

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Савремени обрадни системи

Број индекса: 350/2012

Александар В. Томић

**Израда и монтажа сложених просторних делова
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру мастер рада кандидат треба да размотри процесе сечења делова ласером и њихове монтаже при изради склопова великих димензија. У оквиру рада такође представити процес монтаже, технологије монтаже, технолошке системе монтаже и основне концепције монтаже са освртом на непроточну монтажу. Посебну пажњу посветити значају и могућностима примене флексибилних стезних прибора при изради сложених просторних делова. Кандидат на крају рада треба извршити моделирање једног склопа при чијој изради заваривањем треба користити претходно описани флексибилни стезни прибор.

Препоручена литература:

1. Лазић М, *Неконвенционални поступци обраде*, Научна књига, Београд, 1990.
2. Петровић П.В., *Технолошки систем за монтажу*, Технологије монтаже, Машински факултет у Београду, 2009.
3. Капларевић М., *Флексибилни стезни прибори*, Проспектна документација.

ментор:

др. Богдан Недић, редовни професор

Резиме рада:

Циљ мастер рада је дефинисање поступка израде сложених просторних делова применом технологија сечења ласером и монтаже и примене флексибилних стезних прибора. Посебан осврт дат је поступку сечења ласером и могућностима примене ласерске обраде у производњи. Описан је процес монтаже, технологије монтаже, технолошки системи монтаже, као и облици ораганизације система за монтажу. Дат је детаљан опис и значај развоја флексибилних стезних прибора као и могућност њихове примене при спајању делова заваривањем. Извршено је моделирање једног склопа и описан поступак моделирања флексибилног стезног прибора применом 3Д каталога делова прибора. Моделирани стезни прибор је намењен за позиционирање и стезање свих делова склопа приликом заваривања.

Кључне речи:

ласер, монтажа, флексибилни стезни прибор.

Summary of work:

The aim of the master thesis is to define the procedure for the preparation of complex spatial components by using a laser cutting technology and assembly and implementation of flexible clamping accessories. A special emphasis was given to the process of laser cutting and possibilities of applying laser processing to manufacturing. Described the process of assembling, assembly technologies, assembly technological systems and shapes organisation assembly systems. Provides a detailed description of the importance of the development of flexible rail equipment and the possibility of their application in connecting parts of welding. Performed the modeling of the assembly and describes the process of modeling a flexible clamping accessories using the 3D parts catalogs and accessories. Modeled compression fittings designed for positioning and clamping all parts of the assembly during welding.

Keywords:

laser, assembly, flexible clamping accessories.

Садржај:

1. Увод.....	1
2. Сечење ласером.....	3
2.1. Методе сечења ласером.....	5
2.2. Фактори процеса сечења ласером.....	5
2.3. Режији обраде.....	6
2.3.1. Снага ласера.....	6
2.3.2. Брзина сечења.....	6
2.3.3. Живна даљина сочива.....	7
2.3.4. Помоћни гас.....	7
2.3.5. Квалитет и тачност обраде.....	7
2.3.6. Примена ласерског сечења.....	8
2.4. Примена ласерске обраде у производњи.....	9
3. Процес монтаже.....	10
3.1. Појам процеса монтаже.....	11
3.2. Положај монтаже у укупном процесу производње.....	12
3.3. Величине које утичу на процес монтаже.....	13
3.4. Пројектовање производа за монтажу.....	14
3.4.1. Производ и његови саставни делови.....	14
3.4.2. Утицај конструкције производа на процес монтаже.....	16
3.4.2.1. Принцип рада система као основа за конструкцију производа.....	17
3.4.2.2. Уклапање елемената као основа за конструкцију производа.....	17
3.4.3. Смернице за пројектовање производа у циљу обезбеђење погодности за монтажу.....	19
3.5. Тачност поступка рада у монтажи.....	19
4. Технологије монтаже.....	22
4.1. Избор варијанте процеса монтаже.....	22
4.1.1. Структурирање производа.....	22
4.1.2. Анализа карактеристика производа.....	23
4.1.2.1. Анализа тачности производа.....	23
4.1.2.2. Анализа погодности производа за монтажу.....	24
4.1.2.3. Анализа врсте спојева.....	25
4.1.3. Избор варијанте процеса монтаже.....	26
4.2. Избор варијанте технолошког поступка монтаже.....	26
4.2.1. Одређивање броја и редоследа извођења захтева – мрежни дијаграм.....	27
4.2.2. Одређивање блокова према степену аутоматизације.....	28
4.2.3. Одређивање времена монтаже.....	29
4.2.4. Одређивање степена поделе рада и група захвата који се могу изводити на истом технолошком систему – операцији рада.....	30
4.2.5. Избор организационог облика и варијанте поступка монтаже.....	32

5. Технолошки системи монтаже.....	34
5.1. Ручно – механизовани технолошки систем.....	34
5.2. Програмабилни – роботизовани технолошки систем.....	36
5.3. Аутоматизовани технолошки систем.....	37
5.3.1. Основни модул.....	38
5.3.2. Наградни модул.....	38
5.4. Комплексни монтажни систем.....	39
5.4.1. Слободни трансфер систем.....	40
5.4.2. Кружне (роторске) аутоматске линије за монтажу.....	42
6. Концепције монтаже.....	44
6.1. Концепције мануелне монтаже.....	46
6.2. Концепције роботизоване монтаже.....	48
6.2.1. Роботизоване монтажне ћелије.....	48
6.2.2. Роботизоване монтажне линије.....	49
6.2.3. Просторне структуре са мобилним роботима.....	50
6.2.4. Анализа циклусног времена работа.....	51
7. Флексибилни прибори за израду сложених просторних делова.....	53
7.1. Флексибилни стезни прибори.....	53
7.2. Флексибилни стезни прибори за делова мањих димензија.....	54
7.3. Флексибилни стезни прибори за делове великих димензија.....	57
7.4. Пример флексибилних стезних прибора произвођача JUNKERS-PARTNER.....	59
7.5. 3D модели флексибилних прибора за израду сложених просторних делова.....	62
7.6. Каталог 3D модела елемената флексибилних прибора.....	68
8. Пример пројектовања флексибилног стезног прибора.....	72
9. Закључак.....	78
10. Литература.....	80

1. Увод

Савремена производња је захваљујући глобалној конкуренцији на домаћем и светском тржишту изложена интензивним притисцима за повећањем квалитета, смањењем времена израде, смањењем цене и флексибилним променама производног програма у циљу задовољења променљивих и све сложенијих захтева купаца. Повећана конкурентност допринела је потребом за обезбеђење високог нивоа квалитета производа, као једног од најважнијих захтева, што је директно повезано са увођењем нових технологија. Као једна од савремених технологија, ласерска обрада је брзо постала потреба у скоро свим производним индустријама. Од свих поступака ласерске обраде најраспрострањеније је ласерско сечење.

С обзиром да представља завршну фазу израде једног производа, монтаже је један од најзначајнијих делова производног система, у оквиру којег је уско, организацијски, повезана са многим процесима рада који јој претходе. Карактеристике монтаже битно утичу на сам процес производње, а самим тим и на предузеће као целину. Ово проистиче из тога да капацитет монтаже односно број производа који се може произвести у одређеном временском периоду, представља капацитет предузећа у оквиру којег се посматра сам процес производње.

Захтеви које тржиште поставља пред једним производом, трансформишу се у захтеве које сам процес производње поставља пред монтажу. Управо из тих разлога, процес монтаже је неопходно свакодневно усавршавати и организационо побољшавати кроз примену савремене мерне технике, као и прибора и уређаја који знатно олакшавају и убрзавају време постављања појединих подсклопова и позиција. Правац развоја монтаже у савременој производњи је у смислу повећања броја склопова који се роботизовано постављају у радни положај, као и у смислу смањења броја склопова и подсклопова који заједнички улазе у завршни производ.

