

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Аутомобилско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Предмет: Технологије спајања и монтаже

Број индекса: 809/2015

Огњен Р. Опанчина

**Примена модуларног стезног прибора у настави
за монтажу сложених просторних форми
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Богдан Недић, ред. проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада потребно је да кандидат проучити одговарајућу литературу из области модуларних стезних прибора, њихове поделе и основне намене као и литературу везану за њихову употребу у индустрији. На основу прикупљених података, потребно је објаснити начин практичне примене модуларних стезних прибора у индустрији за потребе технологија обраде, спајања и монтаже. На примеру практичних радова из предмета Технологије спајања и монтаже, као и на примеру израде рама за возило Формула студент приказати могућности примене модуларног, флексибилног стезног прибора.

Препоручена литература:

- [1] Рајковић А., Могућности примене модуларног стезног прибора у аутомобилској индустрији – Завршни рад, Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2017.
- [2] Nedić B., Dimitrijević B., „The use of modular fixturing elements for the purpose of manufacturing formula student chassis” ,International quality conference, June 2015.
- [3] Yiming R., Xiaoxiang Z., COMPUTER AIDED FIXTURE DESIGN, Marcel Decer, New York, 1999.
- [4] Капларевић, М., Модуларни флексибилни прибор за стезање сложених просторних форми, Патентна пријава П-599/98, Београд, 1998.
- [5] Тадић Б., АЛАТИ И ПРИБОРИ – СКРИПТА, Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет, Крагујевац, 2008.

Крагујевац, 2018

ментор:

Др Богдан Недић, ред. проф.

Резиме

У оквиру овог завршног рада обрађена је тема употребе модуларних стезних прибора, њихова подела и основна намена како у индустрији, тако и кроз примере практичног рада студената. Представљене су три целине флексибилног стезног прибора за потребе монтаже, за потребе машинирања и за потребе израде склопова сложених просторних форми током практичне наставе. Детаљније су објашњене поделе и основе потребне за одабир стезног прибора. У последњем поглављу приказани су примери израђених склопова током практичне наставе, као и коришћење модуларног стезног прибора у процесу израде Студентске формуле „Застава 17“.

Кључне речи: модуларни стезни прибор, монтажа, прототип, производња

Abstract

The topic of this graduation paper is using of flexible fixturing elements, partition of fixturing elements, and main purpose in industry but in examples of students' practical work also. In this paper there are examples of three main units of flexible fixturing elements. First part is flexible elements used for process of assembly, second are for processing technologies and third are for assembling of complex surfaces assembly, which were made at lectures on practical application of modular fixturing elements. There are explanations in more details of division and bases of projecting modular fixturing system. In last chapter of this paper examples of assemblies made through classes of practical application were shown. Also in last chapter application of modular fixturing elements in process of making a Student formula "Zastava 17" were shown.

Key words: Modular fixturing elements, assembly, prototype, production

Садржај

1. Увод.....	5
2. Флексибилни, модуларни стезни прибор	8
2.1 Основни појмови флексибилних стезних прибора	8
2.2 Конструктивни елементи флексибилних стезних прибора	9
3. Примена флексибилног стезног прибора за потребе машинске обраде.....	15
4. Примена флексибилних стезних прибора у процесима технологија монтаже и спајања.....	20
5. Принцип избора система флексибилног прибора за стезање	26
6. Примери постојећих флексибилних стезних прибора	28
6.1 Пример флексибилног стезног прибора компаније <i>DESTACO</i>	29
6.2 Пример флексибилног стезног прибора компаније <i>JUNKERS-PARTNER</i>	30
7. Пример пројектовања флексибилног стезног прибора за стезање елемената склопова сложених површина израђених током практичне наставе	32
7.1 Кораци пројектовања и израде система за фиксирање	34
7.2 Примери радова	35
7.3 Пример примене флексибилног стезног прибора за израду рама Студентске формуле „Застава 18“	43
8. Закључак	45
9. Литература.....	47

1. Увод

Протеклих неколико деценија захтеви за возилима за транспорт нагло су порасли, као и број компанија које производе возила. Тиме је створено ново тржиште, које представља својеврсно такмичарско поље у коме су главни такмаци произвођачи возила. Развој нових технологија још више је условио убрзавање и онако суровог тржишта, у коме релативно брзо долази до задовољења потрошача и где је потребно ефектно одговорити на нове захтеве, који се постављају. Такво окружење највише утиче на сам развој нових производа, пре њиховог пласмана на тржиште.

Систем за развој новог возила изузетно је комплексан, започиње првим коракком, а то је идеја за новим производом. Након чега се идеја анализира на основу потражње на тржишту и на основу могућег профита који би био остварен. Дакле основни услов је економска исплативост. Када је идеја разрађена и усвојена, приступа се процесу конструкције возила, односно елемената или склопова возила. Током овог процеса потребна је директна комуникација између сектора који су задужени за конструкцију и производњу, како би коначан производ могао да се изрази капацитетима фабрике. Наредни корак након израде возила јесте маркетинг, односно промоција производа и његов даљи пласман на тржиште.

У овом раду пажњу ћемо усмерити ка процесу пројектовања возила, односно делу пројектовања процеса производње. Процес пројектовања производње састоји се из пројектовања више сложених поступака који као коначни циљ имају реализацију израде возила, елемената или склопова возила у предходно одређеним границама одступања од задатих мера, са задовољењем критеријума квалитета.

Поступци у производњи могу бити поступци машинирања, спајање, монтаже итд. Монтажа представља један од најзахтевнијих делова производње, проистиче из тога да све елементе које чине возило потребно је укупити и монтирати у простору, у задатим толеранцијским границама, како би крајњи квалитет производа задовољио све задате услове. Услови могу бити различити, од тога да ли је цео процес економски оправдан, преко временског ограничења за који мора бити завршен, па све до цене коју је крајњи корисник спреман да плати. Дакле, како би се процеспроизводње ефикасно и ефектно испројектовао, потребно је све елементе који се у њему састоје прецизно дефинисати и испројектовати.

Оно што је најчешће уско повезано јесу профит и време, односно време за које ће се производ пронаћи на тржишту од усвајања његовог идејног решења. Често време које највише утиче на цео процес јесте време израде прототипова, због често нестандартних делова, односно развоја нових елемената сложених површина. Како

естетика код возила значајно утиче на његову продају, израда елемената сложених површина јесте део коме се посвећује велика пажња током израде прототипова.

Ради смањења времена трајања процеса израде развијени су стезни прибори који служе за учвршћивање елемента прототипа у тачно дефинисаним тачкама у простору и обезбеђују њихово мировање у односу на предвиђен координатни систем. У исто време потребно је да стезни прибори буду флексибилни, како би се једноставно прилагодили производњи нових прототипова.

Условљени потребом за ефектним прилагођавањем стезног прибора новим производима и чврсто позиционирање елемената у простору и рационализацијом процеса производње развијају се универзални прибори (опште намене), прибори индивидуалне намене, групни прибори, флексибилни (модулни) стезни прибори [1].

Прибор за фиксирање елемената који је развијен јесте састављен од стандардизованих и типизираних елемената, како би се за кратко време једноставним расклапањем елементи прилагодили новом производу.

Поред услова да стезни прибор обезбеди чврсто стезање елемената и да буде флексибилан, такође приликом пројектовања плана стезања потребно је позиционирати алат тако да приликом обраде, односно рада на предмету стезања, не долази до додира стезног прибора и алата обраде. Тј да приступ предмету обраде буде једноставан.

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

- скраћење времена и повећање поузданости одређивања радног положаја (локације),
- скраћење времена за стезање предмета обраде,
- скраћење укупног времена позиционирања предмета ,
- смањење физичког замора оператера,
- смањење броја потребних мерних прибора и машина.

Применом употребе стезних прибора за потребе технологија спајања, монтаже и машинске обраде постиже се:

- тачно постављање радног предмета на машину у односу на алат обраде
- избегавање скупог обележавања радног предмета пре обраде,
- искључење утицаја грешке постављања на тачност обраде радног предмета што зависи од индивидуалних способности и навика радника,
- могућност истовремене обраде неколико радних предмета,
- повећање времена ефективне производње рада у процесу механичке обраде смањењем помоћног времена,
- олакшање и тачније нормирање рада радника,

- скраћење рокова освајања нових производа,
- могућност коришћења постојећег машинског парка при преласку на нову производњу,
- једноставније дефинисање времена сваког процеса у производњи,
- проширење технолошких могућности алатне машине.

Примена стезних прибора омогућава такође снижење цене производа, ради чега се мора сагледати оправданост примене стезних прибора помоћу техничко-економских анализа.

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

- скраћење времена и повећање поузданости одређивања радног положаја (локације) предмета обраде или алата,
- скраћење времена за стезање предмета обраде или алата,
- скраћење времена обраде,
- могућност примене радника нижих квалификација уз истовремено обезбеђење потребног квалитета и повећања искоришћења производних капацитета,
- смањење физичког замора радника,
- снижење процента шкарта и уштеде у служби контроле и смањење броја потребних мерних прибора.

У оквиру другог поглавља описани су флексибилни, модуларни стезни прибори, основни појмови као и конструктивни елементи стезног модуларног прибора. Приказани су основни скупови на које се деле елементи у оквиру сетова.

Треће поглавље односи се на примену модуларних стезних прибора у процесу машинирања, као и опис елемената тог система. Подела и конструкција елемената су такође област која је обрађена у тексту.

Четврто поглавље обрађује поље примене флексибилних стезних прибора при процесу спајања и монтаже. Приказане су и описане илустрације примена у процесу израде камиона.

Пето поглавље базира се на основама механизма за одабир и пројектовање флексибилног система за стезање и позиционирање предмета обраде или спајања.

У шестом поглављу приказани су примери флексибилних стезних прибора различитих произвођача.

Седмо поглавље обрађује проблематику практичне примене стезног модуларног система за позиционирање елемената склопова сложених просторних форми на примерима одрађеним током практичне наставе. Такође ово поглавље садржи и област примене стезног прибора за израду возила Студентске формуле „Застава 18“.

Осмо поглавље представља целокупан закључак примене модуларног стезног прибора.

2. Флексибилни, модуларни стезни прибор

Модуларни, флексибилни стезни прибори имају способност да се једноставно прилагоде предметима обраде различитих облика и величина и обезбеде њихову непомићност, у временском интервалу током којег је предмет обраде изложен различитим оптерећењима током обрадних процеса, монтаже, спајања итд. Када је прибор инсталиран, омогућено је да предмет обраде буде, уколико је ради додатне обраде потребно, уклоњен и након тога враћен на идентичну позицију без померања.

Основна разлика је у степену флексибилности. Модуларни стезни прибори се састоје из релативно великог броја елемената, чијом се комбинацијом могу произвести стезни прибори који служе за базирање и стезање било ког предмета обраде, као и за извођење било које операције. Један модуларни стезни прибор је потпуно математички одређен различитим математичким моделима (модели за дефинисање флексибилности, поузданости, производности итд.), што омогућује да се на брз и једноставан начин дође до економске оправданости стезног прибора. Може се рећи да су модуларни стезни прибори универзални монтажано-демонтажни прибори „вишег нивоа“. Основни концепт примене модуларних стезних прибора приказан је на слици 2.1 [2].



Слика 2.1 Концепт примене модуларног стезног прибора

2.1 Основни појмови флексибилних стезних прибора

Почевши од принципа да се један стезни прибор искористи за више различитих а сложених облика предмета, односно покушавањем да се обједине корисна својства прибора специјалне и опште намене, дошло се на идеју да се стезни прибор састоји од низа изменљивих елемената. Модуларни стезни прибори су тако конструисани да представљају сетове од по више десетина до више хиљада компонената. Ови елементи су стандардизовани па се сетови могу допуњавати по потреби. Дакле коначан стезни

прибор за дати предмет обраде добија се из комбинације претходно стандардизованих елемената сетова [3].

Системи модулних стезних прибора граде се на принципу 100% примене стандардних елемената и склопова. Суштина система се састоји у томе да се из једних истих стандардизованих елемената и склопова могу више пута склапати нови, различити прибори. При завршетку обраде на датој операцији прибори се демонтирају и елементи се складиште. Уколико се укаже потреба, ови елементи се могу поново користити за монтажу нових прибора према захтевима производње.

Практично, елементи монтажних стезних прибора сачињавају кружни циклус монтажа – експлоатација – демонтажа. Такво циклично коришћење истих монтажних елемената за различите циљеве даје могућност, при ниској потрошњи материјалних средстава и добара, за испуњење најважнијег дела технолошке припреме производње, који обично захтева највећи утрошак времена [2].

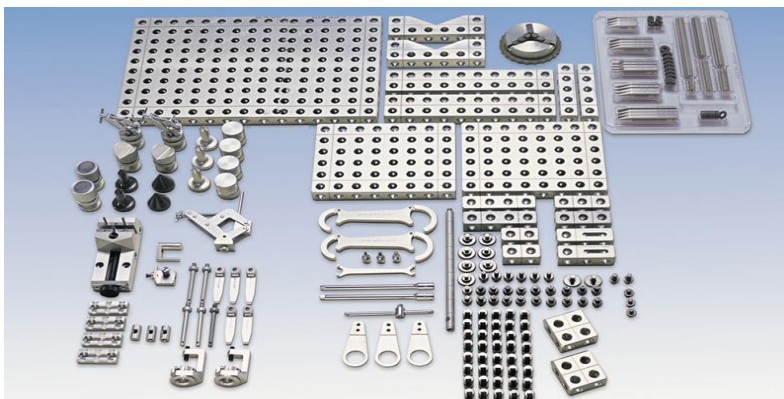
2.2 Конструктивни елементи флексибилних стезних прибора

Суштина коришћења модулних стезних прибора јесте обезбеђивање тачности мера димензија у границама предвиђених одступања, као и тачност положаја предмета обраде у простору у односу на референтне елементе и делове склопа приликом монтаже. У циљу испуњења датих захтева потребно је да елементи модулног стезног прибора буду израђени од материјала попут квалитетног конструкционог и алатног челика, као и да буду термички обрађени. Свакако због наведених захтева раде површине треба да буду брушене и глачане, што побољшава отпорност на хабање и обезбеђује већу тачност склапања. Тачност израде у погледу виталних димензија елемената је релативно висока: тачност дужинских мера се креће од $\pm 0,01 \text{ mm}$ код прибора у обради резањем до $\pm 1 \text{ mm}$ код израде веома великих каросеријских делова, а управност и паралелност од $0,01 \text{ mm}$ на дужини од 100 mm или већа, што омогућава да се из елемената гарнитуре склапају прибори потребне тачности.

