6) и закретати око стуба ради лакшег поствљања и вађења радног предмета. Довођене вођице у потребан положај бушења обезбеђује се, у верикалном правцу, преко две подлошке (7) и две навртке (8), а у хоризонталном преко ускочника (11) који се извлачи при закретању носача и увлачи у жлеб на стубу при фиксирању носача вођице у потребном положају. Тачан положај бушења се обезбеђује помоћу обртне плоче (2) тако што се радни предмет заједно са обртном плочом ротира за потребан угао непосредно пре извршења следеће операције обраде.

3.2. Модуларни стезни прибори

Термин модуларни прибори усвојен је за приборе који се заснивају на принципу склапања (компоновања, агрегатирања) из стандардних елемената, садржаних у одговарајућем комплекту (гарнитури). Гарнитура се састоји од ширег или ужег (зависи од система) асортимана делова различитог облика и подсклопова, обликованих, димензионисаних и израђених тако да се међусобним везивањем растављивим везама могу склапати у жељену целину. Елементи гарнитуре универзалних монтажних прибора израђени су од квалитетног конструкцијског и алатног челика, термички су обрађени, а радне належуће површине брушене и глачане, што обезбеђује високу отпорност на хабање и тачност склапања. Тачност израде у погледу виталних димензија елемената је врло висока: тачност дужинских мера је обично $\pm 0,01 \text{ mm}$, а управност и паралелност $0,01 \text{ mm}$ на дужини од 100 mm , што омогућава да се из елемената гарнитуре склапају прибори високе тачности. Склапањем из готових елемената могу се компоновати прибори за делове различитог облика и величине, за готово све поступке обраде резањем.

Међусобне везе елемената су раздвојиве, што омогућава да се без оштећења делова прибор расклопи и елементи гарнитуре користе за формирање нових прибора. Богатство броја, облика и димензија (укупан број елемената у, на пример неким гарнитурама достиже 30000 елемената) омогућава да се у исто време може формирати већи број прибора (150-200). У погледу димензија и облика предмета обраде, према неким информацијама, прибори се могу користити за приближно 80 % свих делова који се срећу у машиноградњи, при чему се димензије идеалног предмета обраде крећу у доста широким границама: дужина 50-500 mm, ширина 30-400 mm, висина 10-300 mm. Сви системи универзалних монтажних прибора могу се према површинама према којима се одређује међусобни положај елемената сврстати у три групе :

- системи са жљебовима,
- системи са отворима и урезаним навојем и
- комбиновани системи.

У већини система комплет стандардних елемената садржи као групе:

- основне елементе (основне плоче, угаоници, подметачи),
- елементе за ослањање и локацију,
- елементе за вођење алата,
- елементе и механизме за стезање и
- допунске елементе и различите подсклопове.

Област могуће примене модуларних прибора је веома широка, али се могу издвојити следећи случајеви у којима њихова примена доводи до знатних технико-економских ефеката:

- појединачна и малосеријска производња. Обим производње је мали и трошкови увођења специјалних помоћних прибора су већи од уштеда. Коришћење модуларних прибора је, међутим, рентабилно,
- развој и израда прототипа машина и уређаја. У овим случајевима се не исплати увођење специјалних стезних прибора,
- увођење нових производа (нулта серија). С обзиром да су у овој фази још увек могуће измене производа, израда дефинитивних конструкција прибора везана је са ризиком. Модуларни прибори овде налазе значајну примену, при чему се знатно скраћује период припреме производње,
- растерећење уских грла. У случају недостатка специјалног стезног прибора, чак и у великосеријској производњи, примена допунског прибора пројектованог на модуларном принципу је један вид решења. Овим се избегава застој у производњи и продужење рокова испоруке,
- провера предлога за побољшање постојећих метода и увођење нових метода рада. Помоћни прибори у овим захтевима обично представљају главну препреку. Брзо компоновање прибора уз мале трошкове чини ове интервенције изводљивим,
- серијска производња. И поред тога што је за велике серије оправдана израда специјалних високопродуктивних прибора, ако расположиво време за припрему производње није довољно, примена модуларних прибора представља повољно решење.

Од низа предности примене модуларних прибора могу се навести и следеће:

- отпадају трошкови конструисања прибора или су ти трошкови веома ниски,
- знатно се смањују трошкови израде прибора, пошто је време склапања прибора веома кратко, а могућности примене елемената гарнитуре вишеструке,
- смањење потрошње материјала за израду прибора,
- могуће су просте и брзе измене, ако се покаже да компоновани прибор не одговара захтевима,
- у току експлоатације оштећени елементи прибора брзо се и лако замењују,
- брз је повраћај уложених средстава 2-3 године, уз век трајања већине елемената комплекта 10 па и више година.

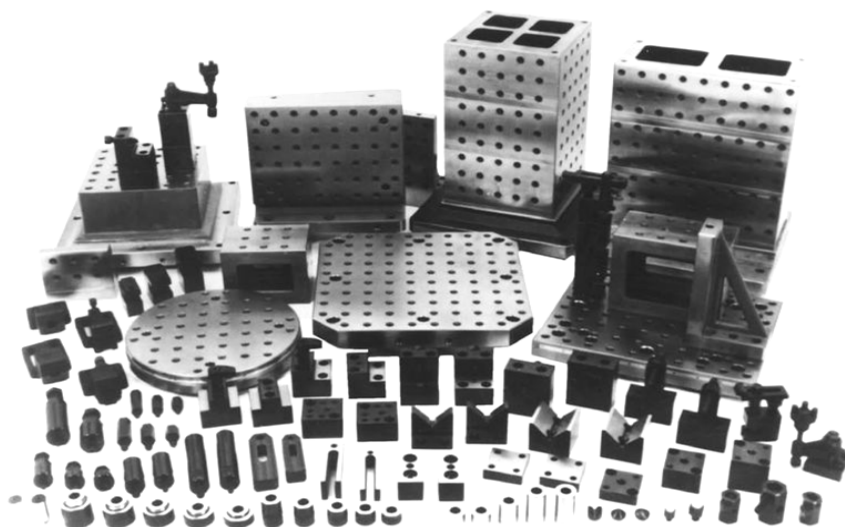
Треба, међутим, указати и на неке недостатке модуларних прибора:

- високи захтеви за тачност и квалитет израде елемената комплета и коришћење скупог челика условљавају релативно висока почетна улагања,
- због постојања већег броја спојева између елемената нужно се смањује крутост комплетног прибора и
- мање су могућности за примену агрегата за брзо стезање при чему је овај недостатак условио један од главних праваца развоја модуларних прибора.

Начин оптималног коришћења модуларних прибора је једно од важних практичних питања. Због сразмерно високе цене коришћења гарнитуре увођење ових прибора се исплати само под условом вишеструког искоришћења, па је рентабилно да се организација пословања спроведе на један од следећа два начина:

- ако се у великим предузећима са великим асортиманом производа коришћење модуларних прибора покаже као рентабилно, онда је могуће за потребе целог предузећа основати посебан погон за пословање овим приборима. Погон би се бавио свим питањима везаним за ову врсту прибора,
- за потребе мањих предузећа у оквиру једног региона рентабилно је оснивање централног сервиса. Сервис би представљао самостално предузеће, које према наруџбинама корисника, врши агрегатирање прибора. После употребе, прибори се враћају сервису, где се расклапају, а елементи се даље користе за компоновање следећих прибора.

Делови модуларних прибора деле се, најчешће, у осам група у зависности од функције коју имају у склопу прибора. Групе се деле на типове, а типови се даље деле по величинама. Број типова и величина је различит код различитих комплета (слика 3.8).