У поглављу два овог рада описан је поступак сечења ласером, наведене методе сечења, фактори сечења, режими обраде односно карактеристике поступка сечења ласером као и могућност примене ласерске обраде у производњи.

Поглавље три односи се на процес монтаже. У њему су наведени параметри који утичу на процес монтаже, дат је положај монтаже у укупном процесу производње као и препоруке за пројектовање производа са аспекта погодности за монтажу. Важан део овог поглавља односи се на методе провере тачности поступака рада у монтажи као и методе за решавање мерних ланаца.

Технологије монтаже у зависности од избора варијанте процеса и технолошког поступка монтаже описане су у четвртом делу рада.

У поглављу пет обухваћени су технолошки системи монтаже, анализе основних карактеристика технолошких система монтаже као и основе за њихово пројектовање.

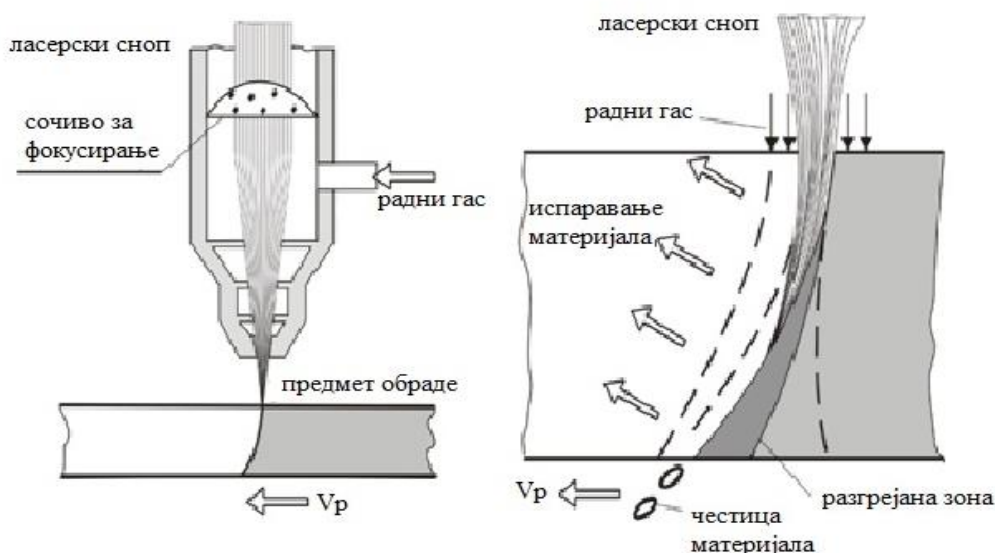
Шести део рада обухвата основне концепције монтаже. Анализиране су непроточна и проточна монтажа у условима мануелне и роботизоване монтаже.

Значај развоја и могућност примене флексибилних стезних прибора за израду сложених просторних делова, као и њихова основна конструктивна решења описана су поглављу седам. Наведени су и примери примене прибора једног од произвођача. У овом делу рада приказани су 3D модели основних елемената једног флексибилног стезног прибора аутора Капларевић Мирослава, као и предности и могућности коришћења каталога 3D модела.

У поглављу осам приказан је пример примене флексибилног стезног прибора описаног у претходном поглављу при изради склопа поклопца резервоара камиона. Описан је целокупни поступак: од избора базне плоче и стопе прибора, постављања делова склопа у жељени положај на базној плочи на тај начин да остане довољно простора за постављање ослоних плоча стезних ручица, до начина позиционирања и фиксирања свих делова како би се омогућило тачност формирања склопа заваривањем.

2. Сечење ласером

Веома интензиван развој ласерске технике и технологије у последњих двадесетак година учинио је да ласер постане универзалан алат који се одликује високом прецизношћу и енергетским својствима која се могу варирати у широким границама. Захваљујући таквим својствима, ласер је нашао широку примену у скоро свим подручјима људске делатности, а нека су захваљујући његовој примени доживела прави препород. Данас уопште није могуће замислити даљи развој неких подручја, као што су: масмедији, рачунарска техника, мерна техника, телекомуникације, медицина, па и обрада материјала, без примене ласерске технике и технологије [1].



Слика 1: Принципијелна шема сечења ласерским снопом [2]

Поступак обраде ласером базира се на коришћењу електромагнетног осциловања светлосног снопа формираног помоћу кватно-оптичког генератора (ласерског извора односно уређаја). Усмеравањем кохеретног снопа на предмет обраде ствара се огромна количина светлосне и топлотне енергије, довољне да доведе до топљења и испаравања било ког материјала, било којих карактеристика, и то само у зони удара.

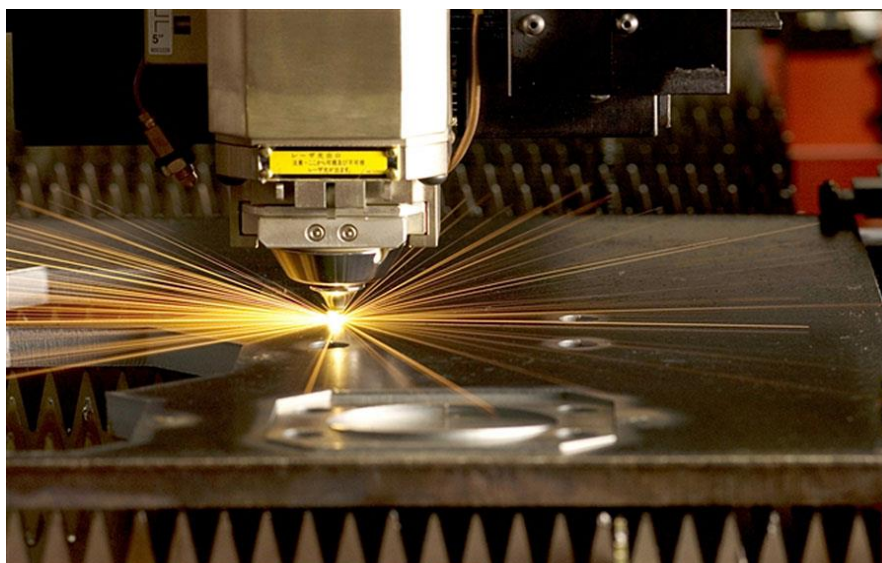
Ласерски зрак који се добија из генератора нема исти интензитет по целом попречном пресеку, што би било идеално, што се из бројних практичних разлога то не може остварити. С обзиром на велики значај који расподела интензитета има код различитих примена ласера, овом проблему се поклања доста пажње.

Ласер се у процесу израде и обраде предмета обраде различитих конфигурација, користи за сечење, стругање, глодање, бушење, заваривање, површинско отврдњавање, наношење превлака, легирање, лемљење, заваривање на растојању (код тешко приступачних места) итд [1].

Технолошке карактеристике обраде ласером (продуктивност, тачност и квалитет обраде, као и дубина и ширина реза), од којих зависе основне карактеристике сечења ласером дефинисане су следећим параметрима:

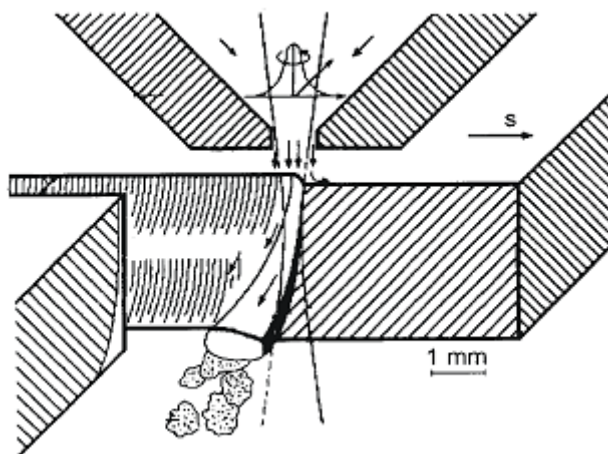
- снага импулса P , W ,
- густина ласерског снопа q_c , W/cm^2 ,
- притисак гаса p , bar ,
- врста гаса,
- величина фокусне тачке d , mm ,
- брзина сечења V , mm/s ,
- тачност померања ласерског снопа по предвиђеној контури и др.