Правилном комбинацијом елемената стезног прибора могуће је направити конструкцију стезног прибора који одговара готово било каквом сложенем облику предмета који се обрађује.

Међусобне везе елемената су раздвојиве, што омогућава да се без оштећења делова прибор расклопи и елементи гарнитуре користе за формирање нових прибора.

У погледу димензија и облика предмета обраде, реч је, према неким информацијама, и до 80% свих делова који се срећу у машиноградњи, при чему се димензије идеалног предмета обраде крећу у доста широким границама. На сцлици 2.2 је дат пример једне гарнитуре.



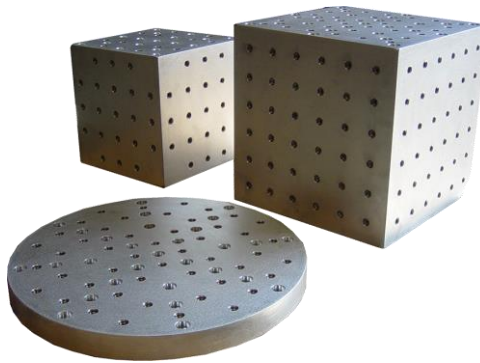
Слика 2.2 Део гарнитуре модулних стезних прибора

Елементи модуларних стезних прибора састоје се од следећих група елемената:

- Базни елементи,
- Елементи за ослањање,
- Елементи за позиционирање,
- Шапе за стезање,
- Елементи за стезање,
- Остали елементи [3].

2.2.1 Базни елементи

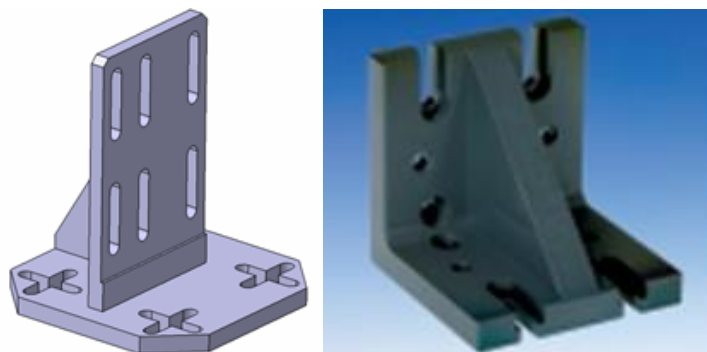
Базни елементи представљају (Слика 2.3) део модуларног стезног прибора према којима се одређују референтне површине. Ове површине даље одређују положај тачака стезања, као и саму позицију предмета обраде. Захтеви који су постављени пред овим елементима, јесу висока тачност и прецизност, што се постиже коришћењем висококвалитетним материјалима и прецизном израдом и завршном обрадом.



Слика 2.3 Различити облици базних елемената

2.2.2 Елементи за ослањање

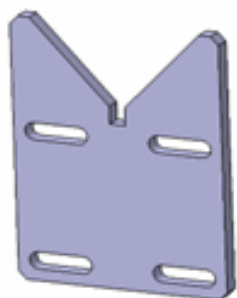
Елементи који служе за везу између базних елемената и остатка конструкције флексибилног стезног прибора јесу елементи за ослањање. Треба да буду израђени тако да задовоље чврсто позиционирање на базном елементу и обезбеде непомићност. Такође је потребно да њихова монтажа буде једноставна и лако доступна. Овај захтев се испуњава тие што се везивање елемената за ослањање врши помоћу специјално израђених завртњева и навртки. На слици 2.4 приказани су примери ослоних делова прибора.



Слика 2.4 Примери ослоних делова

2.2.3 Елементи за позиционирање

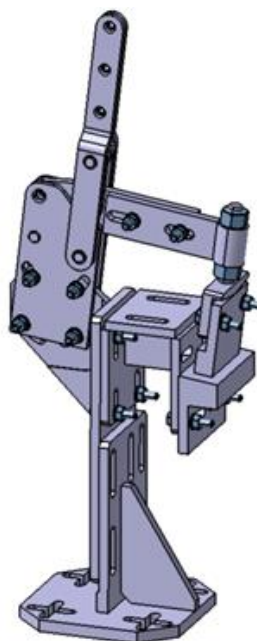
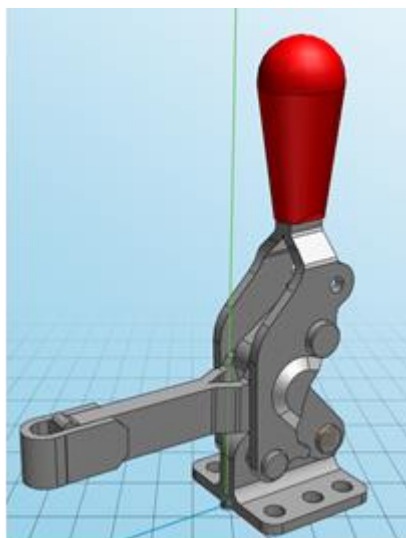
Елементи за позиционирање највише од свих елемената, који чине флексибилан монтажни прибор, треба да обезбеде тачност положаја. Јер су управо ови елементи у директном контакту са предметом обраде. Како су елементи за позиционирање последњи у ланцу флексибилних стезних прибора у процесу њихове монтаже, прецизност ових зависи и од предходно набројаних елемената сета. Због тога је потребно током самог пројектовања предвидети дозвољена одступања положаја ових елемената, како би коначан производ који се израђује помоћу ови прибора био у захтеваном квалитету. На слици 2.5 приказани су примери призми за локацију предмета обраде.



Слика 2.5 Елементи за локацију предмета

2.2.4 Шапе за стезање

Шапе или ручице за стезање имају најодговорнији задатак, а то је да прецизно и чврсто стегну предмет обраде у положају који је одређен предходно наведеним елементима, током свих потребних процеса рада на предмету обраде. Како различити процеси обраде предмета за резултат имају разнородна оптерећења, приликом пројектовања шапа за стезање, треба тачно предвидети за који вид оптерећења ће шапе бити прилагођене. На слици 2.6. приказани су примери шапа за стезање предмета обраде.



Слика 2.6 Примери шапа за стезање

2.2.5 Елементи за стезање

Приликом практичног рада особа задужена за монтажу флексибилног стезног прибора највише времена искористи током рада са елементима за стезање, односно најдуже времена од свих елемената делови за стезање су у директном контакту са оператером. Због тога је за пројектовање и израду ових елемената потребно издвојити највише пажње, како би у исто време извршили улогу за коју су намењени, односно обезбедили чврста и непомична налегања елемената које спајају и у исто време били обликовани тако да оператеру не представљају превелики проблем приликом руковања. На слици 2.7. приказани су примери завртњева за стезање.



Слика 2.7 Примери елемената за стезање

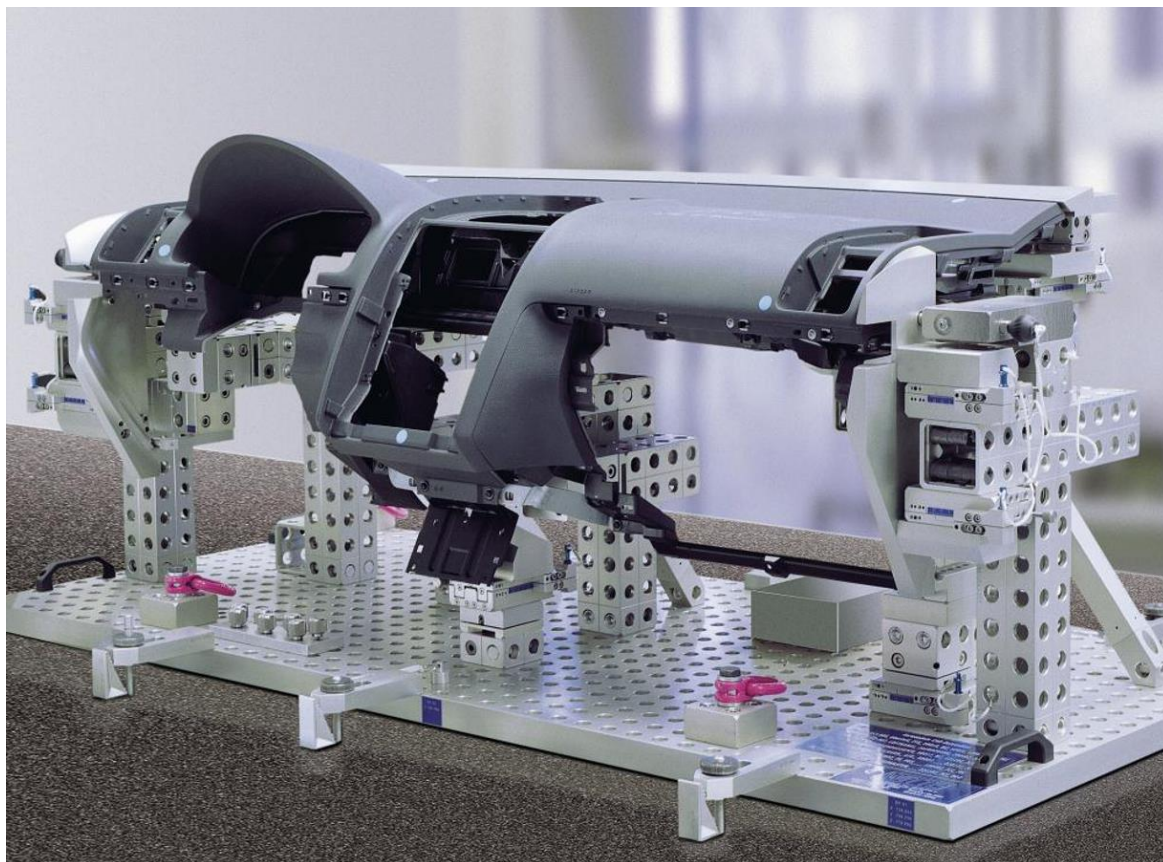
2.2.6 Остали елементи

Разлог развоја флексибилних модуларних стезних прибора јесте једноставно прилагођавање новим производима и једноставна монтажа током израде различитих делова. Управо због тога било је потребно израдити елементе који ће обезбедити позиционирање нешто сложенијих просторних облика који су садржани у предмету обраде. Ови елементи су управо у ту сврху израђени. Компоновањем елемената из ове групе могуће је остварити стезања и прецизна позиционирања сложенијих облика. На слици 2.8 приказан је део комплета модулног стезног система



Слика 2.8 Део комплета модулног стезног система

На слици 2.9 приказани су склопови стезних прибора формирани од изменљивих модулних елемената примењени за потребе аутомобилске индустрије.



Слика 2.9 Примери склопова прибора

2.3 Предности и недостаци флексибилних стезних прибора

Модуларни стезни прибори представљају веома повољно техничко решење на пољу стезних прибора који се примењују у обради метала, али и у монтажи. Предности коришћења флексибилног стезног прибора су:

- елиминација трошкова конструисања прибора или њихово снижавање,
- знатно снижавање трошкова израде прибора, пошто је време склапања прибора кратко, а могућност примене сетова вишеструка,
- применом флексибилних стезних прибора састављених из елемената који имају дуг век трајања, знатно се смањује потрошња материјала за израду предмета,
- могућност брзе измене уколико се покаже да укомпоновани прибор не одговара захтевима,
- у току експлоатације, оштећени елемент прибора брзо и лако се замњује,
- брз је повраћај уложених средстава (2-3 године), уз век трајања већине елемената комплета до 10 година па и више.

Треба, међутим, указати и на неке недостатке флексибилних стезних прибора:

- високи захтеви у погледу тачности и квалитета израде елемената комплета и коришћење квалитетног и скупог челика, условљавају релативно висока почетна улагања,
- због постојања великог броја спојева смањује се крутост укомпонованог прибора,
- мање су могућности за примену елемената за брзо стезање, при чему је овај недостатак један од главних праваца текућег развоја [2].

3. Примена флексибилног стезног прибора за потребе машинске обраде

Модуларни прибори за фиксирање у процесу машинске обраде (Слика 3.1), су допунски уређаји који се користе при обради, монтажи и контроли делова, склопова и производа. У току извођења процеса обраде и реализације помоћних операција, прибори се користе за позиционирање и стезање предмета обраде. У неким случајевима обезбеђују и потребно вођење алата у односу на предмет обраде.



Слика 3.1 Модуларни прибори за фиксирање у процесу машинске обраде

Правилно конципирање прибора, пројектовање и конструкција, подразумева познавање и анализу основних површина дела који се израђује [4].