Слика 3.8. Део комплета модуларног стезног система

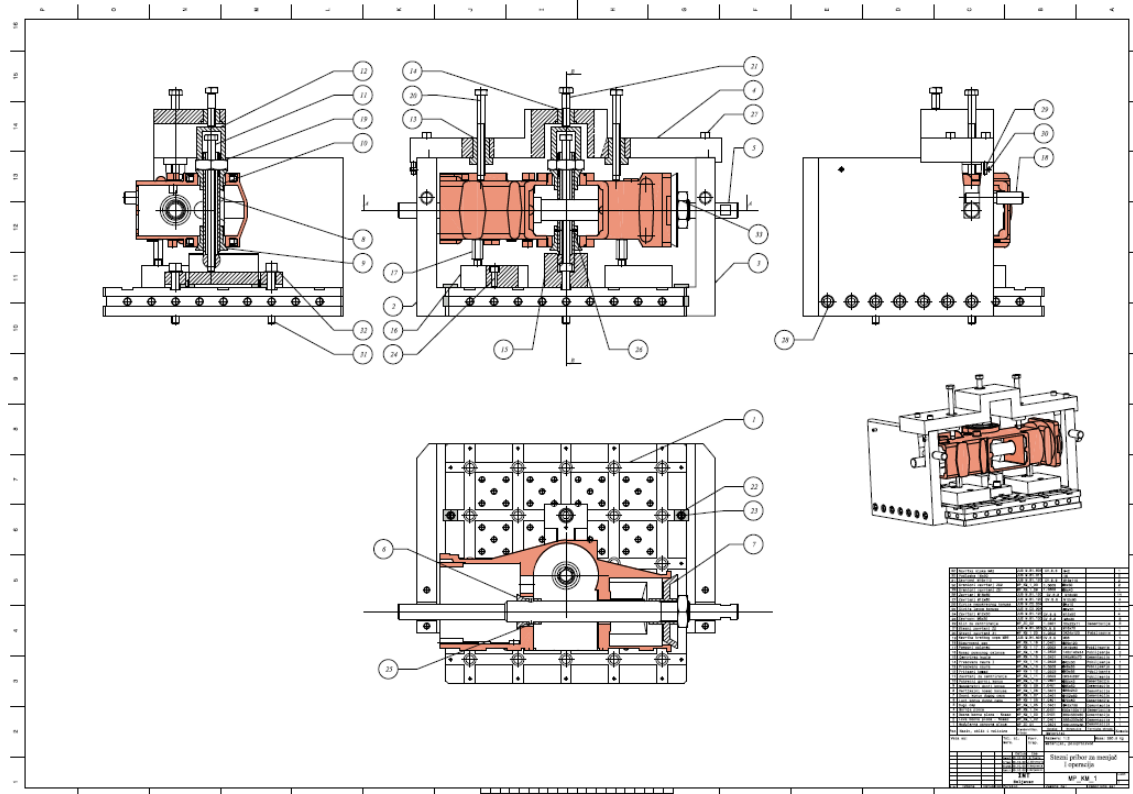
4. ПРИМЕРИ РЕШЕЊА ГРУПНИХ ПРИБОРА ЗА ДЕЛОВЕ ОБЛИКА КУЋИШТА

Посебан проблем у пројектовању стезних прибора представља ограничени простор радног стола машине и велике габаритне димензије предмета обраде. Овај проблем је нарочито изражен при обради по више равни на хоризонталним обрадним центрима. У тим случајевима, познати системи модуларних стезних прибора не могу бити примењени (не задовољавају услове ограниченог простора и услове обраде по више равни) па се најчешће пројектују специјални стезни прибори. Специјални стезни прибори, у принципу задовољавају основне функције али имају низ недостатака у смислу високе цене коштања и мале флексибилности. Посебно када је у питању обрада технолошки сличних делова. Димензије радног стола обрадног центра HURCO-500 су свега 500X500, mm, а димензије делова (кућишта пољопривредних машина) су управо реда те величине. Наручилац и корисник техничког решења је изричито захтевао пројектовање модуларног система стезних прибора који би се користио, у првом кораку за три карактеристична кућишта и шест операција, а касније кроз евентуалну надградњу и за преосталих 16 делова и још 32 операције. Овај веома сложени проблем решаван је кроз фазе оптимизације великог броја идејних решења, фазе нумеричких прорачуна конструкција и фазе прорачуна грешака израде делова.

Основна карактеристика система са отворима је та да су на основним плочама и базним елементима израђени отвори преко којих се врши позиционирање елемената прибора за основну плочу. Код система са жљебовима, на основним плочама и базним елементима прибора су паралелно и нормално распоређени Т-жљебови. Суштина техничког решења базирана је на урамњеним модуларним конструкцијама високе крутости и максималне отворености по више равни ради неопходних прилаза алата и извођења великог броја захвата у једном стезању. Базирање за све операције изведено је преко отвора док је стезање вршено и преко отвора и преко равних површина. Грешке израде су минимизирани, првенствено захваљујући поклапању технолошких и мерних база и поузданом механичком стезању.

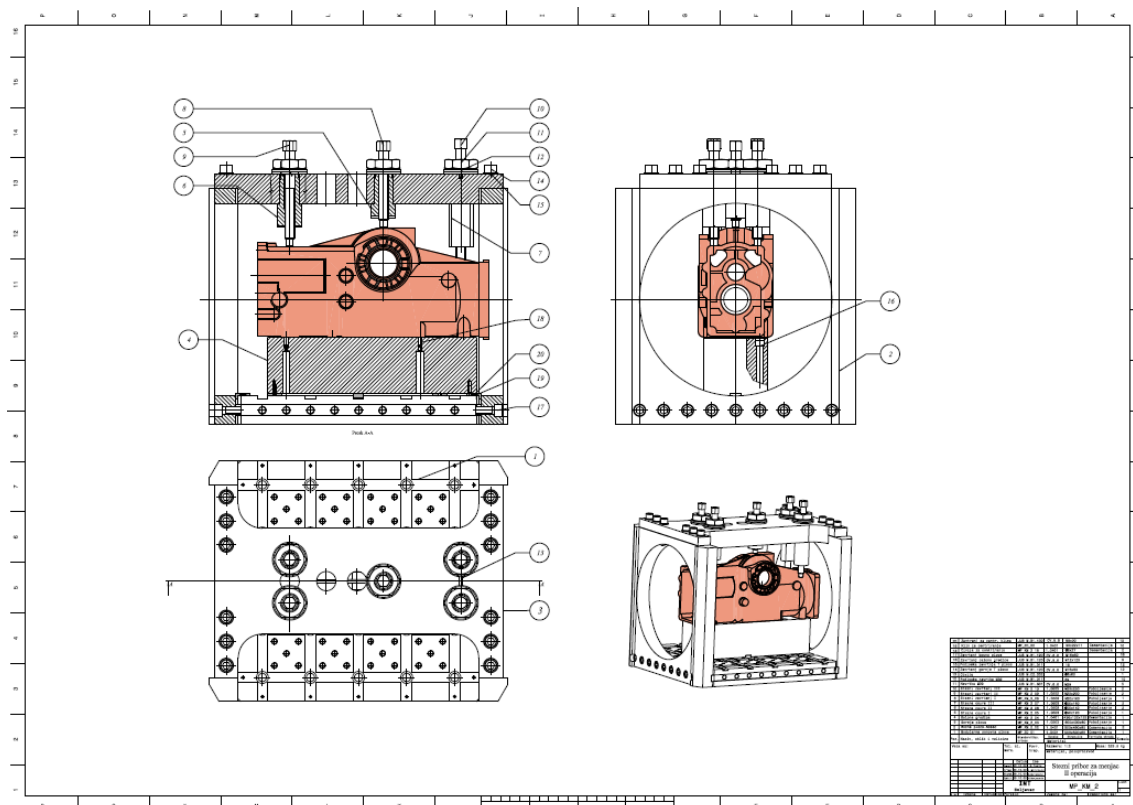
4.1. Детаљан опис техничког решења

У даљем тексту приказан је детаљан опис шест карактеристичних система. У првој операцији (слика 4.1.) обраде кућишта мењача врши се комплетна обрада у једној равни, укључујући израду технолошких отвора који ће послужити за базирање у другој операцији. Плочу је потребно центритати преко чепа. Стезање се изводи по горњој површини кућишта што не омета прилазе алата, а конструкција је урамљеног типа.



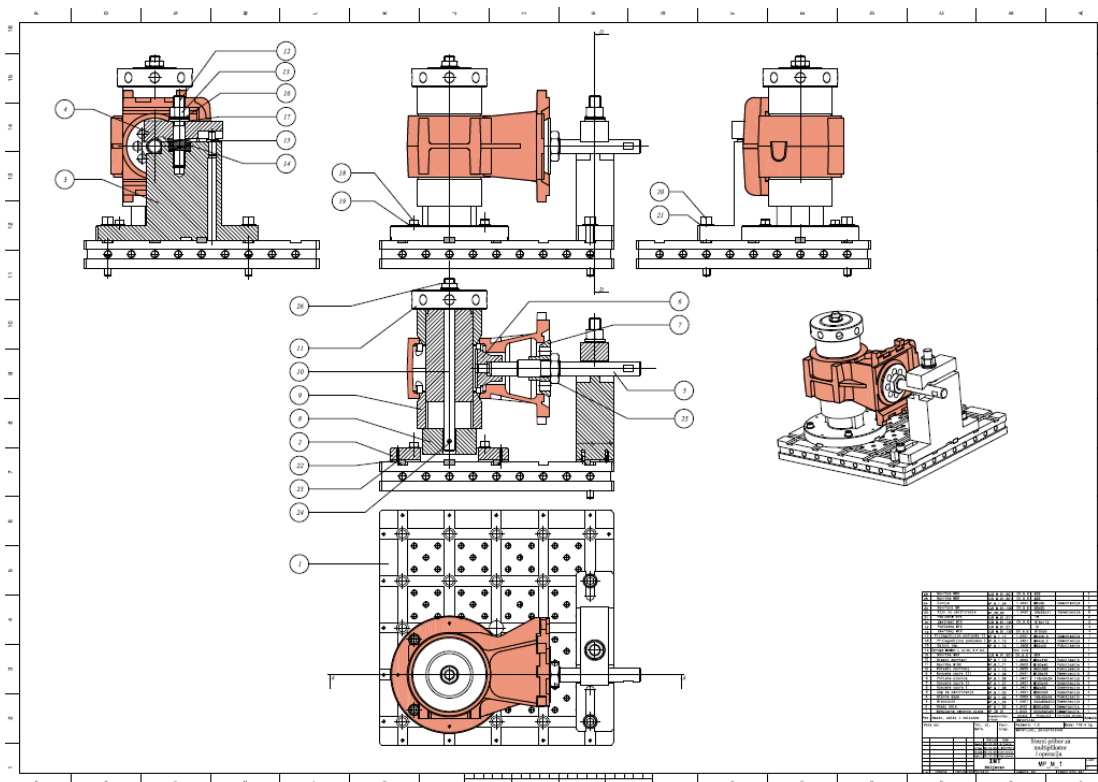
Слика 4.1. Модуларни стезни прибор за прву операцију обраде кућишта мењача