Ласер производи кохерентан светлосни сноп ласерских зрака великог интезитета енергије који у интеракцији са предметом обраде, ако је енергија већа од способности материјала предмета обраде да ову енергију пренесе, рефлектује или распе, долази до апсорпције светлосне и њеног претварања у топлотну енергију и самим тим пораста температуре на озраченом месту. Захваљујући овом порасту температуре долази до појаве локалног топљења и испаравања материјала и стварања рупа или отвора у предмету обраде зависно од интезитета генерисане топлоте. Померањем ласерског зрака или предмета обраде настаје процес ласерског сечења. На слици 2 приказано је сечење ласером.



Слика 2: Сечење ласером [3]

Нефокусирани сноп ласерских зрака индустријских ласера већих снага у већини случаја нема адекватну енергију да учини нешто више од загревања озрачене површине материјала предмета обраде. Из тог разлога користи се сочиво за фокусирање којим се светлосни сноп усмерава и енергија се концентрише на површину пречника мањег од $0,25\text{ mm}$, што производи снагу од преко 10^6 W , способну да истопи многе материјала. На слици 3 приказан је шематски приказ процеса сечења ласером [2].



Слика 3: Шематски приказ процеса сечења ласером [2]

2.1. Методе сечења ласером

Постоје три методе сечења ласером:

1. са потпуним одстрањивањем материјала дуж линије раздвајања (испаривањем и, што је чешћи случај, топљењем и ограниченим испаривањем),
2. са делимичним одстрањивањем материјала дуж линије раздвајања (испаривањем материјала до одређене дубине и накнадним одвајањем материјала механичким дејством),
3. без одстрањивања материјала дуж линије раздвајања (контролисаним ломљењем у чврстом стању, под дејством и у току озрачења ласером или контролисаним ломљењем у чврстом стању, под дејством механичке силе, примењене по озрачењу ласером).

Приликом сечења метала углавном се користи реактиван помоћни гас O_2 , док се за сечење неметала користи неутрални гас N_2 или инертни гас Ar [2].

2.2. Фактори процеса сечења ласером

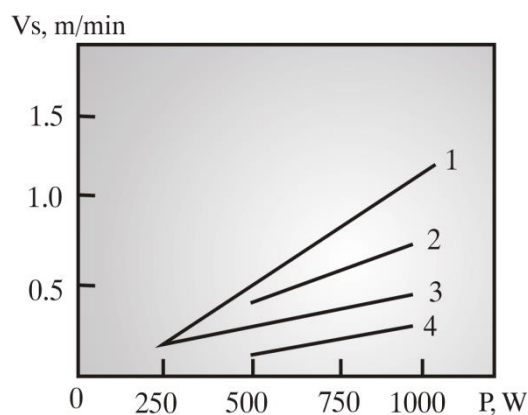
На процес ласерског сечења утичу:

- ласер (тип, величина, снага, режим рада, мод, поларизација), који је извор зрачења,
- сноп ласерских зрака (таласна дужина, кохеренција, монохроматичност, дивергенција), који представља алат у процесу обраде,
- обрадна глава (систем за фокусирање, млазница, сензор за позиционирање),
- координатни радни сто (тип, величина, тачност, систем управљања),
- радни предмет (материјал, облик, димензије, толеранције, квалитет обраде),
- прибор за стезање,
- режими обраде (снага ласера, брзина резања, положај жиже у односу на површину предмета обраде, притисак помоћног гаса) и
- околина (радни услови: чистоћа, вибрације) [2].

2.3. Режи́ми обраде

2.3.1. Снага ласера

Представља најважнију карактеристику на основу које се врши избор ласера. На слици 4, приказана је зависност брзине сечења од снаге ласерског снопа за различите метале.

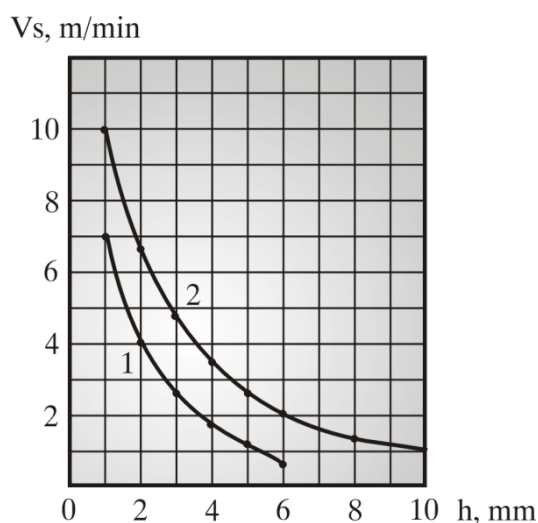


Слика 4: Зависност брзине сечења од снаге ласерског снопа за различите метале

1 - нерђајући челик ($h=3,2\text{ mm}$), 2 - алуминијум ($h=0,8\text{ mm}$),
3 – нискоугљенични челик ($h=2,3\text{ mm}$), 4 – титан ($h=1,5\text{ mm}$) [2]

2.3.2. Брзина сечења

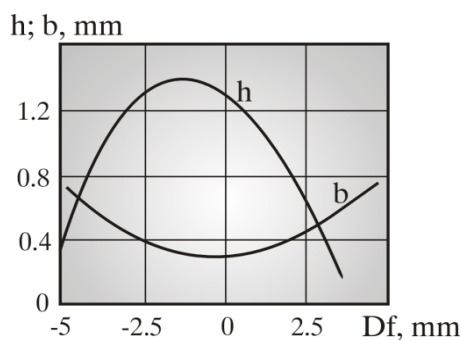
Брзина сечења директно одређује продуктивност обраде. Може се рећи да је брзина сечења други по значају битан параметар за сечење ласером и зависи од низа фактора: снаге ласера, мода, величине светлосне мрље, врсте и дебљине материјала радног предмета итд. На слици 5 приказан је утицај дебљине лима на максималну дебљину сечења.



Слика 5: Зависност максималне брзине сечења од дебљине лима за нискоугљеничне челике, 1 - $P=625\text{ W}$, 2 – $P=1250\text{ W}$ [2]

2.3.3. Жижна даљина сочива

Избор сочива за фокусирање знатно утиче на квалитет реза из разлога што је брзина сечења функција густине снаге. Променом положаја жиже у односу на површину предмета обраде добијају се различите карактеристике квалитета реза. На слици 6 приказан је утицај дефокусације (положај жиже сочива за фокусирање у односу на површину предмета обраде) Δf , на ширину b и дубину h реза.



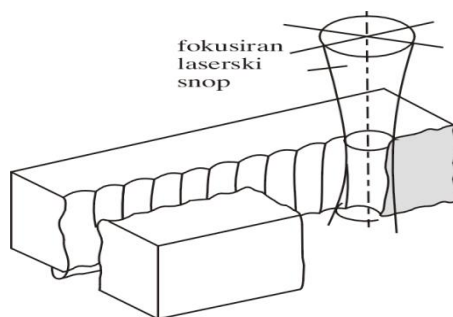
Слика 6: Утицај дефокусације Δf на ширину b и дубину h реза [2]

2.3.4. Помоћни гас

Помоћни гас има задатак да у процесу сечења заштити сочива и помогне у одстрањивању испареног и истопљеног материјала предмета обраде. Углавном се користи кисеоник као реактивни гас јер потпомаже егзотермну реакцију. Коришћењем кисеоника повећава се укупна енергија употребљена у процесу сечења чиме је могуће повећати брзину сечења за 25-40 %. Чистоћа помоћног гаса такође утиче на параметре обраде и квалитет реза [2].