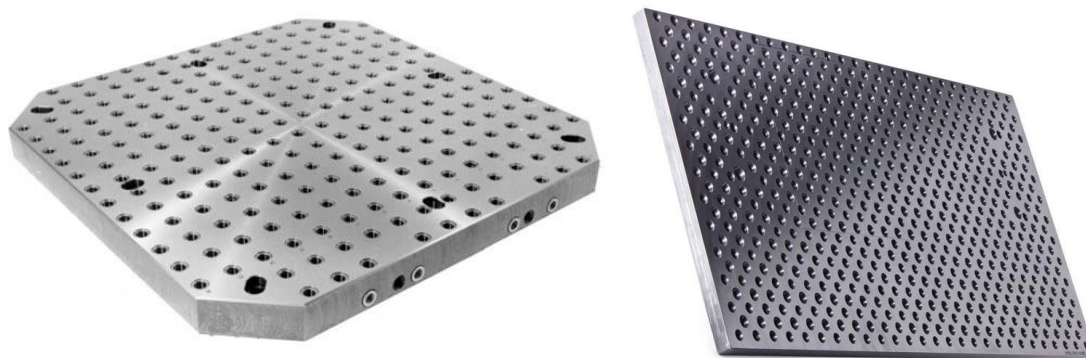
Базни делови за потребе машинске обраде

Најчешћи облици елемената ове групе (Слика 3.2) јесу плоче правоугаоног, квадратног и кружног облика. Причвршћивање осталих елемената флексибилног стезног прибора остварује се контактом додирних површина, које су специјално

израђене за вршење ове функције. Најчешће су то Т-жлебови, или отвори за причвршћивање и центрирање.

Материјал од кога се израђују базни елементи најчешће су од угљеничних челика са 0.17-0.25% С, термички обрађени цементирањем до дубине од 0,8 до 1,5 mm и каљењем на тврдоћу 50-56 HRC. У циљу остваривања прецизности положаја горња и доња површина плоче не прелази одступање паралелности од 0,02 mm на дужини од 100 mm.

У групу базних елемената такође спадају и челични или алуминијумски профили који могу бити са Т-жлебовима или са посебним групама за везу са другим елементима прибора. Ови елементи се израђују такође у веома уским толеранцијама.



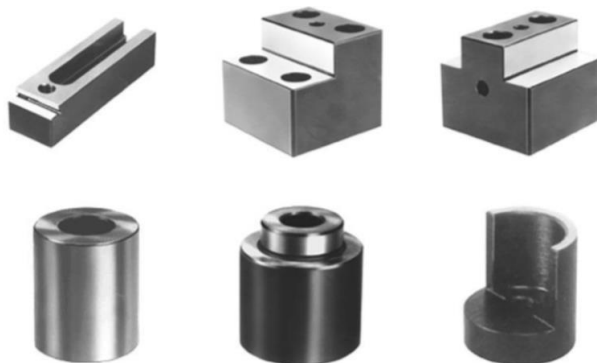
Слика 3.2 Базне основне плоче

Кућишни делови за ослањање

Елементи који следе након базних јесу кућишни делови, облик и толеранције ових делова игра пресудну улогу у тежњи да се оствари што је могуће прецизнија конструкција састављена од елемената флексибилних стезних прибора. Контактне површине ових делова остварују контакт и са базним елементима и са елементима за локацију и стезање које се монтирају на њих, што значи да су неадекватно обрађене површине недопустиве, јер би то само умножавало одступања коначне конструкције.

Кућишни делови израђују се од челика за цементацију, цементирају се на дубину од 0,8 до 1,5 mm и кале на тврдоћу од 38 до 45 HRC. Брунирањем ових делова произвођачи врше додатну заштиту.

У оквиру ове групе постоји неколико подгрупа, односно: разни уметци, призме, угаони елементи, ослонци за локацију и слични делови.



Слика 3.3 Примери ослоних делова предмета обраде

Елементи за локацију предмета обраде за машинску обраду

Зависно од конструктивних решења пројектованог система флексибилног стезног приора, делови за локацију могу остваривати контакт са предметом обраде у једној или више тачака. Због обезбеђивања веће слободе конструкторима и технолозима за пројектовање флексибилног стезног прибора, ови елементи могу бити једностранни или двострани.

Као и предходно наведени елементи израђују се од челика за цементацију и цементирају се на дубину од 0,8 до 1,5 mm, али се кале на нешто већу тврдоћу, управо због остваривања прецизног и чврстог налагања предмета обраде. Тврдоћа ових елемената је у опсегу од 52 до 62 HRC. На слици 3.4 приказани су примери призми за локацију предмета обраде [2].



Слика 3.4 Примери делова за локацију предмета обраде

Ручице за стезање предмета обраде

Због разноврсности оптерећења којима је предмет обраде, у процесу машинирања, оптерећен, облици контактних површина ових шапа су различити. Према наведеним захтевима уведени су стандарди и елементи су унифицирани. Како не би дошло до померања предмета обраде у току машинирања, материјал који се користи за израду елемената за стезање јесте идентичан као предходни, челик за цементацију. Челик се цементира у границама од 0,8 до 1,1 mm. Нешто нижа горња граница за дубину цементације јесте из разлога што се приликом остваривања стезања предмета обраде шапе благо деформишу услед оптерећења. Те је потребно да шапе буду у што је бољем односу крутости, односно чврстоће и еластичности, како би оствариле намену и продужиле животни век. Кале се на 56 до 62 HRC.

Механизам је базиран на принципу полуге, а остваривање стезања може бити хидраулично или ручно. Висина стезања може се подешавати завртњем уврнутим у клин. Примена шапа је такође везана за висину предмета обраде, због чега је конструисано више различитих варијанти. На слици 3.5 приказани су примери ручица за стезање предмета обраде.



Слика 3.5. Примери ручица за стезање предмета обраде

Елементи за стезање

Практично ови елементи имају улогу остваривања чврстог споја елемената флексибилног стезног прибора. Најчешће се за овај задатак израђују завртњеве, навртке, подметачи и сл. Управо због секундарног задатка који је постављен пред овим елементима, а то је једноставна монтажа и демонтажа, што се остварује коришћењем ове врсте елемената.

Као материјал за израду се користи угљенични конструкциони челик ($C=0.45\%$). Кале се на 38-42 HRC. По завршетку механичке обраде делове је потребно заштити фосфатирањем или неким сличним поступком. На слици 3.6 приказани су делови за стезање.



Слика 3.6 Примери завртњева за стезање

Остали делови

Делови ове групе створени су у току експлоатације система универзалних монтажних прибора и јављају се као допунска група комплета. Овде се могу убројати ексцентри, опруге, ручице и разни слични елементи. Елементи из ове групе се кале или подвргавају неком другом виду термичке обраде.

У зависности од врсте машина модулни стезни прибор се може поделити на:

- модулни стезни прибор за обраду на хоризонталним машинама,
- модулни стезни прибор за обраду на вертикалним машинама.



Слика 3.7 Део комплета модуларног стезног прибора

Примена флексибилног стезног прибора при машинској обради у ауто индустрији

Због статуса најраспрострањеније индустрије, треба да споменемо и аутомобилску индустрију у којој је машинска обрада примењена у значајном обиму. У овој индустрији поред флексибилних и специјални стезни прибори су веома заступљени у циљу скраћења времена израде елемената склопова, подсклопова и склопова. Конкретне предности специјалних стезних прибора су:

- брзо и тачно постављање предмета обраде на машину у односу на резни алат, па се тиме смањује време припреме,
- тачнија обрада предмета обраде,
- већа једнообразност делова и сигурна заменљивост без накнадне обраде,
- смањење броја потребних мерења и сл.

Недостаци специјалних стезних прибора су:

- дуго траје припрема производње прибора због времена потребног за конструкцију и израду,
- висока цена прибора јер се израђују појединачно по наруџбини,
- употреба специјалних стезних прибора је ограничен само на једну врсту делова или групу сличних производа и сл. [2].

Са обзиром на тенденције развоја аутоиндустрије у смеру што веће флексибилности производње, модулни стезни прибори су императив.



Слика 3.8 Примена флексибилног стезног прибора при машинској обради у ауто индустрији

4. Примена флексибилних стезних прибора у процесима технологија монтаже и спајања

Најзаступљенија примена технологија спајање и монтаже јесте аутомобилска индустрија. Примена модуларног стезног прибора у процесима ових технологија апсолутно је незаобилазна. Што је економски оправдано у производњи малосеријских аутомобила и прототипова.

У садашњој производној пракси, прибори за израду каросеријских делова се пројектују за израду само једног склопа, а степен аутоматизације зависи од величине производне серије тог склопа. Када је реч о малосеријској производњи и изради прототипова, прибори су прилагођени таквој производњи, што значи да су постављања елемената и њихово стезање мануелни.

Каросеријски склопови имају сложен облик који је дефинисан величинама у тродимензионалном ортогоналном систему. Проблем израде таквих склопова у оквиру задатих толеранција је у основи проблем позиционирања и стезања саставних елемената склопа, тако да се омогуће потребна заваривања или друге врсте спајања и добије склоп у прописаним толеранцијама. Исто важи за склопове сложених просторних форми у другим гранама металопредавачке индустрије.

Склопови мањих димензија

При пројектовању и изради каросеријских склопова треба разликовати склопове мањих димензија и каросеријске склопове веома великих димензија. Склопови великих димензија се срећу код возила већих димензија, аутобуса, комбија, доставних и специјалних, теретних и наменских возила и сл.

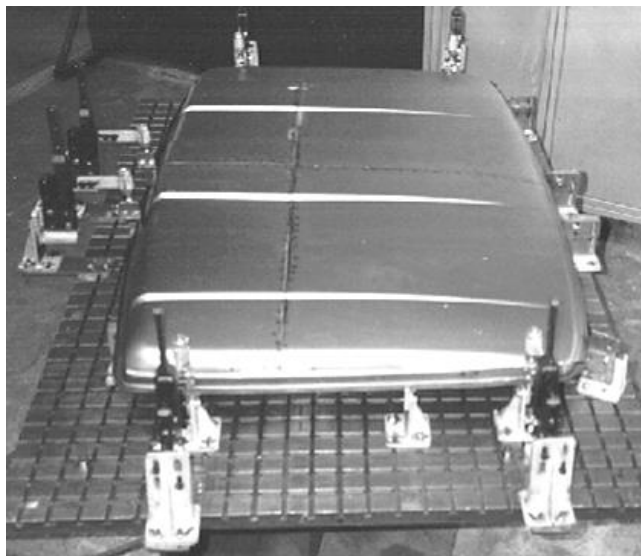
Минимална конфигурација прибора за израду каросеријског склопа садржи радни сто и елементе за позиционирање и стезање. Величина радног стола, број и оптималан распоред ових елемената је у функцији величине и сложености склопа а независни су од величине производне серије израђиваних склопова.

Развој флексибилног прибора је проистекао из потребе да се на једном радном столу оствари веома велики (практично неограничен) број комбинација позиционирања, ослањања и стезања кроз могућност постизања слободе подешавања у свим правцима нормалног координатног система XYZ, као и уз могућност ротације елемената.

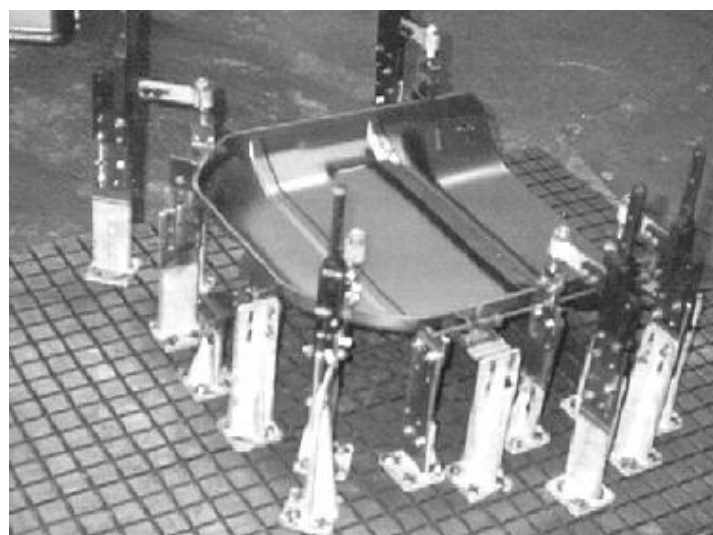
Развој флексибилног прибора је омогућио решавање проблем економичне израде каросеријских склопова и других склопова сложених просторних форми који се раде у малосеријској и појединачној производњи, као и израде прототипова у истим областима производње [2].

На сликама 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, су приказани примери практичне примене флексибилног алата при изради каросеријских склопова мањих димензија намењених за камион. Наведене слике представљају елементе склопа крова кабине

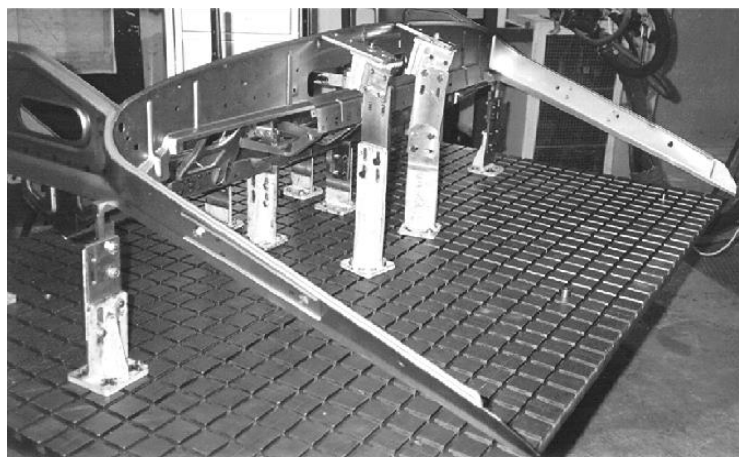
камиона, степеница кабине, бочне стране кабине и врата кабине. Слика 4.8 приказује елемент рама камиона позиционираног и стегнутог помоћу модуларног стезног прибора.