У другој операцији (слика 4.2.) обраде кућишта мењача обрада се изводи са великим бројем захвата у четири равни. То је могуће захвањујући самој концепцији модуларне конструкције која омогућава неометане прилазе алата по четири равни а истовремено конструкција задржава високу статичку и динамичку крутост. Базирање је изведено преко чепова за центрирање а исправан положај кућишта трансмисије у стезном прибору оставрује се подешавањем навртке. Након извршеног центрирања врши се стезање, изведено завртњевима преко стабилне хоризонталне плоче затворене у рамовску конструкцију. Основна рамовска конструкција заједничка је за велики број операција. Такође је, за велики број операција заједничка и хоризонтална плоча која носи стезне елементе. Центрирање елемената модуларног прибора извршено је преко клинова за позиционирање док је стезање изведено завртњевима М12.

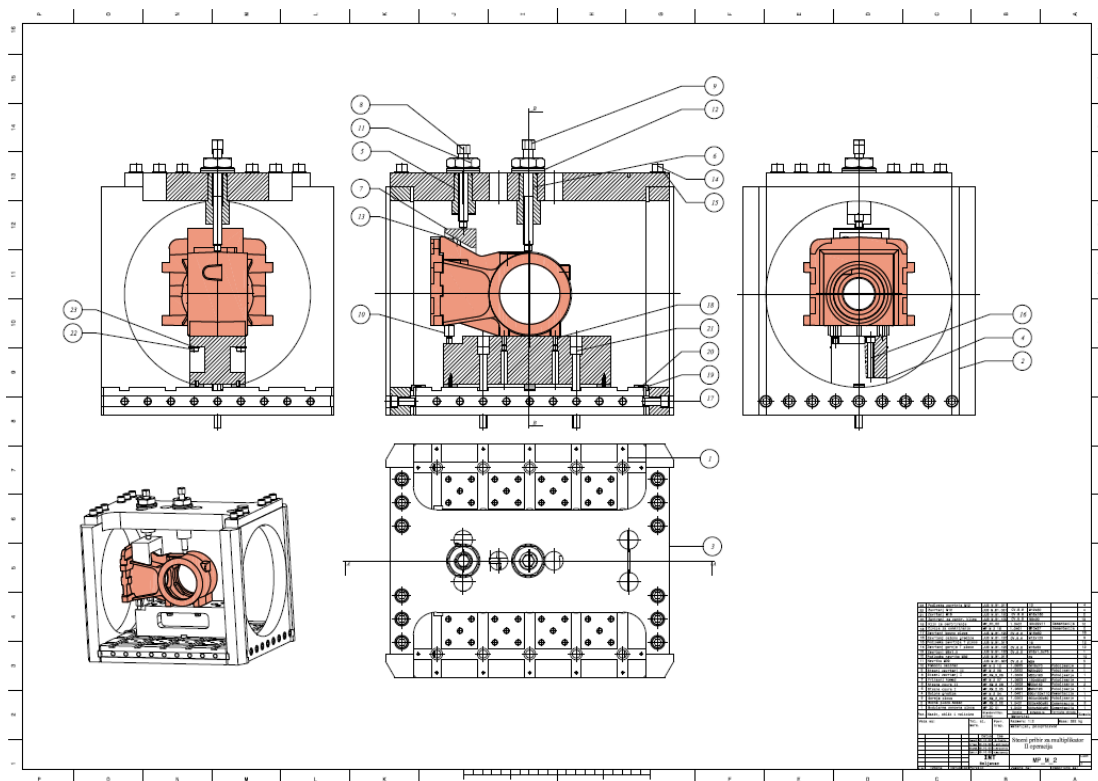


Слика 4.2. Модуларни стезни прибор за другу операцију обраде кућишта мењача

У другој операцији обраде кућишта мултипликатора обрада се изводи са великим бројем захвата у четири равни. То је могуће захваљујући самој концепцији модуларне конструкције која омогућава неометане прилазе алата по четири равни а истовремено конструкција задржава високу статичку и динамичку крутост. Базирање је изведено преко чепова за центрирање док је стезање изведено завртњевима преко стабилне хоризонталне плоче затворене у рамовску конструкцију. Помоћно стезање изведено је преко основне плоче и завртњева M12. Основна рамовска конструкција заједничка је за велики број операција. Такође је, за велики број операција заједничка и хоризонтална плоча која носи стезне елементе. Центрирање елемената модуларног прибора извршено је преко клинова за позиционирање док је стезање изведено завртњевима M12.

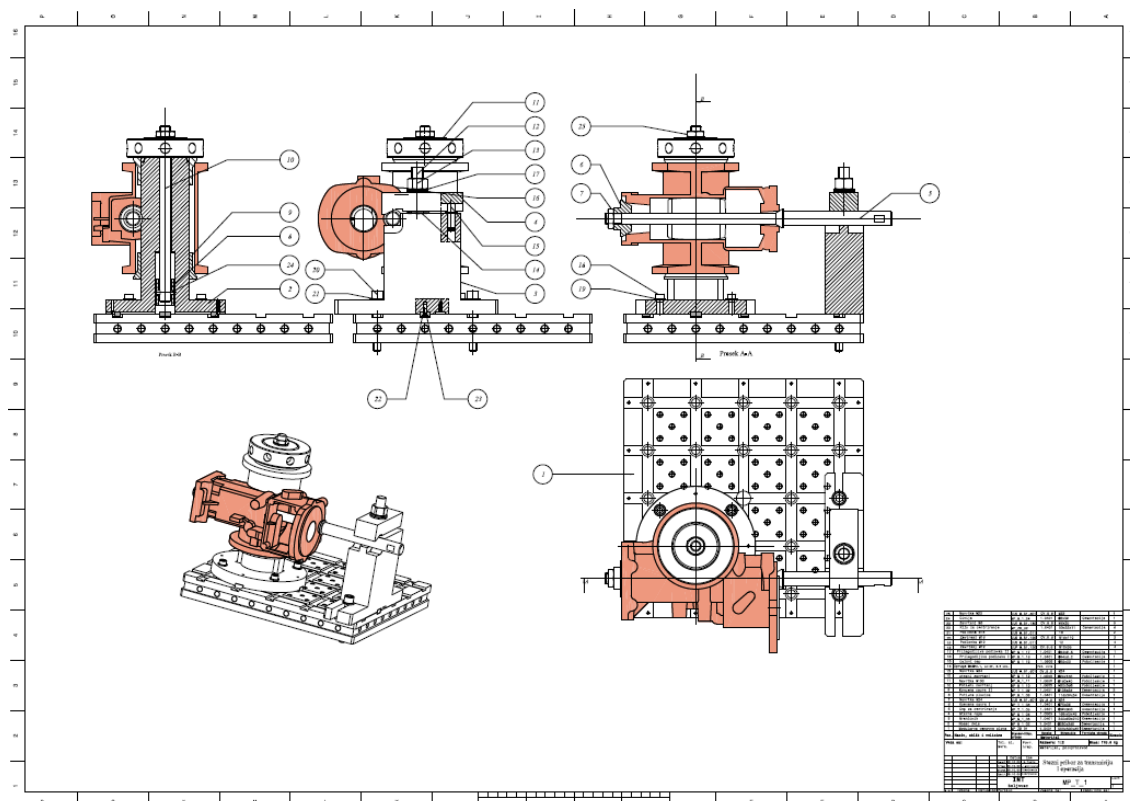


Слика 4.3. Склоп модуларног прибора за прву операцију обраде кућишта мултипликатора