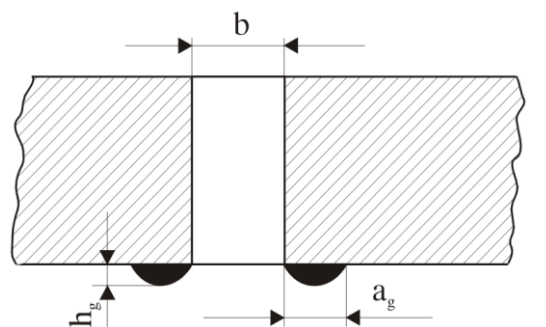
2.3.5. Квалитет и тачност обраде

Квалитет реза и тачност облика и димензија одређују квалитет обраде при сечењу ласером. Геометријске карактеристике (ширина реза, храпавост обрађене површине) и физичко-хемијске карактеристике на израженој површини материјала предмета обраде дефинишу квалитет реза. Квалитет и тачност обраде сечења ласером, у највећем степену зависе од: брзине резања, снаге ласерског млаза, врсте и притиска гаса, пречника и положаја млазнице у односу на површину предмета обраде. На слици 7 дат је шематски приказ ласерског млаза и површине реза.



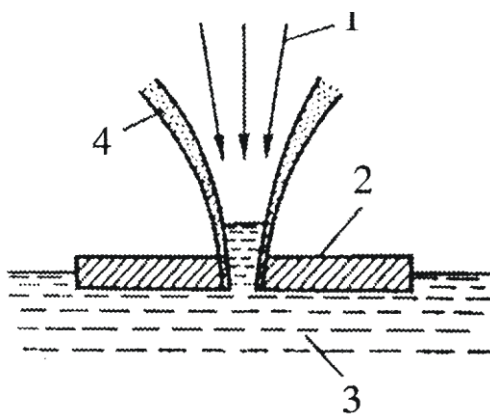
Слика 7: Шематски приказ ласерског млаза и површине реза [2]

При сечењу ласером важна карактеристика је ширина реза. Њена вредност код метала је мала, креће се од $0,1 - 0,3 \text{ mm}$, при сечењу челичних лимова. Повећањем дебљине лима повећава се и ширина реза. Приликом сечења метала, по дужини реза са доње стране, долази до формирања гребена од отврднутог метала и металних оксида, што негативно утиче на квалитет обраде. На следећој слици приказана је појава ових гребена.



Слика 8: Појава гребена при сечењу метала ласером [2]

Могуће је смањити или избећи појаву гребена применом следећих техника: претходна оксидација, фосфатирање или хромирање површина. Проблеми настају због велике цена процеса сечења применом ових поступака и тешкоће њиховог извођења. Једна од техника је и сечење ласером у течној средини. На слици 9 приказана је шема сечења ласером у течној средини.



Слика 9: Шема сечења ласером у течној средини
1 – ласерски зраци, 2 – предмет обраде, 3 – течност, 4 – гасна средина [2]

Капи растопљеног метала, отврднути у течности, избацују се гасном струјом тако да се не лепе по рубовима реза. Као течности се користе: технички алкохол, хлороформ, вода и др. [2].

2.3.6. Примена ласерског сечења

Сечење ласером има широку примену при сечењу сложених контура од трдих и кртих материјала, при обради сложених делова који се израђују на преси за просецање и пробијање уколико се ради у малим серијама и при честој промени облика и димензија, за шта је израда алата скупа и дуготрајна.

Може се користити за сечење свих врста метала (угљенични челици, нерђајући челици, легирани челици, алуминијум, бакар, месинг, титан и др.), неметала (пластичне масе, гума, кожа, текстил, дрво, картон и др.) и неорганског материјала (азбест, керамика, графит и др.) [2].

2.4. Примена ласерске обраде у производњи

Развој производа у аутомобилској индустрији и машиноградњи великим делом се заснива на примени ласера, пре свега због своје прецизности, поузданости, уједначеног квалитета, велике брзине обраде, као и могућности аутоматизације и роботизације процеса.

Када је у питању малосеријска производња, очекује се да примена ласерске технологије обраде лима заузме значајно место у технолошком процесу из више разлога:

- оптимално искоришћење материјала (лимова и трака),
- могућност да се једна или више операција раде истовремено (опсецање, пробијање, просецање отвора различитих облика и димензија итд.) што се постиже програмирањем потребних кретања, чиме се елиминише велики број класичних алата,
- израда програма и његово ажурирање у рачунару за каснију употребу, при чему се након програмирања искључују активности радника и циклус обраде се аутоматски изводи и понавља по потреби,
- квалитет обраде је веома висок и константан у току израде целе серије,
- у зависности од снаге ласера, брзина резања може бити знатно велика (и преко 50 m/min) чиме је обезбеђена економичност обраде,
- смањена је потреба за одржавањем великог броја преса и пресерских алата.

На основу претпоставке да се производња једног типа привредног возила завршава након 60.000 јединица, то је амортизација класичних алата веома ниска. Ова амортизација се тешко може изразити у условима веома смањене производње, што је са аспекта потребних улагања у исте нерационална и не може бити економско оправдана.

Како би се на што једноставнији начин могла изразити економска оправданост увођења ласерске технологије у процес производње одпресака потребно је извршити класификацију делова на мале, средње и средње велике одпреске веома сложених контура развијеног облика који после сечења иду на обраду хладним деформисањем (извлачење, савијање, повијање, развлачење и сл.). Ова подела је извршена према приближној дужини резних контура алата и дебљина лима на основу чега се може утврдити цена класичних алата као и време ласерског сечења [13].

3. Процес монтаже

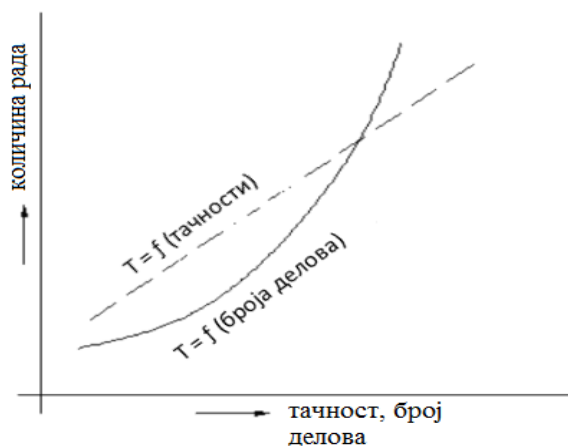
Процес монтаже има дубоке корене у прошлости, већ од времена када је човек почео да користи алатке које није било могуће израдити од једног комада материјала, или их је били тешко израдити од једног дела. Управо из тих разлога јавила се потреба за успостављањем процеса монтаже.

Током времена број и асортиман саставних делова које је требало произвести се повећавао и тиме довео до развоја великог броја разних типова обрадних система. Развој ових система омогућио је да се знатно смањи рад уложен у израду појединачних саставних делова и производа као и развијање великих обрадних сила које човек није могао сам да произведе. Сложеност уређаја који су се производили је стално растао тако да се удео рада који је морао бити уложен у процес монтаже непрекидно повећавао.

Даљим научно-техничким развојем издвојиле су се две основне тенденције са значајним утицајем на процес монтаже. Једна тенденција се односи на развој читавог низа нових производа са већом прецизношћу и вишим степеном сложености у поређењу са одговарајућим старим производима. Удео времена монтаже у оквиру ове тенденције изразито расте и јасно је уочљива код штампарских, текстилних, пољопривредних, алатних и других машина и код других аутоматизованих система, машина или постројења.