Слика 4.1 Елементи склопа крова кабине камиона



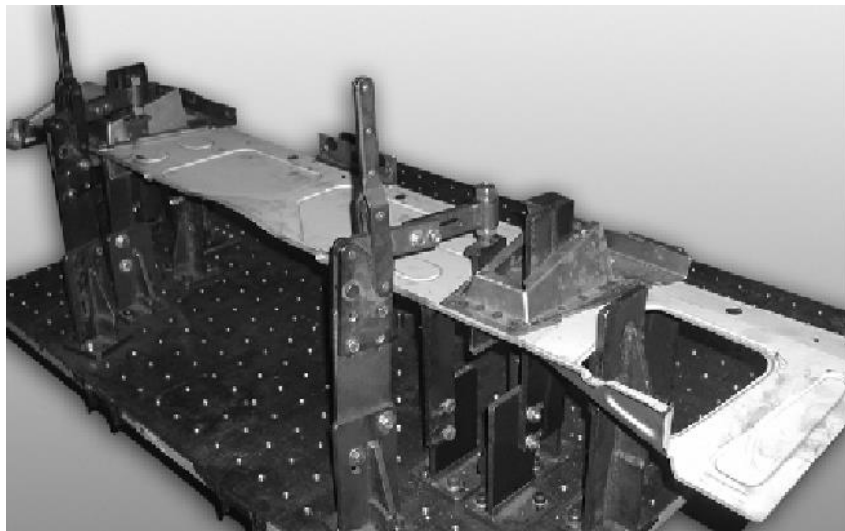
Слика 4.2 Елементи склопа крова кабине камиона



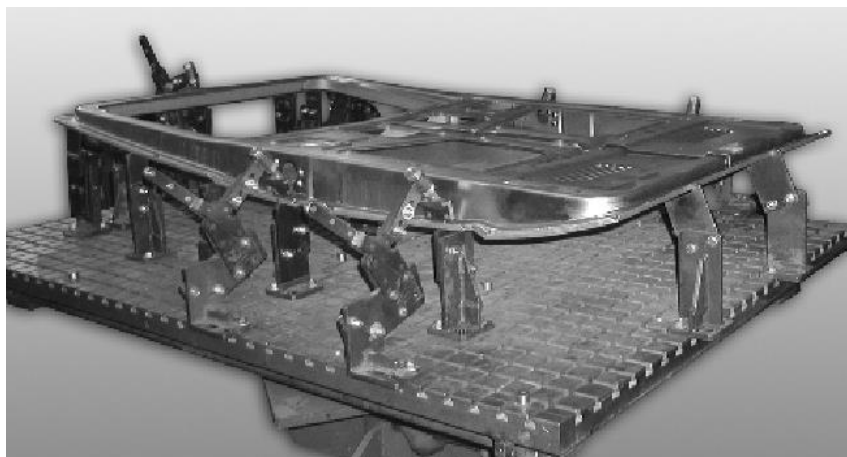
Слика 4.3 Елементи склопа крова кабине камиона



Слика 4.4 *Елементи склопа степеница кабине камиона*



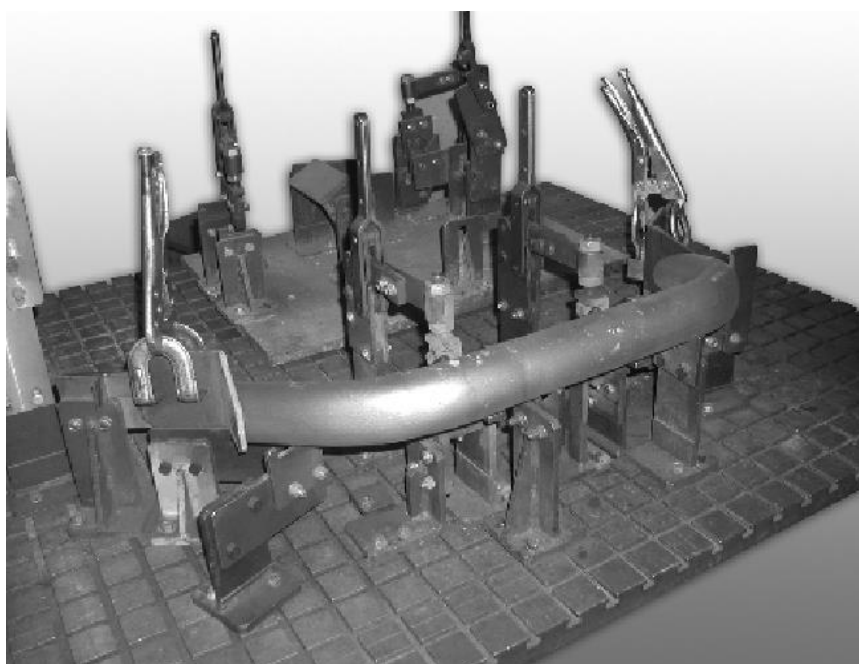
Слика 4.5 *Елементи склопа бочне стране кабине камиона*



Слика 4.6 *Елементи склопа врата камиона*



Слика 4.7 Елементи склопа врата камиона



Слика 4.8 Елемент конструкције рама камиона

Пројектовање је остварено преко система елемената чија конструктивна решења омогућавају потпуно покривање простора изнад површине радног стола, комбинујући њихову међусобну упаривост и могућност подешавања међусобног положаја елемената и могућност подешавања положаја формираног склопа на површини стола захваљујући урезаним Т-жлебовима.

Основни елементи система, урађени према критеријумима који постављају теоријски принципи покривања простора, омогућују да се оствари потпуно покривање простора по површини стола и по висини до оног опсега, који је усвојен за висину основних заварених склопова и основних носећих плоча. То уствари значи да ће моћи да се оствари практично неограничен број комбинација реперних и стезних група у опсегу који сами одређујемо габаритима радног стола и основних елемената флексибилног система.

Склопови већих димензија

За израду великих сложених просторних форми развијена је посебна конструкција Флексибилног прибора за велике сложене просторне форме. Конструктивно решење се базира на на концепту модуларне решеткасте платформе, која је еквивалент радног стола са Т-жлебовима и коришћењу стандардних елемената посебно дизајнираних за израду великих склопова. Модули решеткасте платформе су дизајнирани тако да омогућавају међусобно комбиновање ради добијања конфигурације ”радног стола” која је оптимална основа за постављање конфигурације прибора за израду релевантног склопа. Планарност површине решеткасте модуларне платформе се постиже преко специјалних носача.

Специјално дизајнирани стандардни елементи омогућавају постављање конфигурације која може да прихвати веома велике елементе склопова који се израђују на овом флексибилном прибору. Прибор је реализован, као и претходни у Застава камионима у оквиру иновационог пројекта који је финансиран од Министарства науке Републике Србије.

На наредним сликама 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 су приказани примери практичне примене флексибилног алата при изради каросеријских склопова већих димензија намењених за камион.



Слика 4.9 Пример примене флексибилног стезног прибора за предмете обраде великих димензија



Слика 4.10 *Пример стезања предмета обраде*



Слика 4.11 *Пример фиксирања предмета обраде у процесу спајања*



Слика 4.12 *Пример дела позиционираног предмета обраде*

5. Принцип избора система флексибилног прибора за стезање

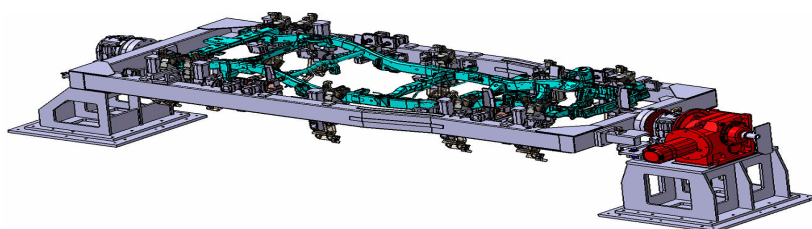
Процес производње, као што је раније наведено, јесте комплексан процес састављен од материјалних чинилаца повезаних узрочно-последичним везама. Чиниоци овог процеса су елементи обрадног система алат - машина - предмет обраде - стезни прибор. Због природе оптерећења којим је предмет обраде изложен, стезни прибор треба разматрати, не као статички, већ насупрот томе као елемент сложеног динамичког система. С тим у вези, стезни прибор представља засебну конструкцију која треба да задовољи задате функције циља при дејству сложених динамичких оптерећења и других утицаја.

При пројектовању стезног прибора треба узети у обзир основне принципе пројектовања од којих се могу издвојити следећи:

- функционалност,
- поузданост,
- технологичност израде,
- економичност и
- лакоћа опслуживања.

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

Дакле, током процеса пројектовања односно избора флексибиног прибора (Слика 5.1), потребно је да конструктор, односно технолог у координацији предвиде сва критична места на којима ће доћи до највећих напрезања и оптерећења. Најчешће су то проста напрезања предмета обраде, односно савијања услед радијалних сила, истезања услед аксијалних оптерећења, али се могу јавити и сложена термо-динамичка напрезања током процеса заваривања, лемљења или лепљења. Таква термо-динамичка напрезања често се не могу математички предвидети што додатно отежава процес избора стезног прибора. У оваквим ситуацијама технологи се најчешће ослањају на искуство. Дакле први скуп утицаја планирања и избора флексибилног стезног прибора јесте у функцији предмет обраде – технологија обраде [5].



Слика 5.1 Пример пројектовања позиција стезног прибора у софтверу

Заштита на раду такође представља значајну улогу у току самог избора модуларног прибора за стезање. Сама конструкција прибора пре свега, ни у једном тренутку током процеса рада на предмету обраде мора остати непомична и не сме угрозити безбедност оператера. Такође предмет обраде током обрадних процеса не сме да се одвоји, односно да промени координате које су предвиђене током пројектовања, односно фиксиране стезним прибором током обраде. Уколико до овога дође избор односно план стезања сматрао би се неуспешним, а последице по оператера могле би да буду фаталне.

У погледу предмета обраде треба истаћи захтеве по питању одређених кота, толеранција и квалитета обрађене површине (Слика 5.2), што је дефинисано конструктивним цртежом дела односно операционом листом у технолошком поступку израде дела. Конструктивна и технолошка документација, по правилу, садржи све релевантне податке потребне за конципирање и разраду помоћног прибора (коте, толеранције, режиме обраде на основу којих се могу одредити силе резања, полазни облик полуфабриката, обим производње и слично).



Слика 5.2 *Пример стезања предмета обраде*

Наведене информације служе као полазна основа која дефинише задатак пројектанту помоћног прибора. Уважавајући наведене информације, по приоритетима, пројектант конципира идејно решење помоћног прибора, врши одређене прорачуне (прорачун грешака базирања и стезања, укупне грешке израде, прорачун потребне силе стезања и др.) и приступа разради конструктивне документације.

Да би основни принципи конструисања били задовољени, свака конструкција стезних прибора мора се анализирати са аспекта:

- шеме базирања,
- грешака израде дела,
- анализа сила и
- материјала [6].

6. Примери постојећих флексибилних стезних прибора

Убрзаним повећањем захтева за производима сложених површина, индуковаа је потреба за развојем модуларних стезних прибора. Основни разлог јесте једноставна и брза адаптација прибора за нове производе. Гарнитуре елемената прибора дизајнирају се у широким спектром димензија и облика и њихово компоновање треба да пружи различита решења склопова прибора, зависно од облика и димензија делова које треба позиционирати и стезати.

Комплексност задатка стезања елемената сложених површина наметнула је потребу за израдом база података флексибилних стезних прибора у електронском облику. На основу ових података врши се пројектовање склопова модулних стезних прибора (Слика 6.1). Тиме је омогућено брзо и квалитетно добијање већег броја варијантних решења и избор најповољнијег. Каталогизација елемената прибора у електронском облику садрже 3Д моделе елемената и могуће их је користити у готово свим софтверима за графичко моделирање.



Слика 6.1 Пример конструкције стезног прибора за стезање предмета сложених површина

У свету постоје многе фирме које производе елементе и гарнитуре модуларних стезних прибора различитих намена. Неки од водећих светских произвођача стезних прибора у области обраде метала резањем су:

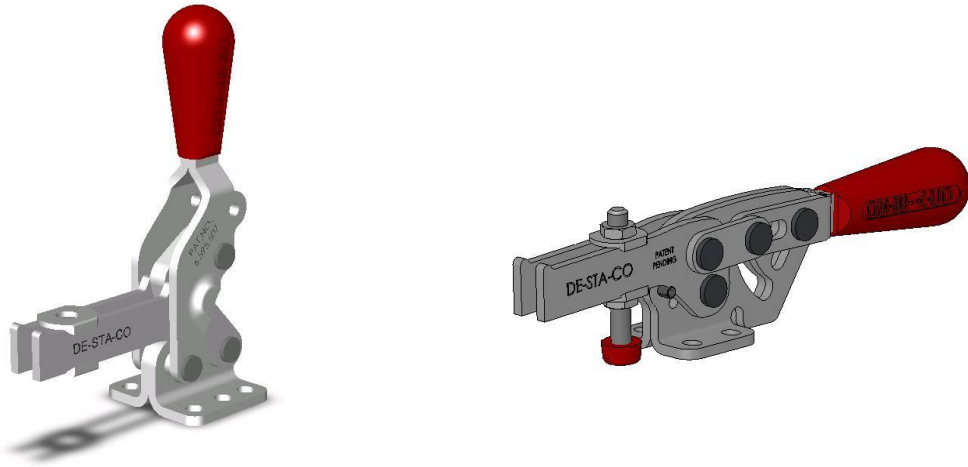
- Kipp, Немачка
- Halder, Немачка
- Leave Industrial, Кина
- Carr Lane Manufacturing, САД
- Bluco Corporation, САД

6.1 Пример флексибилног стезног прибора компаније *DESTACO*

Елементи немачког произвођача *DESTACO* су намењени за стезање предмета у веома различитим технологијама спајања или обраде како металних делова (заваривањем, лемљењем, лепљењем и вијчаним везама) тако и неметалних делова (дрво, пластичне масе, керамика, стакло и др.). Ови елементи обезбеђују позиционирање и стезање скоро сваког облика предмета обраде. Стезни елементи се могу поделити у основне групе и то:

- ручни стезни системи,
- пнеуматски стезни системи и
- хидраулични стезни системи.