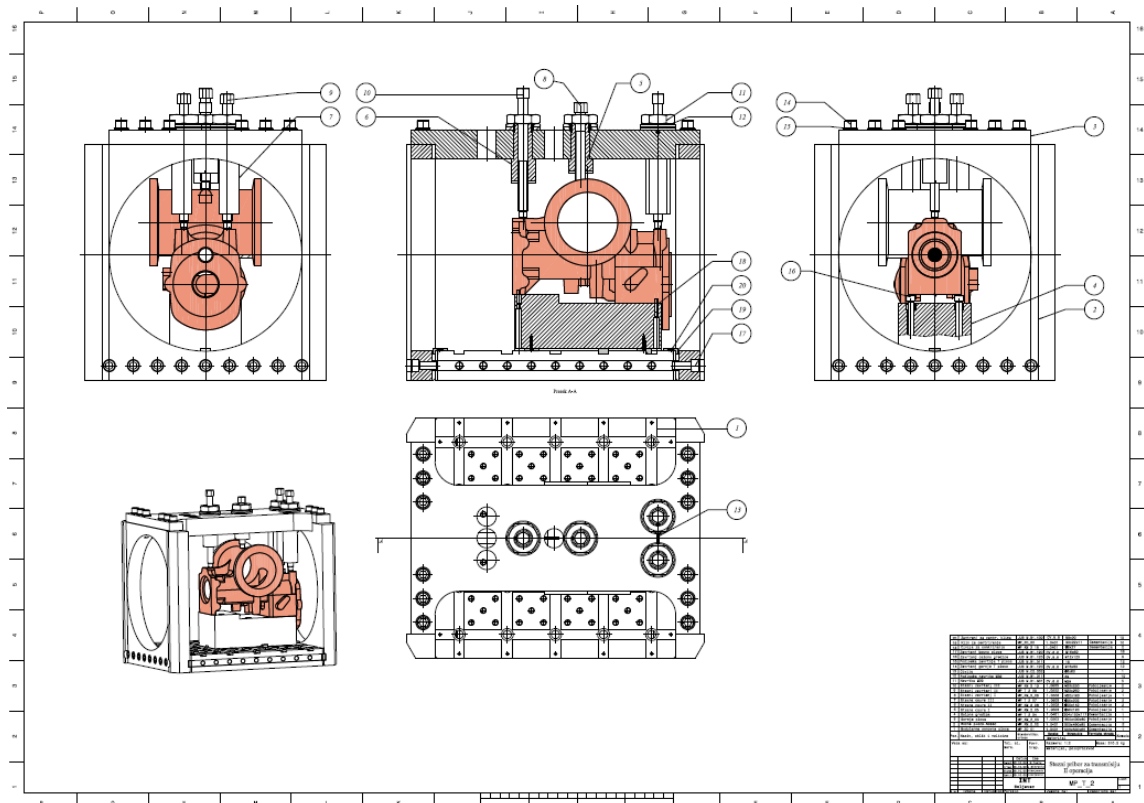
Слика 4.4. Склоп модуларног прибора за другу операцију обраде кућишта мултипликатора

У првој операцији (слика 4.5.) обраде кућишта трансмисије врши се комплетна обрада у једној равни (вертикална раван) укључујући и израду технолошких отвора који ће послужити за базирање у другој операцији. Стезни прибор формиран из модуларних елемената омогућава потпуно исправно базирање по централним отворима и поклапање технолошких и конструктивних равни. Конструкција је урамњеног типа а стезање се изводи преко отвора што апсолутно не омета прилазе алата, односно процес извођења обраде. Центрирање елемената модуларног прибора извршено је преко клинова за позиционирање док је стезање изведено завртњевима М12. Према резултатима прорачуна и ову конструкцију одликује висока статичка и динамичка стабилност. Прибор такође одликује и лакоћа руковања.



Слика 4.5. Склоп модуларног прибора за прву операцију обраде кућишта трансмисије

У другој операцији обраде кућишта трансмисије обрада се изводи са великим бројем захвата у четири равни. То је могуће захвањујући самој концепцији модуларне конструкције која омогућава неометане прилазе алата по четири равни а истовремено конструкција задржава високу статичку и динамичку крутост. Базирање је изведено преко чепова за центрирање док је стезање изведено завртњевима преко стабилне хоризонталне плоче затворене у рамовску конструкцију. Основна рамовска конструкција заједничка је за велики број операција.



Слика 4.6. Склоп модуларног прибора за другу операцију обраде кућишта трансмисије

Такође је, за велики број операција заједничка и хоризонтална плоча која носи стезне елементе. Центрирање елемената модуларног прибора извршено је преко клинова за позиционирање док је стезање изведено завртњевима М12.

5. ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА МОДУЛАРНИХ ПРИБОРА ЗА ДЕЛОВЕ ОБЛИКА КУЋИШТА

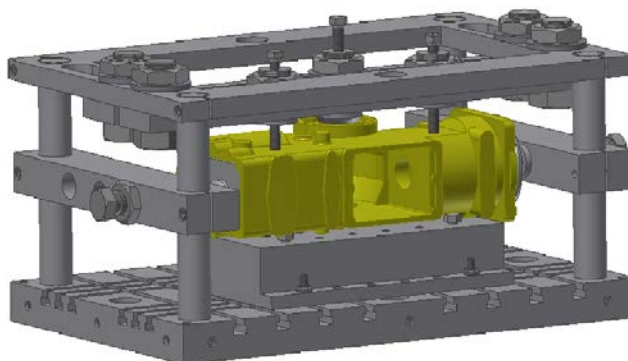
У оквиру овог поглавља приказана су решења модуларних прибора за делове облика кућишта. Суштина техничког решења базирана је на урамљеним модуларним конструкцијама високе крутости и максималне флексибилности за манипулацију и прилаз алата по више равни и извођења великог броја захвата у једном стезању. Стезање је вршено преко отвора и преко равних површина док је базирање за све операције изведено преко равних површина. Захваљујући поклапању технолошких и мерних база са поузданим механичким стезањем грешке израде су минимизирани. Пројектовање модуларних прибора базирано је на изналажењу оптималне методе расподеле елемената за базирање и стезање која ће у значајној мери повећати ниво флексибилности и крутости савремених модуларних стезних прибора.

Савремену производњу одликује веома висок ниво стабилности и флексибилности нумеричких машина и посебно високе могућности савремених резних алата. Стезни прибор као саставни елемент ланца предмет одбраде/стезни прибор/алат/машина, представља у већини случајева елемент који са аспекта крутости и флексибилности не прати развој ни алата ни машина. У том смислу, предмет овог завршног рада биће усмерен на подизање нивоа крутости и флексибилности модуларних стезних прибора. Предмет рада ће, условно речено, бити ограничен на разматрање пројектовања модуларних стезних прибора у виду контрукције рама.

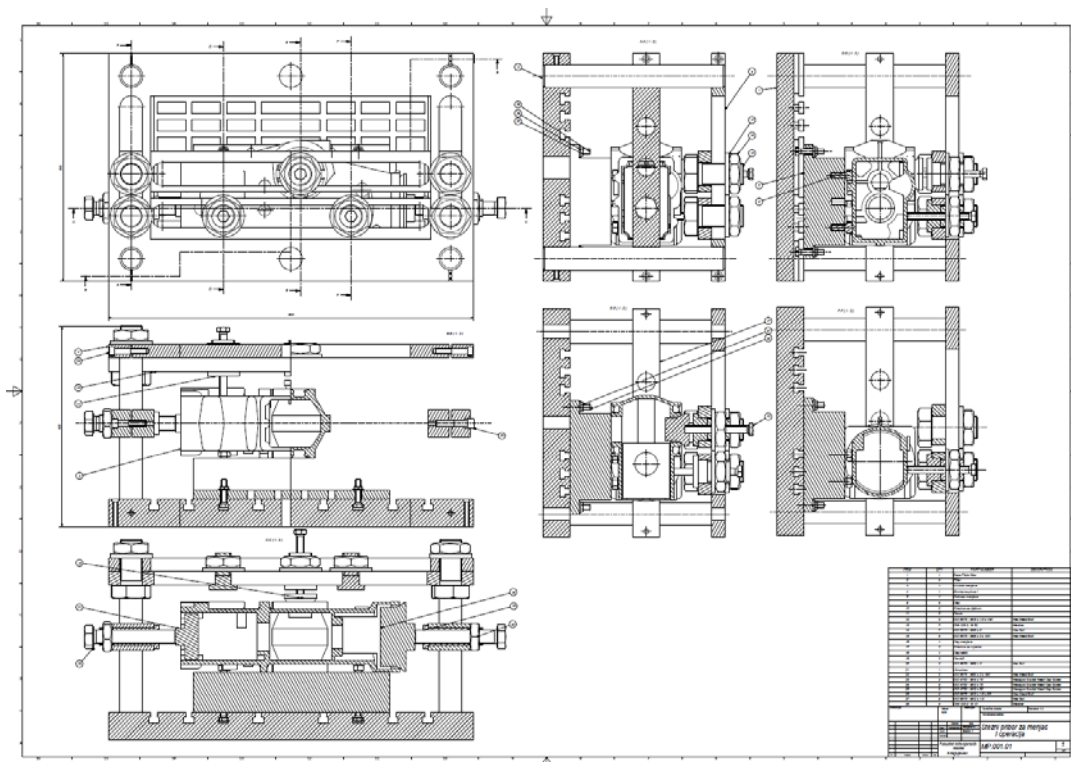
Са тим у вези, полази се од чињенице да формирање склопова прибора на бази модуларног концепта захтева велики број растављивих елемената. Попустљивост и крутост ових конструкција, између осталог, зависе од елемената који учествују у ланцу преноса оптерећења. Број елемената у ланцу се може смањити увођењем основне контрукције стезног прибора у виду конструкције рама, за разлику од постојећих конструкција код којих су претежно везе елемената конзолног типа преноса оптерећења. Такође, избором конструкције у облику рама као основног концепта модуларног стезног прибора могуће је у значајној мери повећати истовремено и ниво статичке и динамичке крутости.