Друга тенденција је супротна и уочава се при масовној производњи чији производи претежно проналазе намену у области робе широке потрошње, електронских или електротехничких производа. Процес обраде деформисања се непрекидно развијао што је омогућило да се сложени делови, који су се до сада састојали од више саставних делова, израде у коначном облику у једном комаду и тиме значајно поједностави процес монтаже.

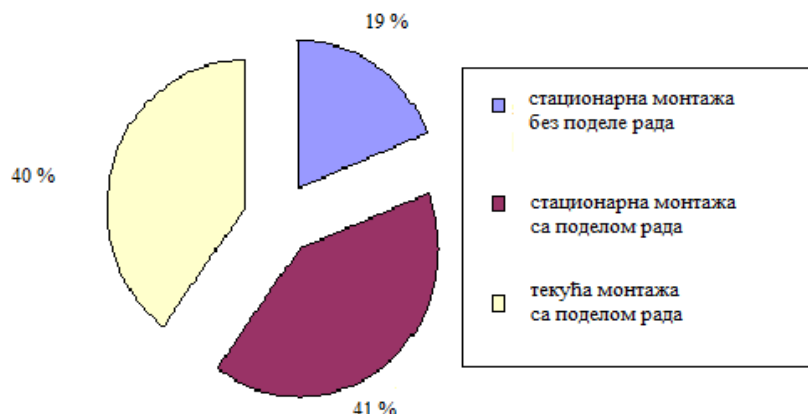
Истраживања су показала да тачност и број делова у предмету монтаже утичу на време трајања процеса монтаже према слици 10.



Слика 10: Време монтаже у функцији тачности и броја делова [4]

Мастер рад

Претходна слика показује да се код производа који ће у будућности постати сложенији очекује повећање утрошка времена за монтажу, на шта је потребно реаговати рационализацијом процеса монтаже. Посебну пажњу треба посветити преласку на виши степен механизације и аутоматизације и поделе рада (слика 11).



Слика 11: Учешће одређених процеса у укупном времену монтаже [4]

Може се уочити на основу утицаја степена сложености производа и начина производње на удео времена монтаже у односу на укупно време израде производа као и удео радника који раде на монтажи у укупном броју производних радника (табеле 1 и 2), да се у области монтаже налазе велике резерве.

Табела 1:

Серијност производње	Време монтаже у укупном времену израде производа (%)
Масовна и великосеријска	15-20
Серијска	20-25
Појединачна и малосеријска	25-40

Табела 2:

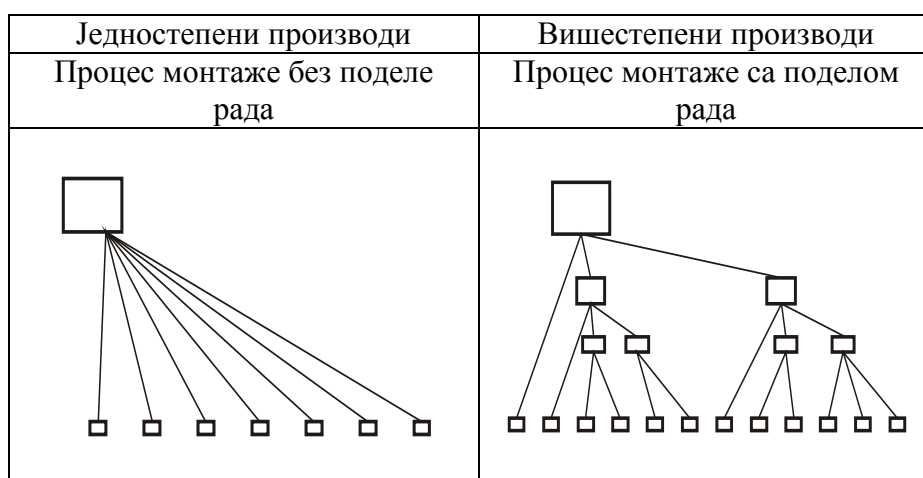
Врста производа	Радника у монтажи (%)
Штампарске машине	46,2
Алатне машине	41,2
Текстилне машине	30,3
Пољопривредне машине	28,8
Возила	24,9
Електронски склопови	14,5

3.1. Појам процеса монтаже

Појам монтажа потиче од француске речи *montage* што значи склапање, слагање, подизање. У општем случају се под монтажом подразумева изградња система вишег степена сложености од система нижег степена сложености.

Саставни делови представљају елементе од којих се састоји сложени производ. Код највећег броја производа из области машинске технике, саставни делови се не уграђују директно. Они се најчешће спајају у коначан облик у виду предмонтираних склопова па су процеси монтаже у општем случају веома хеторегени, састоје се од великог броја неистоветних парцијалних процеса и стога представљају сложене технолошке процесе. Процеси овог типа се деле на процесе завршне монтаже и већи број процеса монтаже склопова (подсклопова) – предмонтаже. Радни предмет завршне монтаже је производ, а радни предмети предмонтаже су склопови најразличитијих врста.

Процес завршне монтаже представља процес у току кога се од елемената првог нивоа уградње формира производ. Процеси завршне монтаже вишестепених производа су често неразгранати, парцијални процеси разгранатих процеса монтаже склопова што показује слика 12.



Слика 12: Утицај сложености приоизвода на процес монтаже [4]

3.2. Положај монтаже у укупном процесу производње

Може се рећи да је процес производње у основи процес промене стања мера и структуре материјала, при чему се материјал у пројектованом поступку преводи из стања материјала у стање производа. Када су на саставним деловима изведене све операције из технолошког поступка обраде они се могу спајати у сложеније производе. Укупни процес рада у производном систему се дели на следеће фазе:

- израда саставних делова,
- монтажа саставних делова у производ.

Производни систем у коме се одвија процес производње може се посматрати као систем са основном улазном величином „полупроизвод” и излазном величином „производ”. У таквом систему процес монтаже је његов део са вишеструким везама, посебно са производњом делова и складиштењем делова из трговине и кооперације.

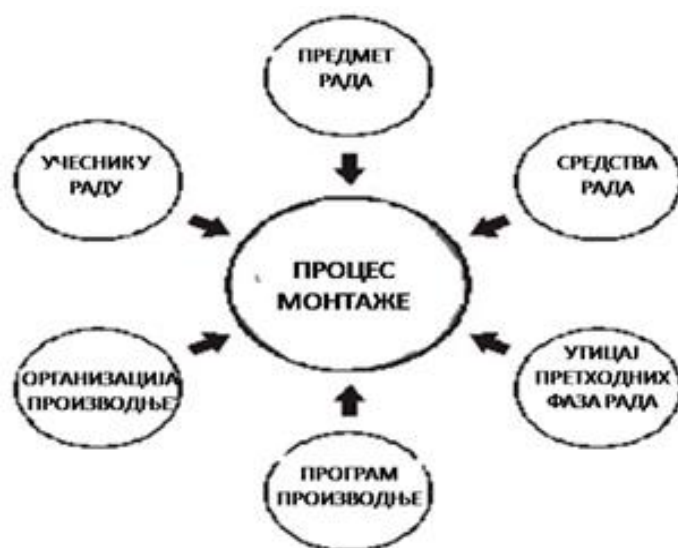
На који начин ће се извршити транспорт монтираних делова до потрошача зависи у великој мери од места и начина извођења завршне монтаже. При томе се могу јавити следећи случајеви:

- завршна монтажа се изводи у производном систему и врши се испорука комплетно завршеног производа. Радови корисника, уколико су уопште потребни, односе се на прикључивање напајања струјом, водом, евентуално на припрему темеља и уобичајних радова пре пуштања у рад,
- монтажа у производном систему, демонтажа ради транспорта и поновна монтажа код потрошача. Делимична демонтажа је најчешће потребна због ограничења у вези дозвољене масе или запремине делова који се транспортују,
- испорука склопова и појединачних делова без монтаже у производном систему и монтажа код корисника. Појединачни делови и склопови су тако конструисани и произведени да се код корисника без већих проблема може извршити склапање уређаја. Среће се код машина већег степена сложености,
- испорука производа у блоковима-секцијама. При изradi производа – постројења, делови производа - „блокови” и „секције”, монтирају се у потпуности у производном систему где су произведени, врши се испитивање и после тога демонтажа.