Ручни стезни системи се заснивају на систему полуге, омогућавају велику силу стезања и онемугућавају отварање услед сила стезања. У оквиру ручних стега постоје стеге са вертикалном ручицом у затвореном положају (слика 6.2 лево), хоризонталном ручицом у затвореном положају (слика 6.2 десно), стеге са праволинијским деловањем (слика 6.3).

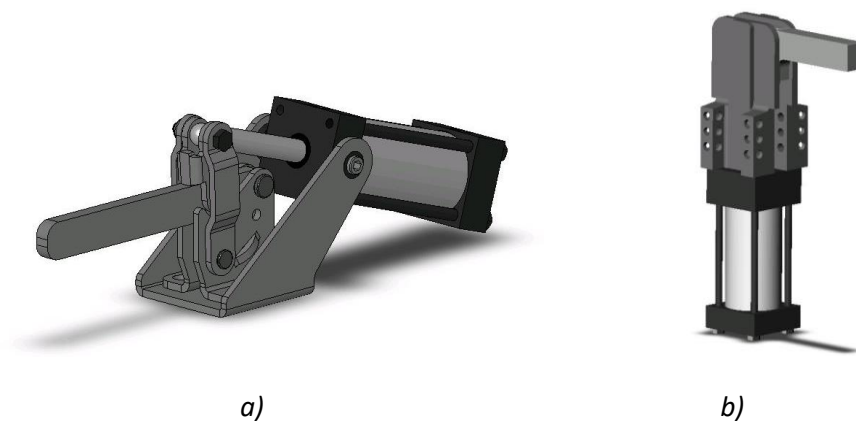


Слика 6.2 Стеге са вертикалном(лево) и хоризонталном(десно) ручицом у затвореном положају



Слика 6.3 Стеге са праволинијским деловањем

Пнеуматски и хидраулични (Слика 6.4) стезни системи раде на истом принципу као и ручни само што у овом случају ручице покреће пнеуматски или хидраулични систем. Ови системи су погодни за аутоматизацију тако да се са једног места може управљати свим ручицама истовремено. Ове ручице такође пружају константну силу стезања (која се може подешавати) што је јако значајно код израде или контроле делова са веома уских толеранција.



Слика 6.4 Пнеуматски и хидраулични стезни системи

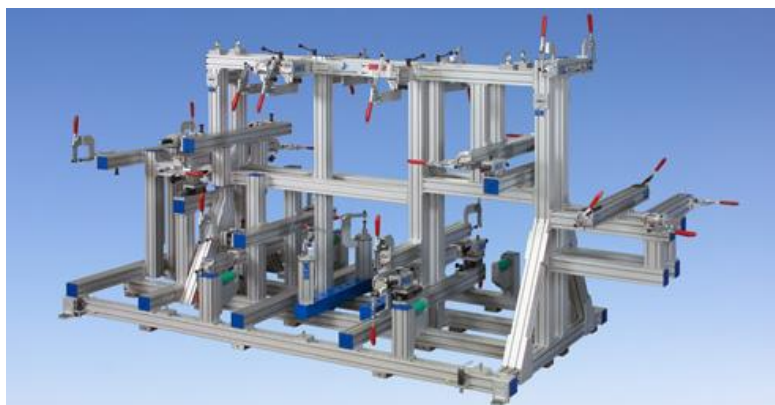
6.2 Пример флексибилног стезног прибора компаније *JUNKERS-PARTNER*

Комплетна гарнитуре елемената немачког произвођача *JUNKERS-PARTNER* може да обезбеди стезање и позиционирање за скоро сваки облик предмета обраде намењеног за мерење и контролу. Гарнитуре прибора могу бити конципирана на два начина:

- системи са радним столом са отворима (ређе жлебовима) и
- системи са решеткастом структуром од специјалних профила са Т-жлебовима.

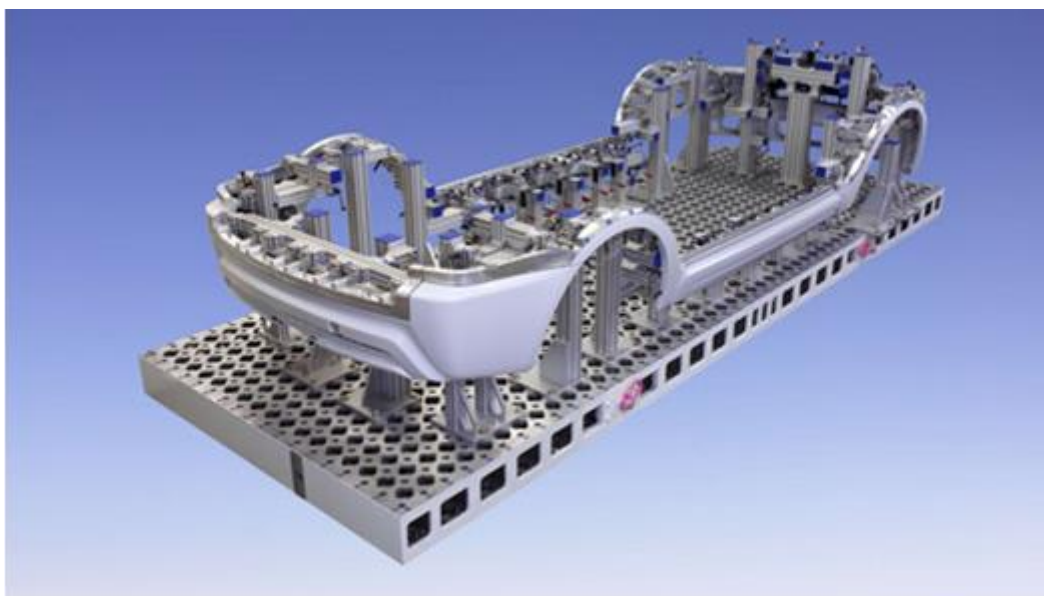
У наредном делу рада приказани су различити примери модуларних прибора ове фирме.

СМФ систем се састоји од попречних и уздужних специјалних профилних носача на које се постављају елементи за позиционирање, ослањање и стезање (слика 6.5).



Слика 6.5 Склоп флексибилног стезног прибора фирме *JUNKERS-PARTNER*

CMS систем је заснован на основној базној плочи која може бити са жлебовима или отворима на коју се постављају носачи са елементима за позиционирање, ослањање и стезање.



Слика 6.6 Примери примене ЦМС система

СМХ систем је заснован на решеткистој просторној форми на коју су постављени носачи и елементи за позиционирање, ослањање и стезање.



Слика 6.7 Примена СМХ система

7. Пример пројектовања флексибилног стезног прибора за стезање елемената склопова сложених површина израђених током практичне наставе

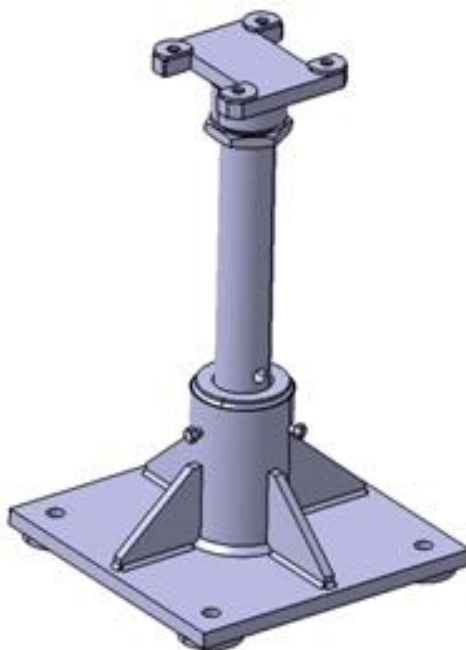
Циљ практичне наставе пројектовања и израде конструкција флексибилних стезних прибора за стезање елемената склопова сложених површина јесте да се студенти обуче за избор техника монтаже на практичном примеру. Такође циљ је и да се студенти оспособе да испројектују дате конструкције у софтверима за моделирање.

Студенти стичу осећај за реално окружење и развијају елементарно знање о оптимизацији процеса, тиме што испројектовани систем фиксирања елемената сами израђују. Радом на конструкцији студенти се упознају са својим грешкама током пројектовања и тиме практично уче разлику између простора у софтверима за моделирање и ситуацијама и тешкоћама које се јављају током практичне примене пројектоване конструкције модуларног стезног прибора.

За практичну наставу користи се патент *Модуларни стезни прибор за стезање сложених просторних форми* М. Капларевића, који је једноставан за примену и квалитетно средство за употребу.

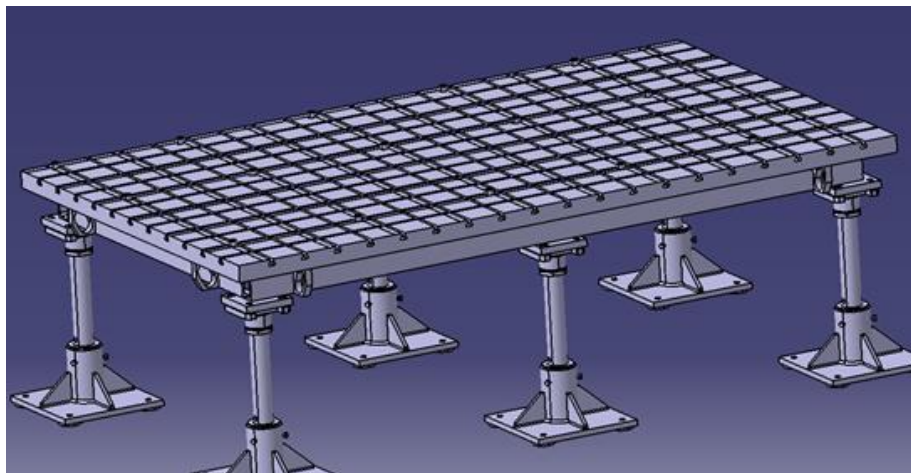
Базне елементе овог комплета чине:

- стопа стезног прибора великог система (Слика 7.1) - чија је улога да омогући подешавање висине радног стола или решеткасте платформе и



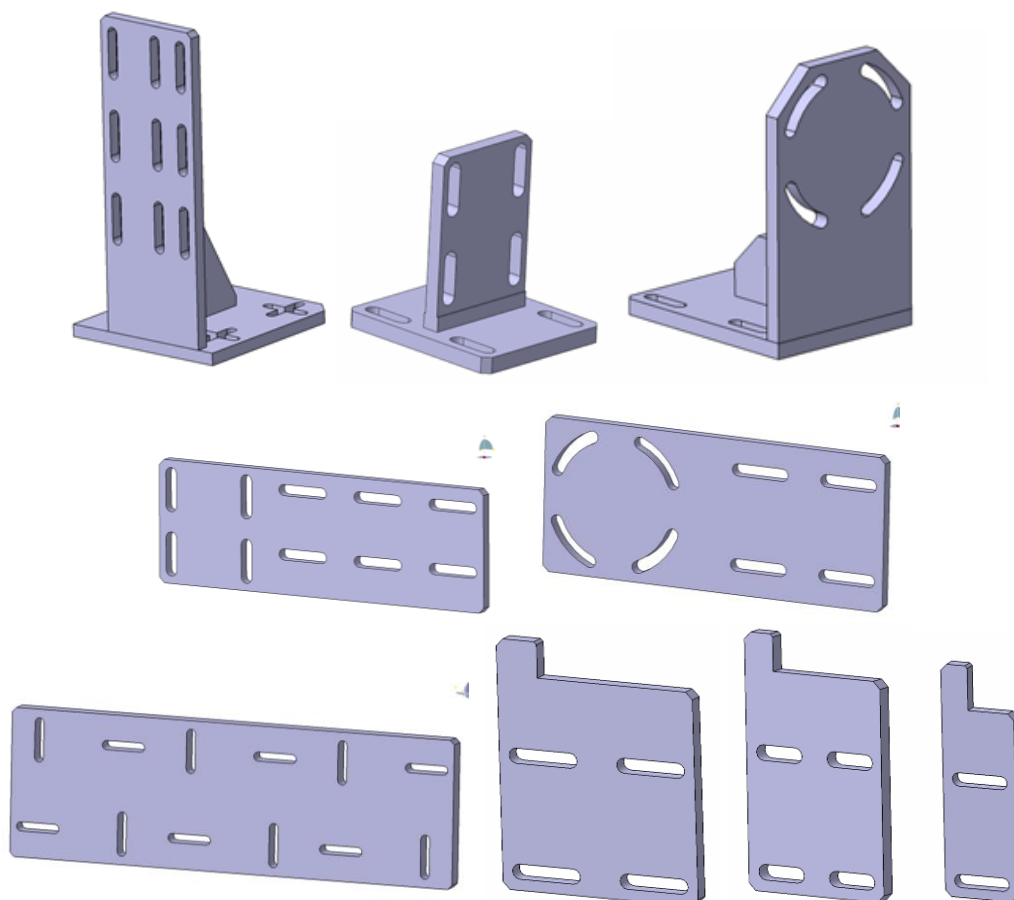
Слика 7.1 Стопа стезног прибора

- радни сто флексибилног прибора - представља челичну плочу димензија 2000 x 1250 x 50 mm. Овај сто садржи Т - жлебове помоћу којих се фиксирају остали елементи прибора (слика 2). Сто може да се монтира настоје, или на обртни сто.