5.1.Детаљан опис техничког решења

Технички опис модуларних система стезних прибора даје се за шест карактеристичних операција обраде делова сложених облика. На слици 6.1. је приказан систем модуларног прибора за прву операцију обраде мењача.



Слика 5.1. Изометријски поглед за прву операцију обраде кућишта мењача

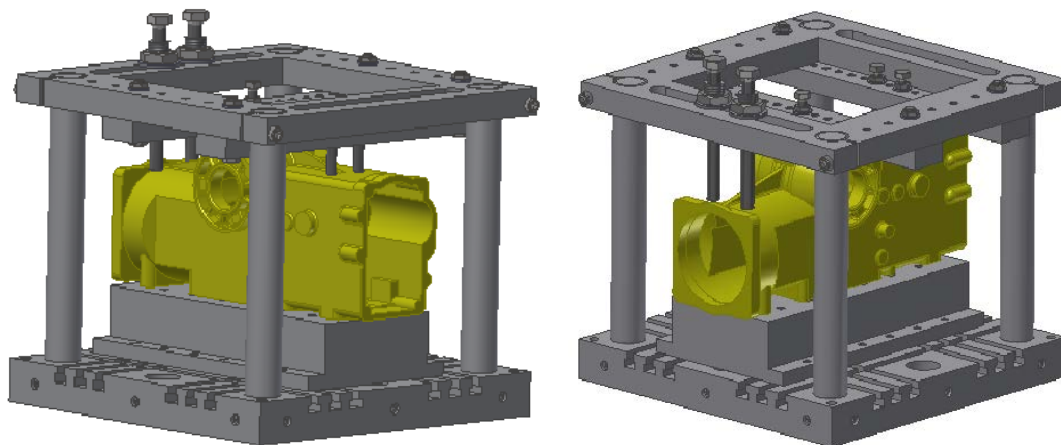


Слика 5.2. Технички цртеж модуларног прибора за прву операцију обраде кућиша мењача

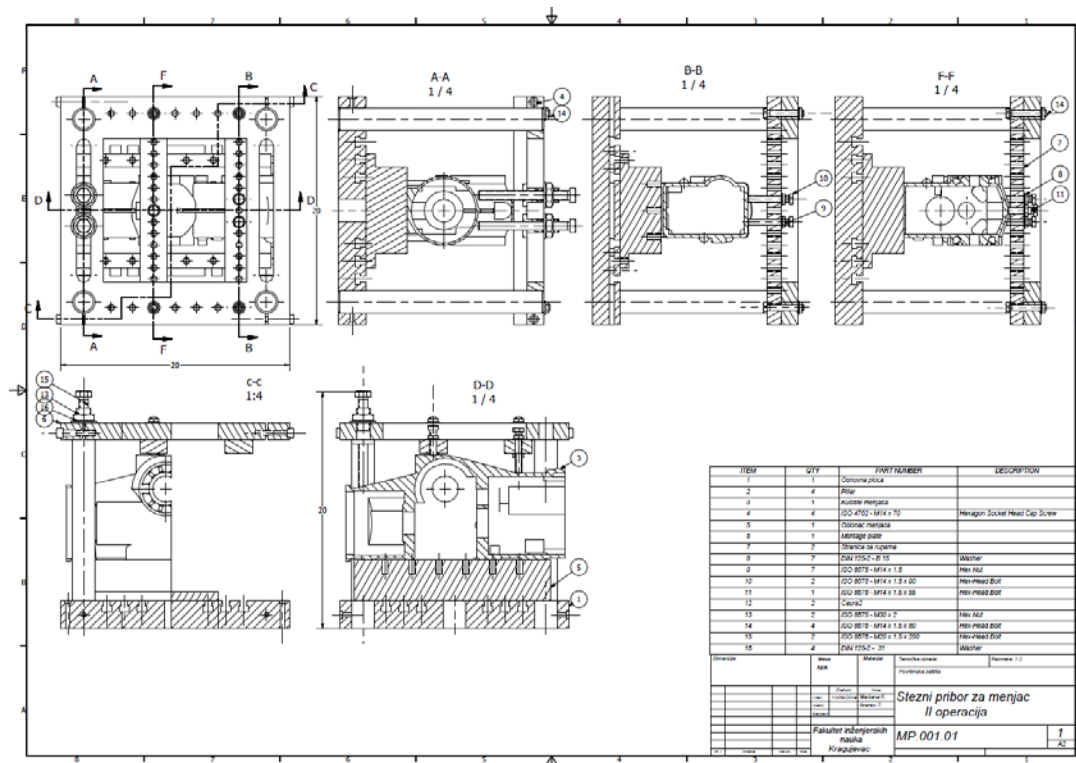
Модуларни систем у основи је пројектован у облику конструкције рама и састоји се од базне плоче, стубова на које се поставља монтажна плоча како би се обезбедила већа крутост конструкције. Основна функција пројектовања отвора на базним плочама је та да се преко њих врши позиционирање субова са великим бројем могућих позиција. Такође на базној плочи израђени су Т – жљебови који омогућавају фиксирање и позиционирање ослоних елемената стезног прибора.

Базна плоча се за радни сто машине причвршћује стегама или самом израдом Т – жљебова на базној плочи. Базирање радног предмета (позиција 3.) је изведено преко равних површина. Ослонац мењача (позиција 5) је позициониран и причвршћен завртњевима за базну плочу, а преко чепова (позиција 9) се врши ослањање кућишта мењача. Вертикално стезање кућишта мењача је изведено завртњевима (позиција 12). Завртњеви (позиција 12) су преко чаура (позиција 14) и навртки (позиција 13) фиксирани за страницу са жљебовима (позиција 10). Предходно описан подсклоп се монтира на монтажну плочу (позиција 4). Хоризонтално позиционирање је изведено је преко завртњева М12 и странице са рупама (позиција 17) која је постављена на стубове и причвршћена. Укрућивач (позиција 21) служи како би се смањиле деформације на крајевима кућишта током обраде. Велики чеп (позиција 18) има функцију лакшег извођења хоризонталног позиционирања.

У другој операцији (слика 5.3.), обраде кућишта мењача обрада се изводи са великим бројем захвата у четири равни које омогућавају неометане прилазе алата по четири равни а конструкција задржава високу статичку и динамичку крутост.