Код појединих уређаја немогуће је извести поправку без њиховог делимичног или потпуног расклапања. Друга специфичност се управо односи на монтажу након извођења оваквих поправки. Најпре се врши демонтажа и поправке или замене оштећених делова па затим монтажа. Могуће је овај поступак применити више пута у току радног века машине без битније разлике од првог процеса монтаже при производњи.

3.3. Величине које утичу на процес монтаже

Основне величине које утичу на процес монтаже су: предмет рада, учесници у раду, средства рада, утицај претходних фаза рада и програм производње (слика 13).



Слика 13: Величине које утичу на процес монтаже [4]

Утицаји предмета рада: На првом месту је утицај сложености конструкције склопа или производа – предмета монтаже. Степен сложености изражен је кроз масу, величину, захтеве тачности и кроз број и сложеност саставних делова. Време потребно

за монтажу расте са порастом величина наведених параметара као и негативан утицај на могућност механизације и аутоматизације процеса монтаже.

Утицај учесника у процесу рада: Овде је од примарног утицаја знање, стручност, радна способност учесника у процесу и мотивација. Секундарни утицај имају величине које стимулишу наведене факторе, као што је вредновање радника, микроклима и остали услови рада.

Утицај средстава рада: Одређен врстом средстава, њиховим бројем, степеном механизације и аутоматизације као и величином, поузданошћу и погодношћу за руковање.

Утицај организације рада: Овде припадају величине, које обезбеђују координирано и планско, просторно и временско садејство човека, предмета рада и средстава рада. Пре свега, то значи облик организације, поделу рада, ритмичност и величину серије.

Утицај претходних фаза рада: Најбитнији утицај који се овде јавља је конструктивни облик производа и склопова које треба монтирати. Рационално извођење процеса монтаже у великој мери зависи од тачности потребних саставних делова (по квалитету, времену и количини). Уколико постоје недостаци у вези квалитета испоручених делова доћи ће до додатног, непланираног утроска времена на дораду, подешавање и контролу.

Програм производње: Програм производње утиче на процес монтаже преко структуре, количине и вредности програма производње.

3.4. Пројектовање производа за монтажу

3.4.1. Производ и његови саставни делови

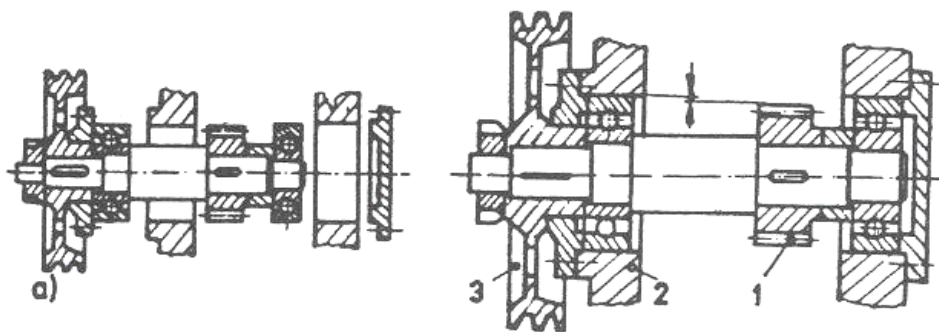
Са аспекта монтаже у машинству производи представљају сложене објекте који настају у току процеса производње, односно обраде и монтаже. У зависности од тога шта представља крајњи резултат производног процеса, производи могу бити машине, уређаји, склопови или делови. Тако у случају фабрике алатних машина, то су производи алатне машине, код фабрике електромотора су производи електромотори итд.

С обзиром на процес монтаже, производи се деле према броју саставних делова на производе јединичног степена сложености и сложене производе. Код израде производа јединичног степена сложености није потребан процес монтаже јер су то производи који се не могу раставити на саставне делове.

Код сложених производа је потребан мање или више сложен процес монтаже у зависности од броја саставних делова од којих се састоје. Разликују се једностепени и вишестепени производи (слика 12), зависно од тога да ли се сложени производ добија склапањем искључиво појединачних саставних делова, или у његов састав улазе и претходном монтажом добијени склопови. Једностепени производи захтевају

неразгранате или технолошки једноставне процесе монтаже. Вишестепени производи захтевају разгранате, односно технолошки сложене процесе монтаже.

Склопови су састављени од два или више саставних делова и/или подсклопова нижег степена сложености а у току вишег нивоа монтаже, уграђују се директно у производ. Њихова карактеристика је могућност да се, при градњи уређаја који дозвољавају заменљивост, може извршити монтажа склопа независно од других склопова уређаја који се монтира. При томе се састављени склоп може користити за монтажу тог уређаја без потребе да се делимично или потпуно демонтира (слика 14).



Слика 14: Конструктивно решење вратила преносника [4]

На претходној слици може се уочити да је темени пречник зупчаника мањи од пречника отвора једноделног кућишта за лежај 2, а на ременици 3 су предвиђени отвори за пролаз насадног кључа при завртању вијака поклопца лежаја. То нам говори да постоји могућност да се вратило потпуно монтира изван кућишта преносника и то просторно и временски независно. Затим се склоп вратила при монтажи преносника уграђује у кућиште преносника као готов склоп. При овоме не треба вршити никакву демонтажу.

Према могућности међусобне заменљивости склопови се деле на:

- изменљиве међусобно монтиране склопове и
- зависно монтиране склопове.

Измењиви независно монтирани склопови могу се монтирати потпуно одвојено од осталих склопова и готовог производа, што омогућава производима који се састоје од оваквих склопова лако и јасно организационо одвијање монтаже склопова и завршне монтаже, као и лаку поделу рада.

Склопови чија се монтажа може извршити само упоредо са монтажом одговарајућег производа називају се зависно монтирани склопови. Могућности за поделу рада су веома ограничене.

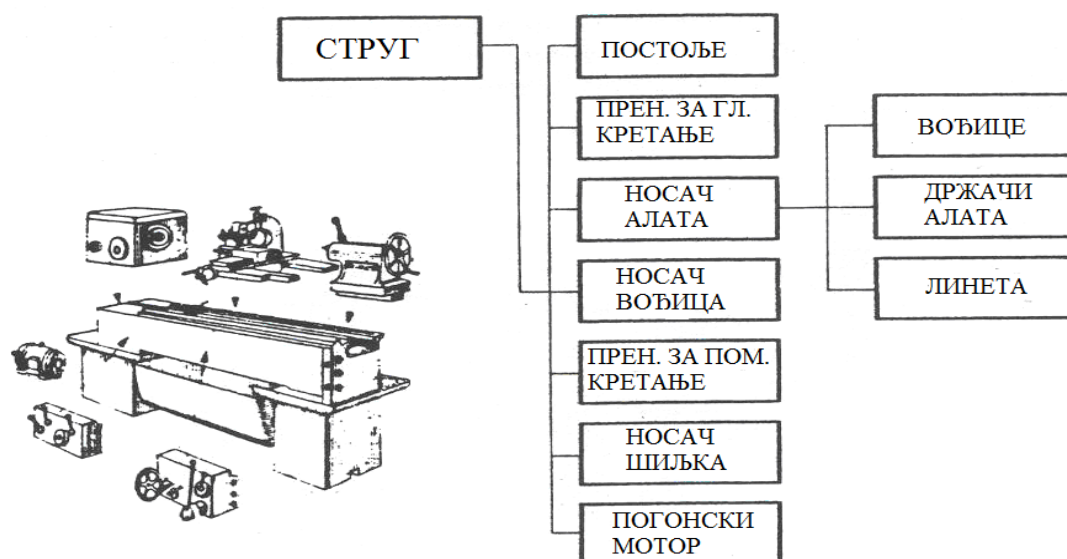
Подела склопова се може извршити и према:

- степену сложености,
- нивоу уградње.