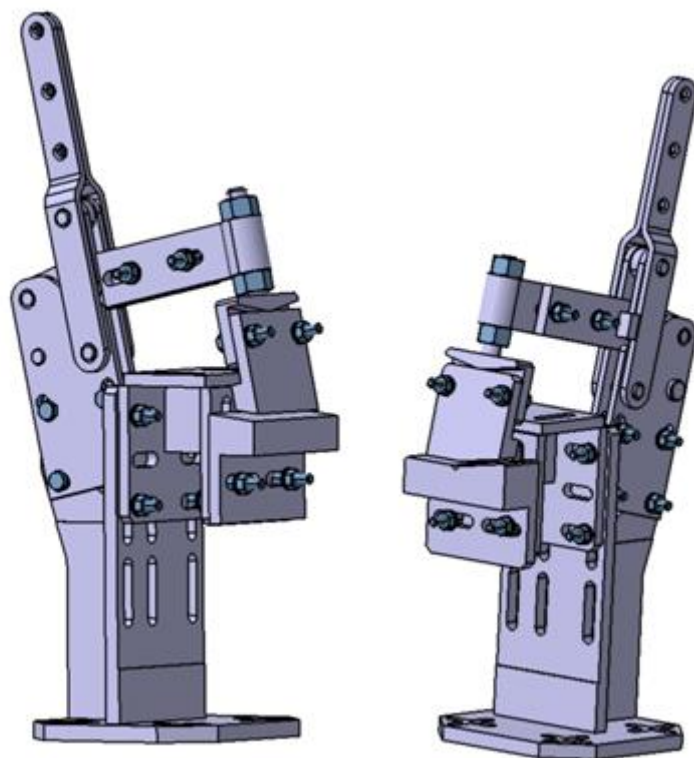
Слика 7.2 Сто стезног прибора

Носећи елементи, елементи за ослањање, позиционирање и повезивање - представљају најбројнију групу елемената различитих типова и функција. Њиховом комбинацијом може се постићи готово неограничен број начина позиционирања предмета који се обрађује.



Слика 7.3 Носећи елементи и елементи за позиционирање

Групни елементи за стезање флексибилних система - углавном су конципирани на принципу полуге, тако да се брзим и једноставним покретима примењује велика сила стезања. Ови елементи могу се користити како за стезање тако и за ограничавање положаја предмета.



Слика 7.4 Групни елементи за стезање

7.1 Кораци пројектовања и израде система за фиксирање

Први корак јесте одабир постојећих предмета обраде од којих студенти израђују склоп сложене просторне форме. Након тога суштина практичне примене јесте да се елементи позиционирају на базном елементу тако, да њихов положај остане непомичан, што се реализује помоћу стезног прибора.

Циљ јесте да се током компоновања елемената у конструкцију која фиксира склоп, студенти упонају са важношћу коришћења што једноставнијих решења која ће задовољити све технолошке и динамичке захтеве.

Након утврђивања система за стезање и његове израде на базном столу, спроводи се контрола успешности реализације процеса. Контрола се врши тако што се предмет обраде уклони са позиције стезања и након тога врати, проверавајући одступања од почетног положаја. Уколико се контролом утврди да је стезање задовољило захтеве прелази се на наредни корак.

У програму *Catia* студенти на основу одрађеног плана стезања пројектују систем за стезање у размери 1:1. Успешност овог задатка може се утврдити једноставним упоређивањем димензија и координата физичког модела са тродимензионалним моделом.

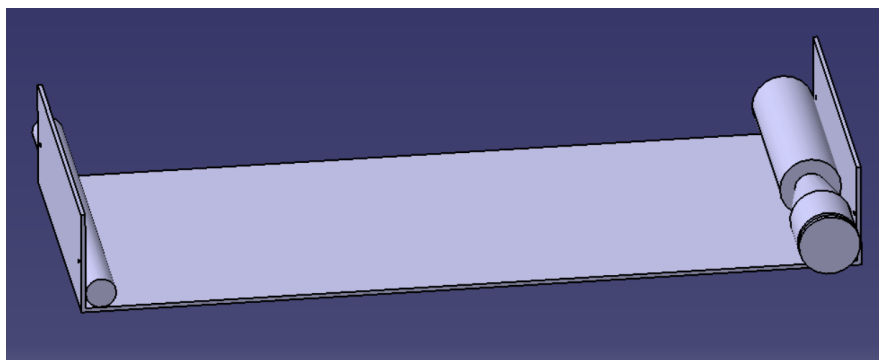
7.2 Примери радова

Наредне слике приказиваће практичне примере стезања сложених просторних форми, израђених током практичне наставе. Приказиваће се елементи у следећем редоследу:

- склопни тродимензионални модел у софтверу *Catia* из више позиција,
- приказ позиција конструкције модуларног стезног прибора у софтверу *Catia*,
- коначни приказ плана стезања и склопа у софтверу *Catia*,
- израђен модел.

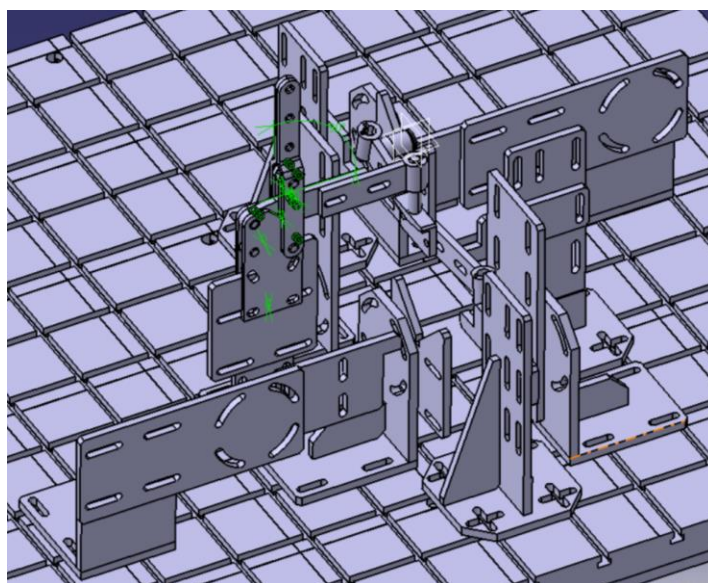
Пример број 1

Склоп се састоји од лима са савијеним крајевима (димензија $200 \times 500 \times 40 \text{ mm}$) и два цилиндрична облика, од којих један има константан попречни пресек док други није (Слика 7.5).



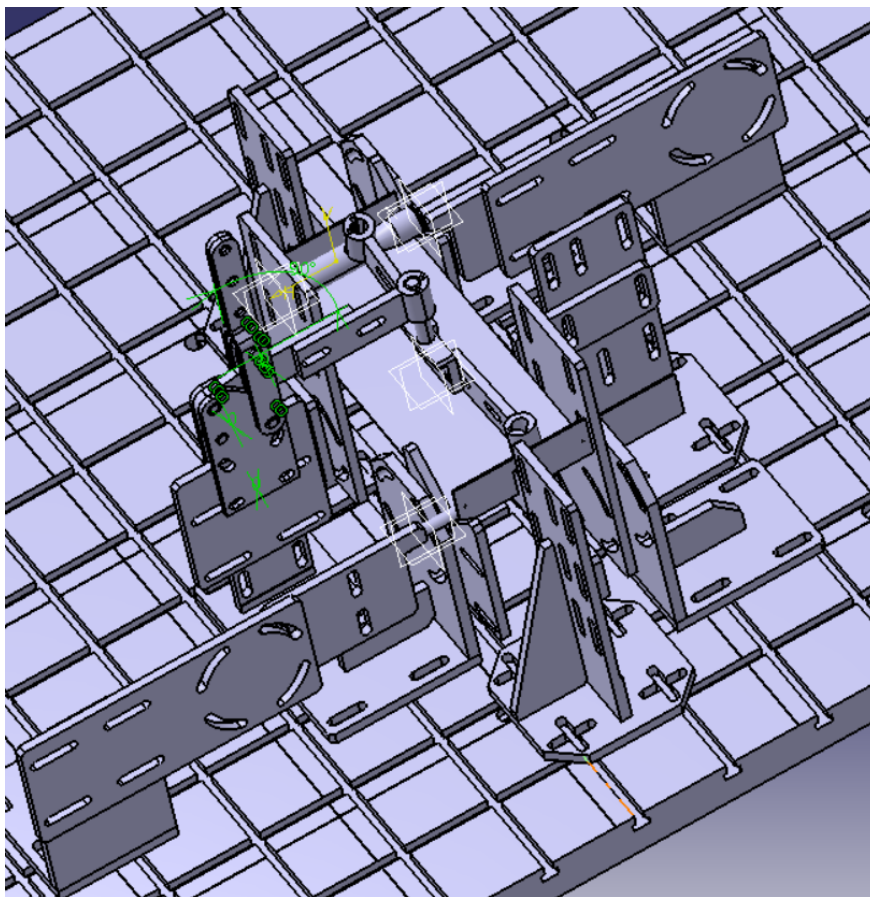
Слика 7.5 Склопни модел

На слици 7.6 приказан је систем стезног прибора помоћу елемената за позиционирање, локацију, док се стезање врши стезним шапама и додатним локационим елементима за причвршћивање лима.



Слика 7.6 Модел система за позиционирање

На слици 7.7 приказан је склоп стегнут у датом положају у софтверу, док је на слици 7.8 приказан израђени пример.



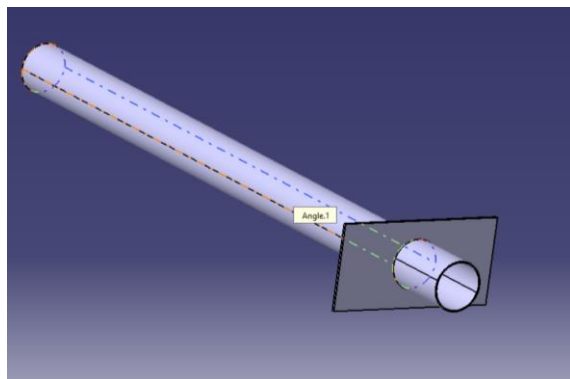
Слика 7.7 Склопни модел са системом за стезање



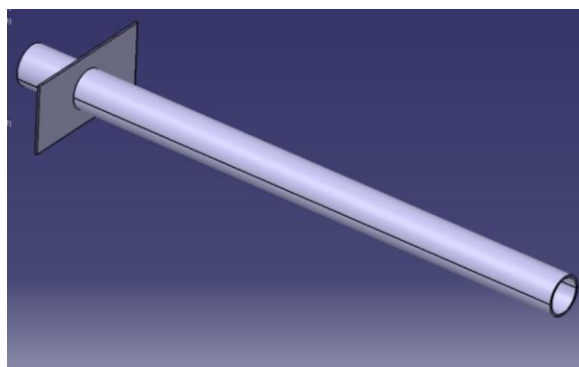
Слика 7.8 Израђени модел

Пример број 2

Модел приказан на слици 7.9 и 7.10 састоји се из лима димензија $100 \times 50 \text{ mm}$ и од две саосне цеви константног попречног пресека.

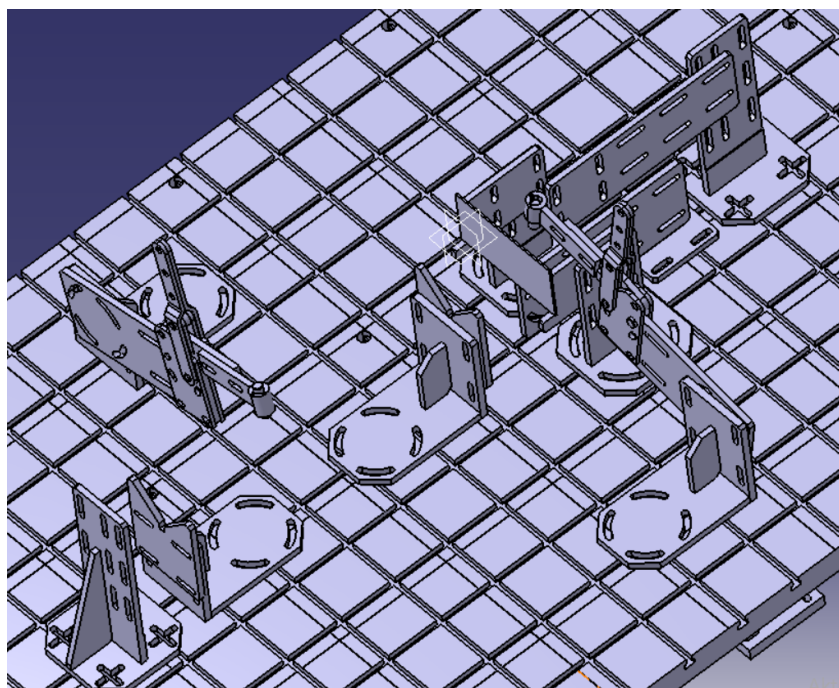


Слика 7.9 Склоп



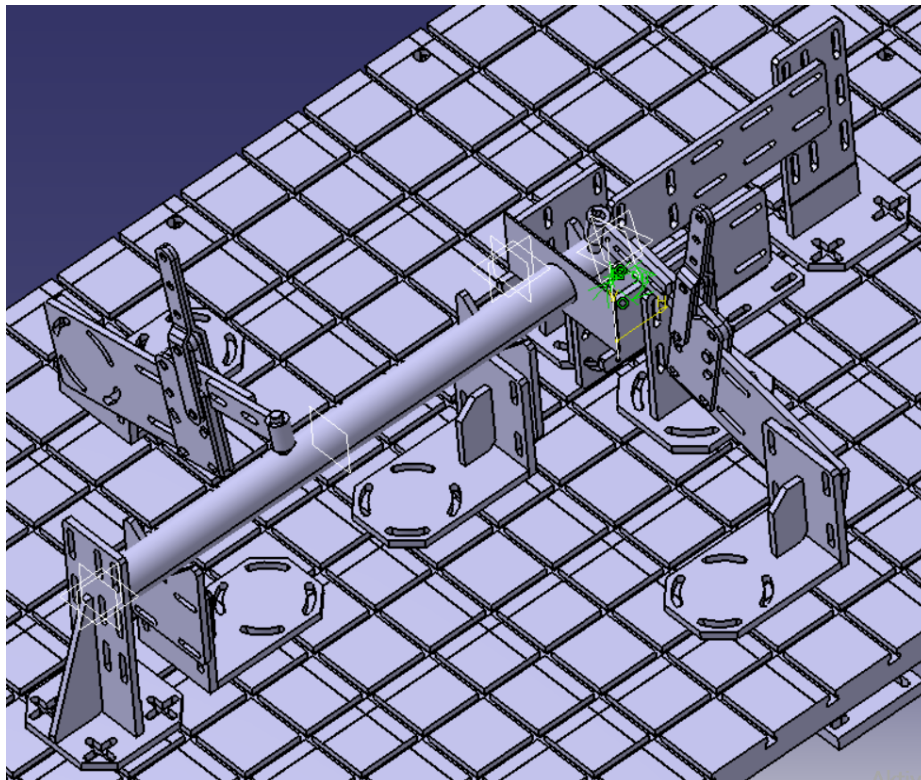
Слика 7.10 Склоп

На слици 7.11 приказан је план система за стезање датог модела, на коме се види да је потребна саосност склопа израђена помоћу елемената за лоцирање у две тачке, како би се цилиндрични елементи једноставно монтирали у склопу.