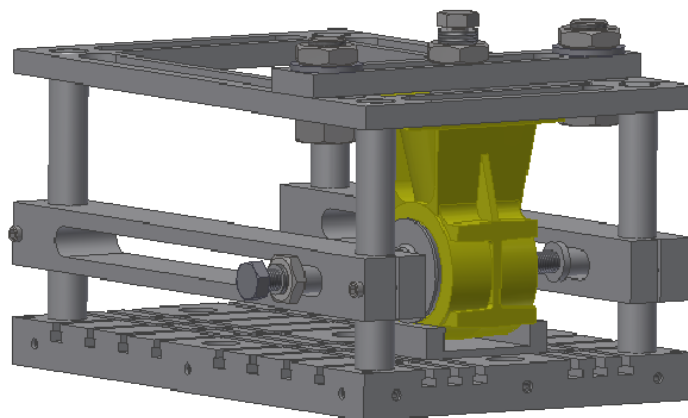
Слика 5.3. Изометријски поглед за другу операцију обраде кућишта мењача



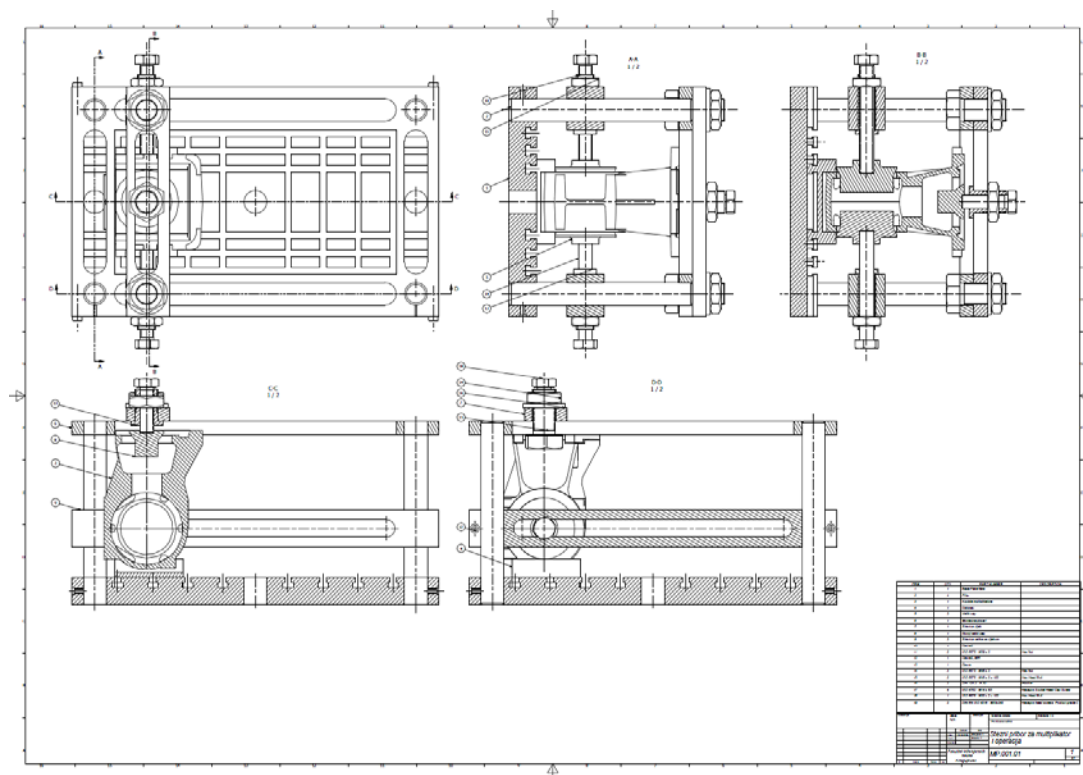
Слика 5.4. Технички цртеж модулног прибора за другу операцију обраде кућишта мењача

Основна рамовска конструкција је заједничка за велики број операција. Такође, за велики број операција заједничка је и монтажна плоча (позиција 6) на којој се постављају стезни елементи. У случају друге операције обраде користи се базна плоча (позиција 1) мањих димензија (500x500) док стубови (позиција 2) остају истих висина као у првој операцији. У складу са базном плочом и монтажна плоча је истих димензија као и базна. Ослањање кућишта мењача (позиција 3) је изведено готово исто као у првој операцији преко ослоња мењача (позиција 5) који је завртњевима (позиција 14) причвршћен за базну плочу (позиција 1). Стезање кућишта мењача изведено је завртњевима (позиција 10 и 11) преко монтажне плоче (позиција 6) и сранице са отворима (позиција 7).

У првој операцији (слика 5.5.) обраде кућишта мултипликатора врши се комплетна обрада у једној равни (вертикалној равни) укључујући и израду технолошких отвора који ће послужити за базирање у другој операцији.



Слика 5.5. Изометријски поглед за прву операцију обраде кућишта мултипликатора

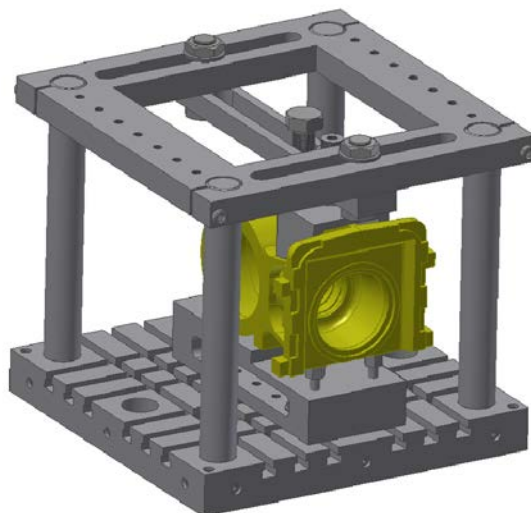


Слика 5.6 Технички цртеж модуларног прибора за прву операцију обраде кућишта мултипликатора

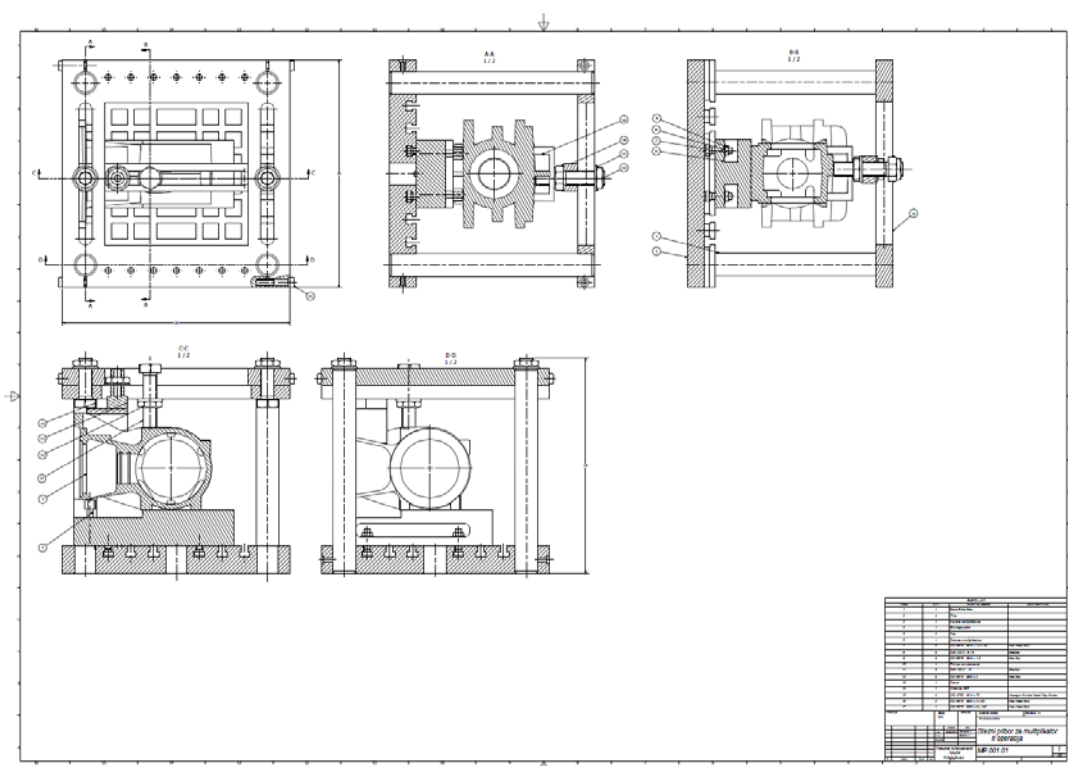
Конструкција је урамљеног типа а стезање се изводи преко отвора што апсолутно не омета прилазе алата, односно процес извођења обраде. Распоред стезања је важан у прецесима обраде, јер се односи на тачност и стабилност. Радни предмет треба да буде ограничен у стезном прибору током обраде стезним елементима као што су позиционери, притисни и ослони елементи.

За модуларни прибор кућишта мултипликатора (позиција 3) коришћена је базна плоча (позиција 1) димензија истих као и за прву операцију обраде кућишта мењача, што подразумева да је већи део елемената за стезање и базирање кућишта мултипликатора (позиција 3) исти као и за мењач.

Код обраде кућишта мултипликатора (позиција 3) стезање је изведено завртњевима М14 преко монтажне плоче (позиција 6) а позиционирање преко завртњева (позиција 19) и странице са жљебом (позиција 9) која је постављена на стубове (позиција 2). На слици 5.7 приказан је модуларни прибор за другу операцију обраде кућишта мултипликатора.