Тако имамо склопове првог, другог, трећег...n-тог степена сложености или првог, другог, трећег...n-тог нивоа уградње.

3.4.2. Утицај конструкције производа на процес монтаже

Процес монтаже у великој мери зависи од конструкције производа, склопова и саставних делова, и саставних делова које треба монтирати. У којој мери је производ погодан за монтажу, одређено је обликом производа и врстом материјала, функцијама које производ треба да реализује као и принципом рада који је усвојен за остваривање ових функција. На основу слике 15 види се да структура производа директно утиче на структуру процеса монтаже.



Слика 15: Зависност између структуре производа и структуре процеса монтаже [4]

Подела производа на склопове има за последицу одговарајућу поделу, односно разгранаване процеса монтаже у релативно самосталне парцијалне процесе и представља основну претпоставку за просторно и временско раздвајање процеса монтаже склопова и завршне монтаже, а тиме и за одговарајућу поделу рада.

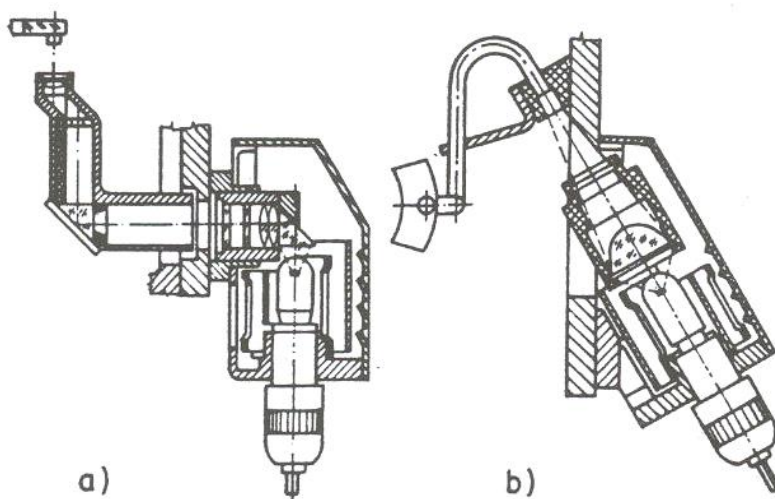
Значајан утицај на редослед извођења операција монтаже има и конструктивни облик производа. Врста веза међу деловима као и облик сваког појединачног дела, утиче и на врсту процеса монтаже који ће бити коришћен. Изабрани процес монтаже, заједно са врстом елемената за везу и осигурање, у великој мери утиче на потребне приборе и алате за извођење монтаже и то по врсти, величини и броју.

Један од значајних утицаја на процес монтаже има степен замењивости делова и склопова. У вези са тим одлучујући утицај има фаза конструисања када се одређује поступак утврђивања ланца мера.

3.4.2.1. Принцип рада система као основа за конструкцију производа

Производ остварује функције које се могу реализовати уз помоћ различитих принципа рада нпр. погон одређеног возила може бити изведен коришћењем клипног или млазног мотора са унутрашњим сагоревањем. На конструкцију битно утиче принцип рада уређаја који се одређује у раној фази конструисања. Иако није примарно да се избор радног принципа врши ради обезбеђивања рационалног процеса монтаже, процес монтаже у основи зависи од одабраног принципа рада уређаја.

На слици 16 дат је пример утицаја усвојеног принципа рада на процес монтаже. Систем за осветљавање оптичке подеоне главе (слика 16а), због сложености геометријских односа садржи око 30 саставних делова. У случају примене оптичког кабла (слика 7б), уређај ће се састојати од 10 делова. Овим примером уочавамо да ће монтажа, а посебно подешавање оваквог уређаја за осветљавање, захтевати далеко мањи утрошак времена него у првом случају.



Слика 16: Варијанте конструкције уређаја за осветљавање подеоног круга подеоне главе: а) уз помоћ призми б) уз коришћење оптичког кабла [4]

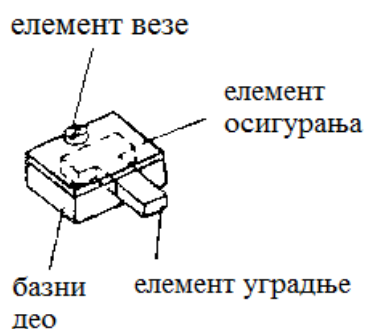
3.4.2.2. Уклапање елемената као основа за конструкцију производа

Производ може обављати функцију за коју је пројектован уколико су његови саставни елементи доведени у одговарајући положај и на одређени начин фиксирани у том положају. Најчешће се за фиксирање користе вијци, заковице, чивије и други елементи за повезивање.

Процес монтаже се рационалније изводи уколико је број елемената за везу сведен на минимум, па треба тежити преласку на везе заваривањем, лемљењем или пресовањем. Један од начина поједностављења процеса монтаже је прелазак на делимично или потпуно фиксирање делова на основу самог облика делова. Код овог начина уградње делови који улазе у састав производа улажу се у одговарајућа гнезда у којима остају фиксирани захваљујући свом облику, што битно смањује број елемената за везу. У почетку овај поступак је коришћен у области великосеријске производње, а

назив је добио начин уградње са уклапањем. При овом начину уградње разликују се три случаја:

- начин уградње са уклапањем уз коришћење елемената за осигурање. Делови који се улажу у основни део остају фиксирани захваљујући свом облику, а посебним делом се осигуравају од испадања. Као елемент за осигурање могу се користити неки од делова који су и иначе саставни делови предмета монтаже,



Слика 17: Уклапање са елементима осигурања споја [4]

- шкољкасти начин градње. Основни део се састоји од два, по могућности потпуно једнака, дела између којих се врши улагање осталих саставних делова, који остају фиксирани захваљујући свом облику,



Слика 18: Шкољкасти начин градње [4]

- начин градње са уклапањем уз коришћење еластичних елемената за везу.

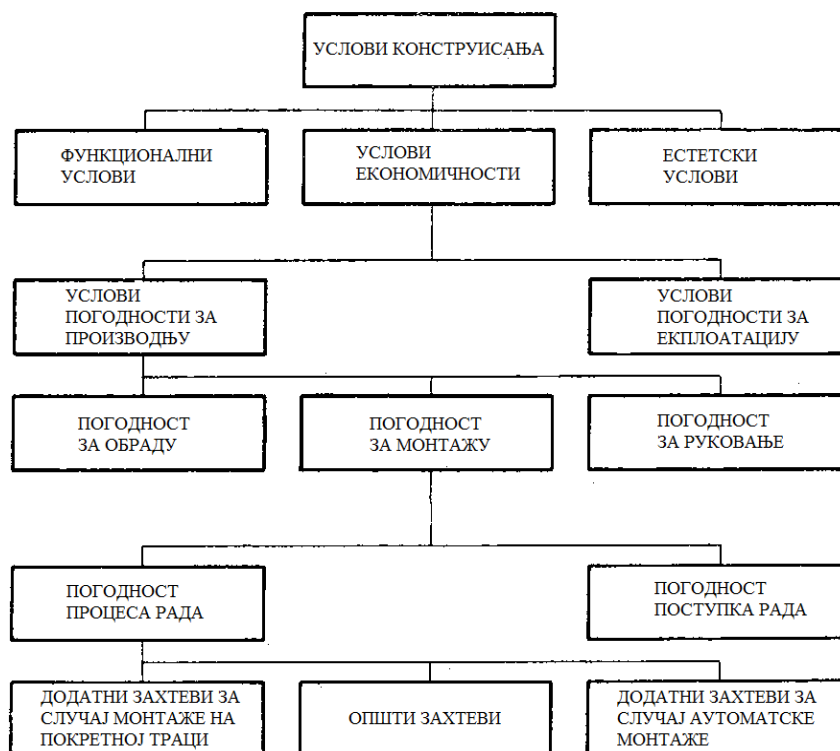


Слика 19: Уклапање са еластичним елементима за везу [4]

3.4.3. Смернице за пројектовање производа у циљу обезбеђења погодности за монтажу

Можемо са сигурношћу рећи, на основу претходног излагања, да конструкција производа битно утиче на процес монтаже. Процес монтаже је одређен конструктивним решењем производа а технолози практично одлучују само о редоследу операција у монтажи. Пројектовање конструкције производа погодне за монтажу представља основни пут за рационализацију процеса монтаже.