Слика 7.11 План стезања

На сликама 7.12 и 7.13 приказани су модели у софтверу и модели у материјалном облику.



Слика 7.12 Модел у софтверу



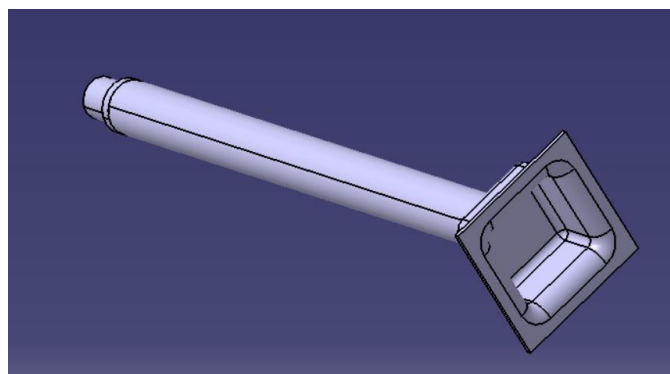
Слика 7.13 Модел у материјалном облику

Пример број 3

Пример приказан на сликама 7.14 и 7.15 састоји се из три елемента, два цилиндрична од чега су оба константних попречних пресека али различитих дужина и једног кутијастог елемента.

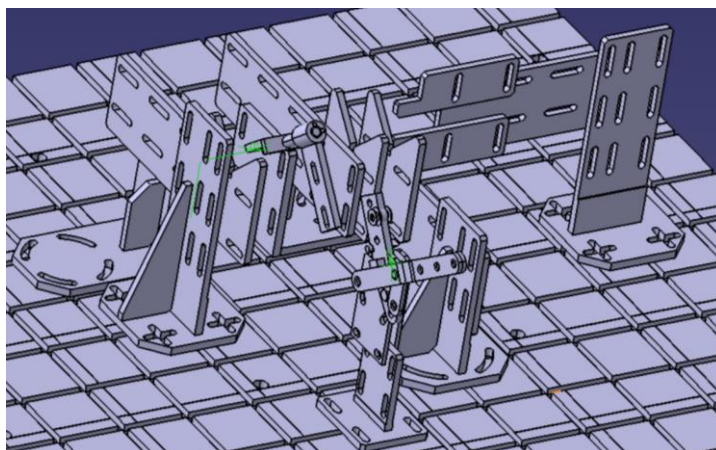


Слика 7.14 Склопни модел



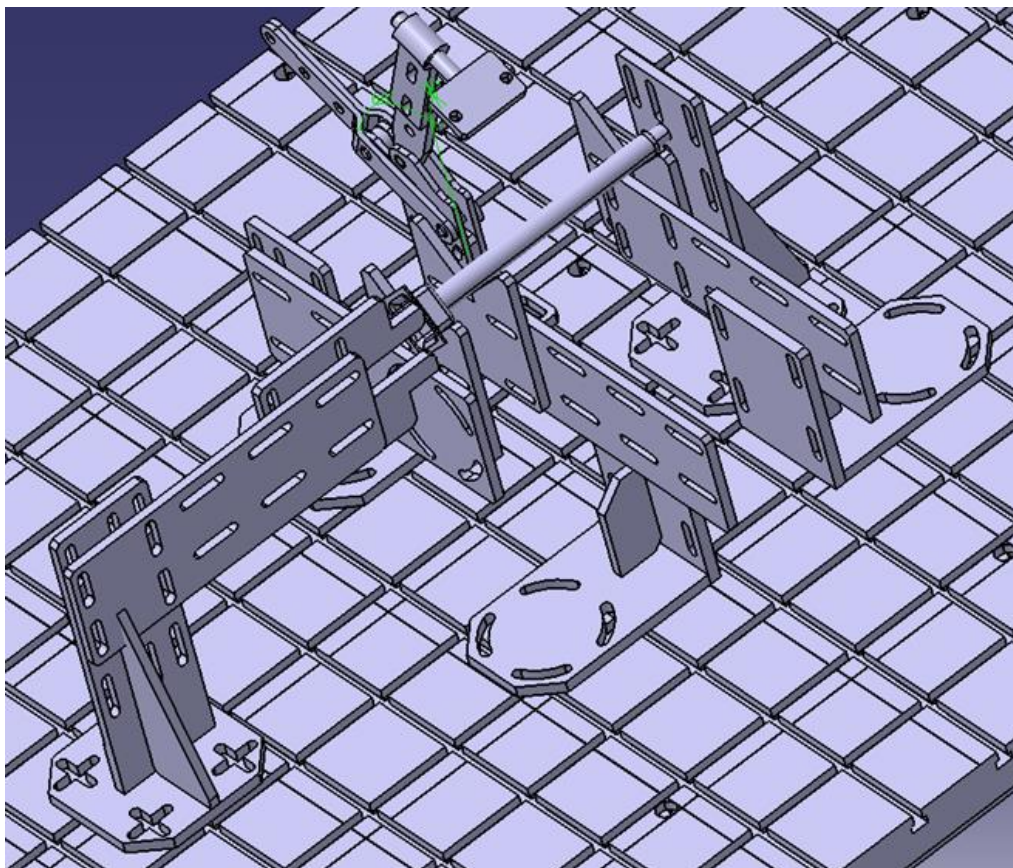
Слика 7.15 Склопни модел

Како би се обезбедила саосност цилиндричних елемената, коришћени су елементи за локацију са двоструким контактом склопних елемената. Такође су коришћени и елементи за позиционирање и стезање шапом.



Слика 7.16 План стезања

На сликама 7.17 и 7.18 приказани су завршни модели израђени у радионици и у софтверу.



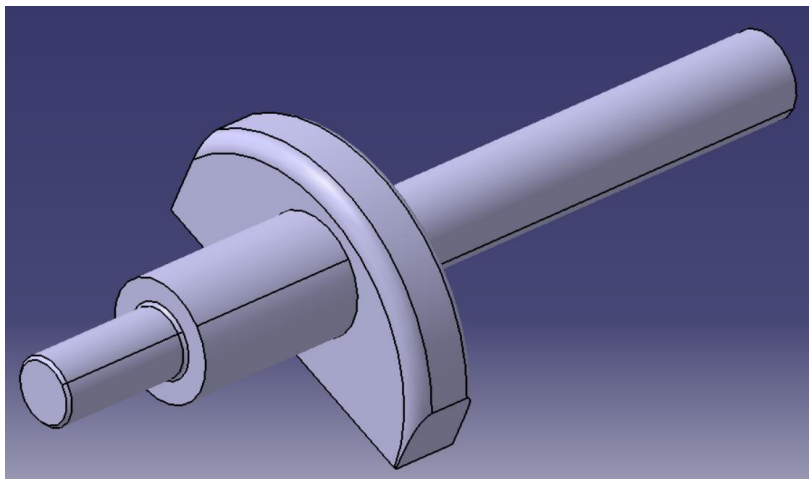
Слика 7.17 *Готов модел у софтверу*



Слика 7.18 *Готов модел у материјалном облику*

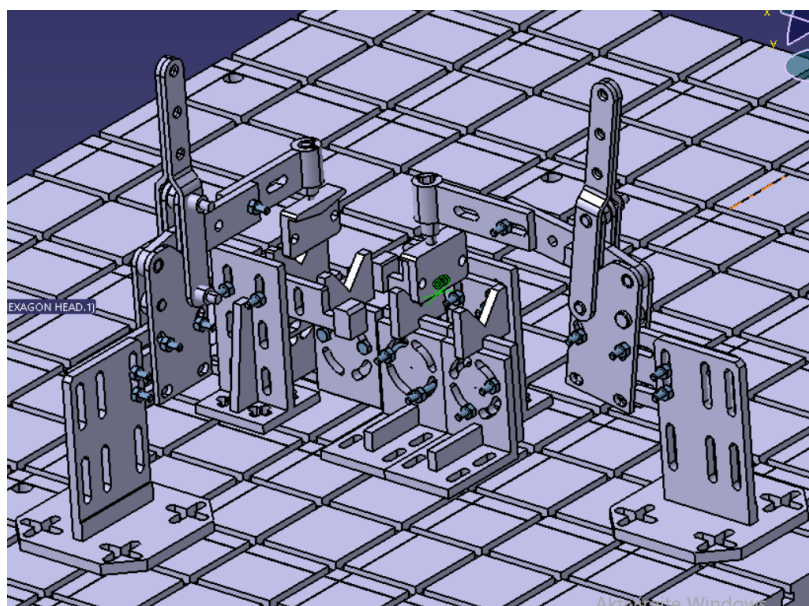
Пример број 4

Модел склопа приказан на слици 7.19 састављен је од исеченог диска дебљине 15mm и дужине најдуже стране 50mm , цилиндричног облика константног попречног пресека и цилиндричног елемента са различитим попречним пресецима.



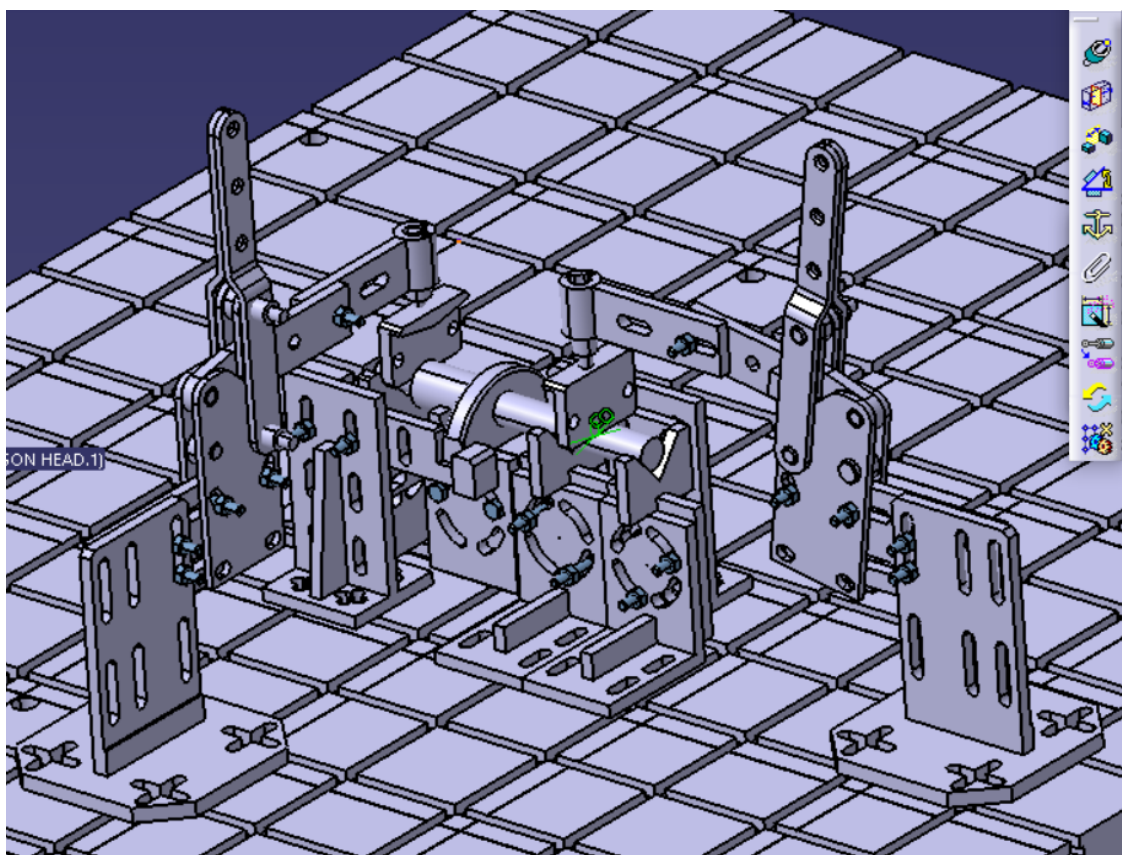
Слика 7.19 Склоп

Како би у се у процесу монтаже обезбедила саосност елемената коришћени су елементи за локацију у две тачке. Док су за позиционирање средишњег елемента коришћени прибори специјално израђени за фиксирање призматичних делова (Слика 7.20).