Слика 5.7. Изометријски поглед за другу операцију обраде кућишта мултипликатора

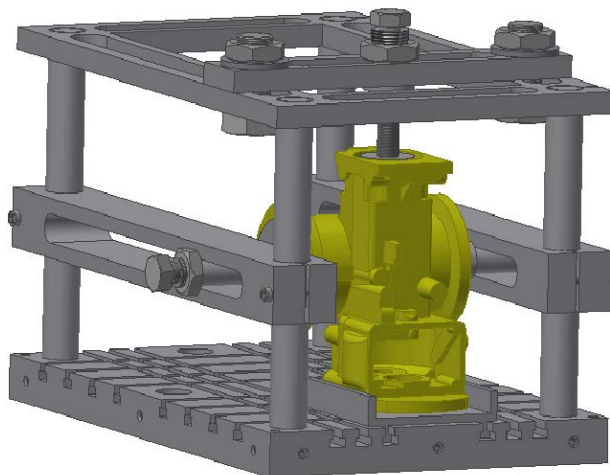


Слика 5.8 Технички цртеж модуларног прибора за другу операцију обраде кућишта мултипликатора

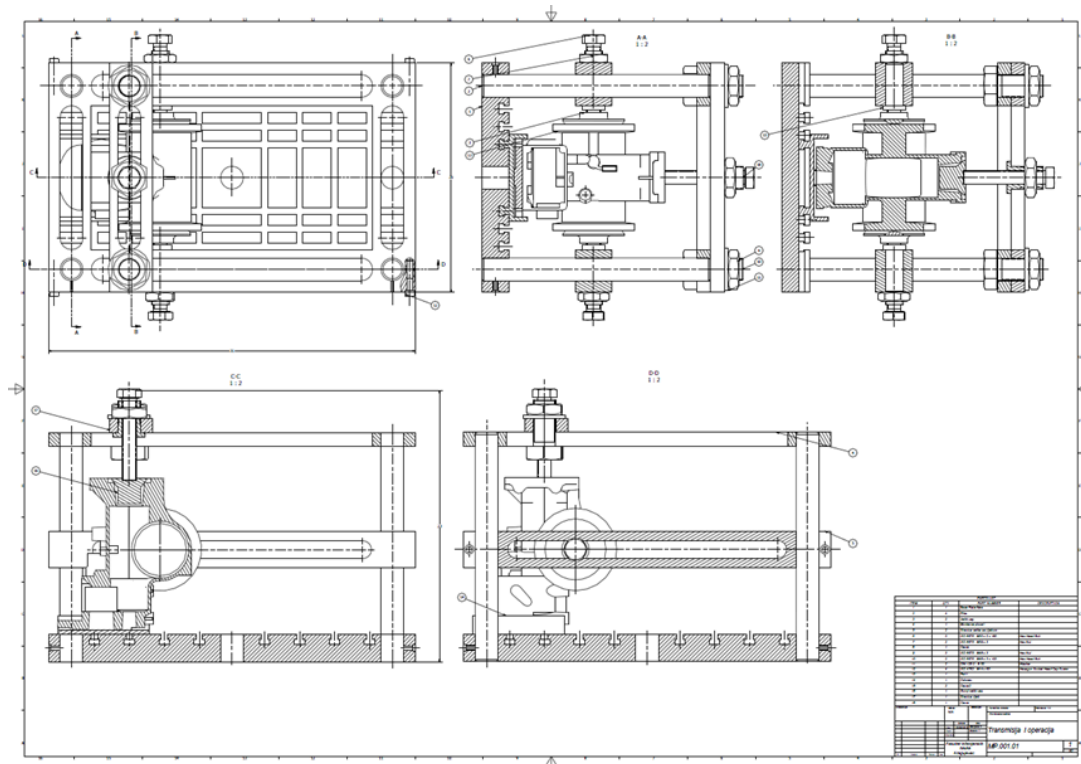
У другој операцији (слика 5.7.) користи се базна плоча (позиција 1) мањих димензија (500x500) док стубови (позиција 2) остају истих висина као у првој операцији обраде кућишта мултипликатора. Монтажна плоча (позиција 4) омогућава позиционирање и стезање радног предмета у модуларном стезном прибору изведеног помоћу завртњева.

Монтажна плоча (позиција 4) која носи стезне елементе је истих димензија као и базна плоча (позиција 1). Ослањање кућишта мултипликатора (позиција 3) је изведено готово исто као у првој операцији преко ослоњаца мултипликатора (позиција 6) који је завртњевима (позиција 7) причвршћен за базну плочу (позиција 1) док се стезање врши преко призме (позиција 10) која је завртњевима (позиција 16) фиксирана за монтажну плочу (позиција 4).

У првој операцији (слика 5.9.) обраде кућишта трансмисије врши се позиционирање, ослањање и обрада у једној равни (вертикална равна).



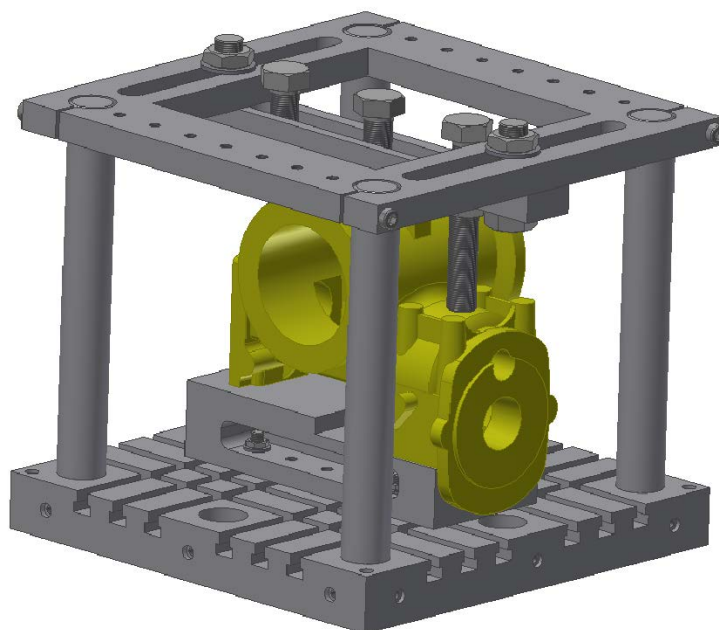
Слика 5.9. Изометријски поглед за прву операцију обраде кућишта трансмисије



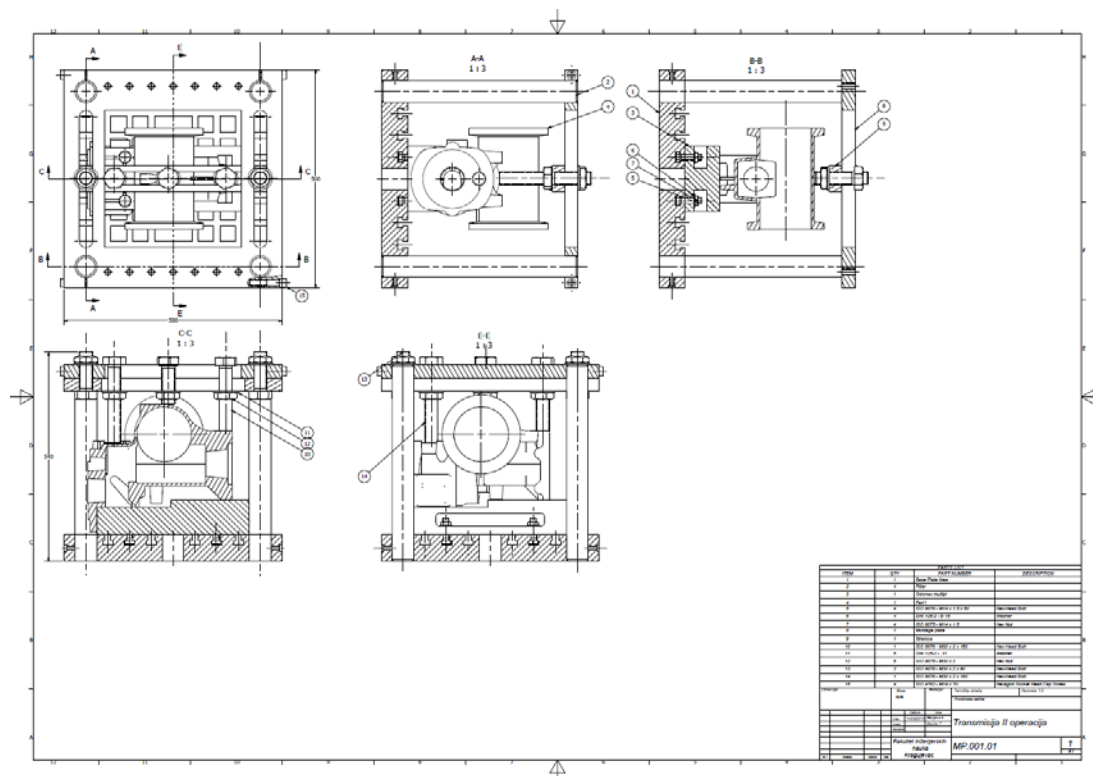
Слика 5.10. Технички цртеж модуларног прибора за прву операцију обраде кућишта трансмисије