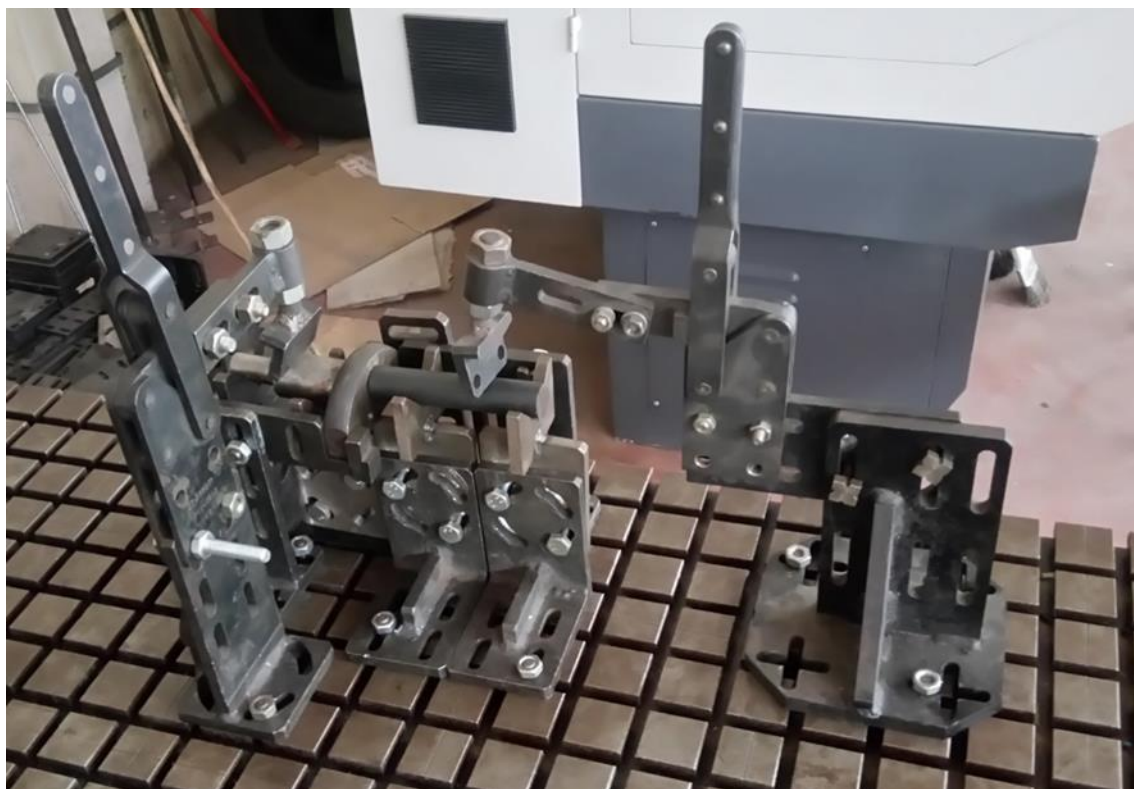


Слика 7.20 План стезања

На сликама 7.21 и 7.22 приказани су модели израђени у софтверу и израђени у машинској радионици.



Слика 7.21 Коначан модел у софтверу

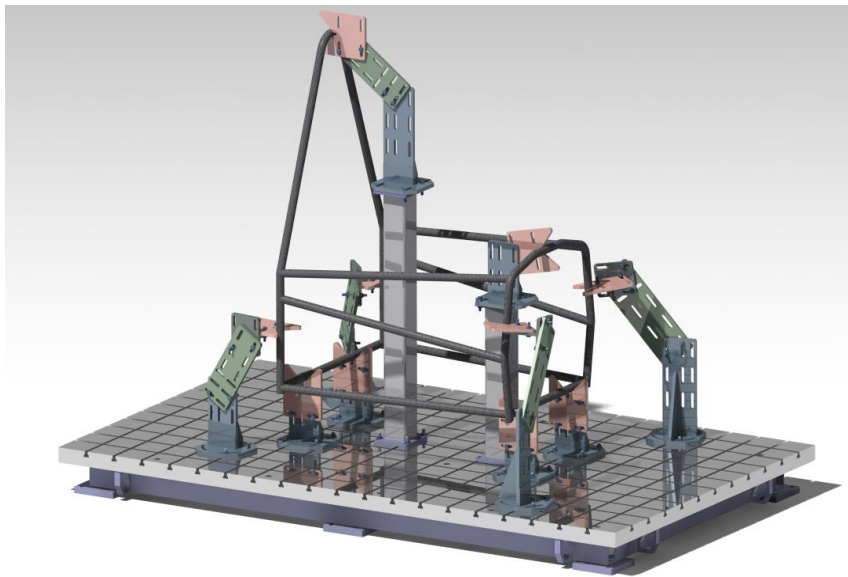


Слика 7.22 Израђени модел

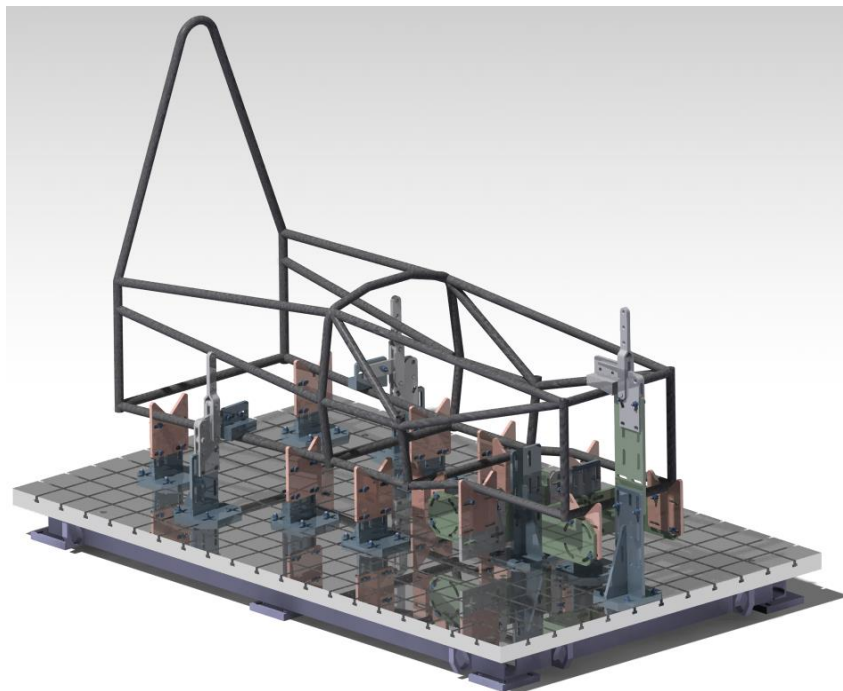
7.3 Пример примене флексибилног стезног прибора за израду рама Студентске формуле „Застава 18“

У модулу *Assembly* програмског пакета *Catia* врши се позиционирање цеви које треба да буду заварене при чему се поштују принципи базирања како би се постигло што стабилније фиксирање.

За ову намену користи се каталог геометријских модела (3Д модела) који је добијен заједно са стезним прибором. За сваки елемент стезног прибора постоји геометријски модел са ознаком и подацима о бројном стању тог елемента. На сликама 7.24 и 7.25 приказано је како је, у две фазе, извршено планирање стежања конструкције.



Слика 7.24 План стежања дела рама



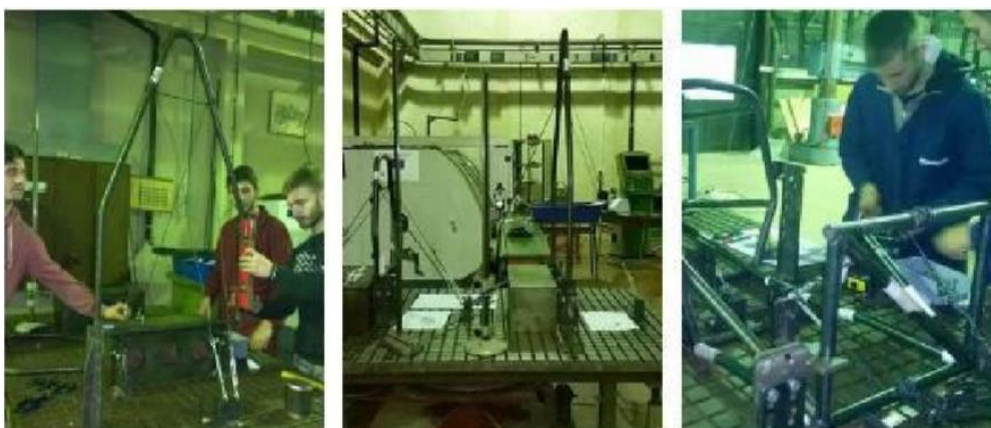
Слика 7.25 План стежања рама

На овај начин брзо се може направити план стезања конструкције на основу модела који се може проверити из свих углова у програму. Такође, на основу каталога и бројног стања инжењер унапред зна са којим елементима и у коликом броју располаже [3].

Након планирања, извршено је пози-ционирање, фиксирање цеви и заваривање рама, и то из две фазе - заваривање кокпита, па заваривање предњег дела (слике 7.26 и 7.27).



Слика 7.26 Заваривање дела рама



Слика 7.27 Заварени рам



Слика 7.28 Процес монтаже

8. Закључак

Све интензивнији развој индустрије, потреба за брзим изменама и освајања производње нових производа утичу на развој флексибилних стезних прибора. Пројектовање и израда прибора за стезање код производње делова технологијама спајања ипак наилази на проблеме који се пре свега односе на трошкове пројектовања прибора и дуг период времена од пројектовања до израде прибора, односно почетка производње.

Последњих година родила се идеја да се формира систем који би се састојао из већег броја стандардизованих и типизираних елемената и који би омогућио да се за кратко време, за било који вид обраде, формира прибор за базирање и стезање. Након завршетка израде, прибор се може расклопити и коришћени елементи се могу уврстити у неки други прибор за базирање и стезање неког другог предмета обраде.

Скупови флексибилних стезних прибора у зависности од величине делова, могу бити конципирана на два начина: системи са радним столом са отворима (ређе жлебовима) и системи са решеткастом структуром од специјалних профила са Т жлебовима.

Приликом обраде заваривањем, спајањем и обраде метала машинирањем, прибор за стезање делова мора испунити одређене захтеве како би се обезбедили квалитетни склопови:

- положај елемената који се спајају или обрађују бира се тако да омогући довољно простора за постављање ослоних плоча стезних ручица,
- треба водити рачуна да се уз помоћ елемената прибора омогући тачно позиционирање и стезање елемената који се обрађују или спајају,
- обезбедити слободан приступ елементима за заваривање или другим приборима,
- омогућити лако улагање и вађење заварених или обрађених склопова.

Висока цена једног комплета модулног стезног прибора настаје због коришћења скувих, а пре свега материјала високог квалитета, сложеног процеса израде елемената и наравно, због великог броја елемената који садржи један комплет. Велики број елемената је потребан из разлога што се тиме постиже и велика флексибилност. Један флексибилни стезни прибор са комплетном гарнитуром елемената задовољава све постављене захтеве са конструктивног и технолошко-економског аспекта и омогућава задовољење основног циља без кога не би ни постојао, односно смањења јединичних трошкова производне операција, производа и производње уопште.

Због свега наведеног намеће се закључак да флексибилни модуларни систем коришћен за стезање сложених просторних форми, повећава ефективност производње. Другим речима речено, повећава удео цене производа који је купац спреман да плати, садржан у тржишној цени производа.

9. Литература

- [1] М.Милошевић, Т. Стојиљковић, М. Сибиновић, „Савремена аутоиндустрија и неопходност испуњавања најстрожијих захтева купаца“ научни рад, Универзитет у Нишу, 2015
- [2] Рајковић А., Могућности примене модуларног стезног прибора у аутомобилској индустрији – Завршни рад, Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2017.
- [3] Nedić B., Dimitrijević B., „*The use of modular fixturing elements for the purpose of manufacturing formula student chassis*” ,International quality conference, June 2015.
- [4] Недић Б., Лазих М., Производне технологије – Обрада метала резањем скрипта, Машински факултет, Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2007.
- [5] Yiming R., Xiaoxiang Z., *COMPUTER AIDED FIXTURE DESIGN*, Marcel Decer, New York, 1999.
- [6] J R Dai , A Y C Nee , J Y H Fuh, A Senthil, *An approach to automating modular fixture design and assembly*, Department of Mechanical and Production Engineering, National University of Singapore, Singapore, 1997.
- [7] Сајт Carr Lane Manufacturing, www.carrlane.com, приступљено октобар 2018.
- [8] Sela, M.N., Gaudry, O., Dombre, E., Benhabib, B., *A Reconfigurable Modular Fixturing system for Thin – Walled Flexible Objects*, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto, Торонто, 1996.
- [9] Пајић Д., Конструкција и примена стезних алата, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- [10] A. Senthil, J.Y.H. Fuh, T.S. Kow, *An automated design and assembly of interference-free modular fixture setup*, Department of Mechanical and Production Engineering, National University of Singapore, Singapore, 1999.
- [11] P. M. Grippo , B. S. Thompson a & M. V. Gandhi, *A review of flexible fixturing systems for computer integrated manufacturing*, Advanced Manufacturing Technologies Labortary, Industrial Technology Institute , Ann Arbor, Michigan, 48106, USA, 2007.
- [12] Bijan Shirinzadeh, *Flexible fixturing for workpiece positioning and constraining*, Dept. Mechanical Engineering, Monash University, Victoria, Australia, 2002.
- [13] Serbia.Sagal, L., Romanescu, C., Gojinetchi, N., *Aplicattion of Modular Fixturig for FMS*, Universitatea Tehnica, Gh. Asachi, Iasi, Tomul XLVII (LI), Supliment, 2001.
- [14] Капларевић, М., *Модуларни флексибилни прибор за стезање сложених просторних форми*, Патентна пријава П-599/98, Београд, 1998.

[15] Сajt *Hardige*, www.hardinge.com, приступљен октобар 2018

[16] Сajt *Rovi products*, www.roviproducts.com , приступљен октобар 2018

[17] Сajt *Micro Centric*, www.microcentric.com, приступљен октобар 2018