Конструкција је урамљеног типа а стезање се изводи преко отвора што апсолутно не омета прилазе алата, односно процес извођења обраде. Систем модуларних стезних прибора карактерише знатно учешће стандардних стезних компоненти које се могу повезати у различите конфигурације како би се добио што већи број различитих могућности стезања са одређеним бројем посебних компоненти. Међусобне везе елемената су раздвојиве, што омогућава да се без оштећења делова прибор расклопи и елементи користе за формирање нових прибора. За модуларни прибор кућишта трансмисије коришћена је базна плоча (позиција 1) димензија истих као и за прву операцију обраде кућишта мењача, што подразумева да је већи део елемената за сезање и базирање кућишта трансмисије исти као и за мењач. Велики чеп (позиција 16.) има функцију лакшег извођења хоризонталног позиционирања. Код трансмисије стезање је вертикално изведено завртњевима (позиција 6) преко монтажне плоче (позиција 4) и странице са жљебом (позиција 5) која је постављена на стубове (позиција 2) а позиционирање се врши хоризонтално преко завртњева (позиција 6) чиме се спречава ротација кућишта трансмисије током обраде.

У другој операцији (слика 5.11) обраде кућишта трансмисије обрада се изводи са великим бројем захвата у четири равни.



Слика 5.11. Изометријски поглед за другу операцију обраде кућишта трансмисије



Слика 5.12 Технички цртеж модуларног прибора за другу операцију обраде кућишта трансмисије

То је могуће захваљујући самој концепцији модуларне конструкције која омогућава неометане прилазе алата по четири равни а истовремено конструкција задржава високу статичку и динамичку крутост. Користи се базна плоча (позиција 1) мањих димензија (500x500) док стубови (позиција 2) остају истих висина као у првој операцији. Монтажна плоча (позиција 8) која носи стезне елементе је истих димензија као и базна плоча (позиција 1). Ослањање кућишта (позиција 3) трансмисије је изведено готово исто као у првој операцији.

6. ЗАКЉУЧАК

Ако се направи паралела између групних и модулних стезних прибора може се закључити следеће:

- модулни стезни прибори захтевају знатно мање времена потребног за физичко формирање конструкције. Време пројектовања и израде фактички не постоји или је пак сведено на минималну вредност. Конструкција се формира на бази компоновања готових елемената уз коришћење рачунарске базе података и максималну софтверску подршку,
- време потребно за израду прибора фактички не постоји јер се ради о готовим комплетима. То доприноси брзом преласку са једног производног програма на други чиме се у великој мери може одговорити све строжијим захтевима савременог тржишта,
- савремени системи модулних стезних прибора опремљени су брзодејствујућим стезним подсистемима што знатно скраћује припремна времена и повећава производност,
- модулне стезне приборе новије генерације карактерише висока поузданост у смислу квалитета елемената и стабилности конструкције. То доприноси великом смањењу застоја у производњи у поређењу са специјалним стезним приборима код којих су, због могућих грешака у конструкцији и изради, застоји знатно више присутни,
- модулни стезни прибори се данас примењују у свим видовима производње што није случај са специјалним стезним приборима, и
- од елемената и склопова модулног система прибора могу се, на релативно једноставан начин, формирати и групни стезни прибори, што није случај са специјалним стезним приборима.

Поред наведеног модулни стезни прибори су монтажано демонтажног типа где се исти елементи, подсклопови и склопови користе при формирању различитих прибора. То значи, да поред флексибилности и поузданости, ови прибори, посматрано на дужи временски рок, трошковима знатно мање оптерећују производне операције и производњу у целини. Један од основних проблема веће примене модулних стезних прибора у домаћој металопрерађивачкој индустрији је потребан ниво почетних финансијских улагања и време потребно за повраћај средстава. Поред тога у већој мери присутни су и проблеми везани за не упућеност наше стручне јавности у предности које, посматрано на рок од 3 до 5 година пружа примена модулних стезних прибора. Није редак случај да већи број предузећа домаће металопрерађивачке индустрије самостално у својим погонима пројектује и за своје потребе израђује стезне приборе. Такви прибори по квалитету, у ширем смислу те речи, а и по цени коштања знатно превазилазе реалне цене прибора.

Из тих разлога није редак случај да, због малог нивоа флексибилности, нестандартних елемената и из других разлога велики број специјалних стезних прибора након престанка производње одређеног производа постане потпуно неупотребљив. Овом

приликом треба нагласити да се већи број елемената система модулних стезних прибора може набавити по врло прихватљивим ценама. Посебно када је реч о деловима који се производе у високим серијама (вијчана роба стандардне и специјалне конструкције, стезачи, вођице, елементи за базирање и сл.). На основу изложеног може се закључити да се савремена производња не може остварити без примене модулних стезних прибора.

У свету је развијен велики број модулних система стезних прибора чија примена неминовно доводи до повећања излазних производних ефеката односно веће производности, продуктивности и ниже цене производа. Високо квалитетно пројектоване и израђене елементе, склопове и подсклопове модулних система стезних прибора карактерише висока поузданост рада, мало време физичког формирања конструкције и прихватљива цена. У великом броју анализираних случајева који нису приказани у раду цена модулног стезног прибора може бити и испод цене одговарајућег специјалног прибора. Не рачунајући могућност вишеструке примене елемената модулног стезног прибора. Проблеми са којима је суочена домаћа металопрерађивачка индустрија у већем делу се односе на недостатак финансијских средстава, високу цену производа и са тим у вези губљење већег дела тржишта. Управо из тих разлога у домаћој металопрерађивачкој индустрији треба створити услове и обезбедити простор за знатно већу примену модулних стезних прибора. Треба нагласити да је поред наведених проблема у домаћој металопрерађивачкој индустрији јако присутан проблем неупућености стручне јавности у пословање са модулним стезним приборима. Једним делом то се може решити на нивоу предузећа, што подразумева постепен и у финансијском смислу лакши прелазак са специјалних на модулне стезне приборе уз сталну едукацију стручних кадрова у смислу избора елемената конструкција и компоновања конструкција уз максималну рачунарску подршку. Проблем се такође, великим делом, може решити удруживањем више предузећа и заједничком набавком и коришћењем савремених система модулних стезних прибора. На тај начин, уз брижљив избор комплета, фреквенција коришћења елемената комплета се знатно увећава а цена којом стезни прибор оптерећује производне операције и производњу у целини може бити вишеструко смањена.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Neng Wan, Zhan Wang, Rong Mo. An intelligent fixture design method based on smart modular fixture unit. *Int J Adv Manuf Technol*, DOI 10.1007/s00170-013-5134-3
- [2] M. N. Sela, O. Gaudryt, E. Dombret, B. Benhabib. A Reconfigurable Modular Fixturing System for Thin-Walled Flexible Objects. *Int J Adv Manuf Technol* (1997) 13:611-617
- [3] S. Nelaturi, A. Rangarajan, C. Fritz, T. Kurtoglu. Automated fixture configuration for rapid manufacturing planning. *Computer-Aided Design* 46 (2014) 160–169
- [4] Kalpakjian Serope, Schmid SR. *Manufacturing engineering and technology*. Reading: Massachusetts; 1992.
- [5] J. L. Colbert, R. Menassa, W. R. DeVries. A modular fixture for prismatic parts in an FMS. *SME, NAMRI Con Jerence*, pp. 597-602, 1986.
- [6] B. Benhabib, K. C. Chan, M. Q. Dai. A modular programmable fixturing system. *Transactions of the ASME, Journal of Engineering for Industry*, 13, pp. 93- 100.
- [7] K. C. Chan, B. Benhabib, M. Q. Dai. A reconfigurable fixturing system for robotic assembly. *SME Journal of Manufacturing Systems*, 9(3), pp. 206-221, 1990.
- [8] K. Toucef-Toumi, K. S. Liu, H. Asada. A computer integration of reconfigurable fixtures for drilling of sheet metal parts. *2nd Robotics and Factories of the Future Conference*, San Diego, California, pp. 751-759, 1987.
- [9] Kyoung Hung Kim. *A System for Automated Fixture Planning with Modular Fixtures*. Carnegie Mellon University, PhD thesis, May 1993.
- [10] Iain Boyle. *CAFixD – A case based reasoning method for fixture design*. PhD dissertation, Faculty of the Worcester polytechnic institute, May 2006.