На слици 20 је приказана погодност за монтажу као основни услов конструкција који мора бити испуњен. Овде се разликују захтеви везани за процес и захтеви везани за поступак рада.



Слика 20: Погодност за монтажу као део услова конструисања [4]

Конструкција производа је технологична и погодна за монтажу уколико су производ као целина и његови саставни делови и склопови пројектовани тако:

- да је време монтаже што краће,
- да су трошкови монтаже минимални,
- да су ангажоване површине у одељењу монтаже што мање,
- да се могу увести рационални организациони облици монтаже [4].

3.5. Тачност поступка рада у монтажи

Под тачношћу монтаже се подразумева степен подударања стварних оса, контактних површина или других делова спрегнутих елемената са положајем њихових прототипова, одређеним одговарајућим размерама на цртежу или техничким

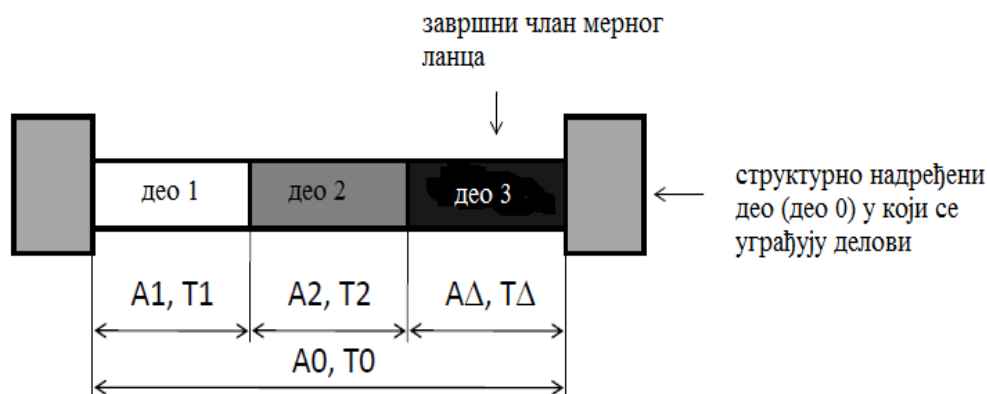
захтевима. Тачност поступка рада у монтажи представља један од најважнијих техничко-економских показатеља особине (квалитета) технолошког система.

Повезивање делова врши се у току процеса монтаже, који у општем случају имају већи број толерисаних мера. Приликом склапања делова током монтаже, добијамо укупну толеранцију тј. суму толеранција сабирањем појединачних толеранција свих делова. Развијена је посебна теорија за решавање питања мерних ланаца.

Свака мера дефинисана је својом номиналном вредношћу и ширином толеранцијског поља дозвољеног одступања. Са аспекта практичне применљивости, концепт толеранција је категорички. То значи да су сви делови прихватљиви чије се стварне мере налазе унутар толеранцијског поља, односно у интервалу који је ограничен доњом границом толеранцијског поља и горњом границом толеранцијског поља, а остали се одбацују.

Мерни ланац се састоји из низа чланова који се називају саставни елементи мерног ланца. Поред саставних елемената, мерни ланац садржи и један елемент који се назива завршни елемент. Завршни елемент се у контексту технологије монтаже појављује на крају процеса формирања групе делова, подсклопа или склопа у целини.

Мерни ланци могу да буду линијски, равански и просторни. На слици 21 приказан је пример линијског мерног ланца.



Слика 21: Линијски мерни ланац

A – номинална мера T – номинална толеранција [5]

Како би се обезбедила функционалност, односно склопивост саставних делова, између саставних елемената мерног ланца и завршног елемента морају постојати одређене зависности. Та зависност се у општем случају може формулисати на следећи начин:

$$A_\Delta = f(A_1; A_2, \dots; A_1 \dots; A_{m-1})$$

m – број елемената који чине мерни ланац, укључујући и завршни елемент.

У зависности од тога како се одређују мере завршног члана, мерни ланци се деле на пет основних група:

Мерни ланци са потпуном заменљивошћу: Код ових мерних ланаца свака произвољно изабрана комбинација делова гарантује могућност монтаже. Представља најпогоднији случај са аспекта технологије монтаже. Основни проблем је у томе што примена ових мерних ланаца захтева врло уска толеранцијска поља делова који чине мерни ланац да би и завршни члан имао толеранцијско поље прихватљиве ширине (проблем акумулације грешке).

Мерни ланци са непотпуном заменљивошћу: Неке од произвољно изабраних комбинација неће моћи да буду монтиране. Могућност појаве ових комбинација је статистички мала. Овим мерним ланцима се релаксира захтевана тачност и прецизност делова који улазе у мерни ланац.

Мерни ланци са групном заменљивошћу: Додатно се релаксира захтевана тачност и прецизност делова чиме се онемогућава монтажа у великом броју случајева. Монтажа се изводи селективним упаривањем делова – концепт селективне монтаже (типично се примењује код лежајева и других склопова велике тачности).

Мерни ланци са подешавањем: Завршни члан се појављује као компензациони елемент чије се мере одређују подешавањем. Поступак подразумева следећу процедуру: најпре се врши предмонтажа, затим се за конкретан случај мери расположиви простор, врши дорада завршног члана и на крају се спроводи финална монтажа. Са аспекта трошкова израде делова ово је најповољнија варијанта, али је са аспекта технологије монтаже то далеко најнеповољнији случај, који се по правилу избегава.

Мерни ланци са регулисањем: Разликују се од мерних ланаца са подешавањем само по начину компензације недозвољено великих сумарних толеранција. Основна предност у односу на мерне ланце са подешавањем је да више није потребно дорађивати компензациони елемент, што је везано са утрошком велике количине времена. Недостатак је да се у одређеним случајевима повећава број делова потребних за формирање мерног ланца [4,5].

4. Технологије монтаже

Саставни део технолошке припреме производње представља разрада поступка рада у монтажи. То је сложен и одговоран задатак, при чему треба испунити следеће захтеве: обезбеђење високог квалитета производа и постизање максималне ефективности процеса монтаже.

Како би технолог обезбедио разраду технолошког поступка монтаже, потребно је да поседује поред склопних и монтажне цртеже, који представљају машину или монтажну јединицу у целини, неопходне за јасно представљање конструкције. Затим радионичке цртеже елемената, структурне и модуларне саставнице по монтажним јединицама, техничке захтеве производа, годишњи план производње итд.

Проучавање конструкције и разрада технолошког поступка монтаже, знатно се може убрзати уколико технолог поред конструктивне документације поседује и модел производа и његових склопова.

У технолошком смислу избор оптималне варијанте процеса монтаже као скуп поступака промене стања на предмету рада изводи се поступно у два основна корака:

- избор варијанте процеса монтаже,
- избор варијанте технолошког поступка монтаже.

4.1. Избор варијанте процеса монтаже

Условљен је пројектованим захтевима у погледу квалитета, учинка и укупне ефективности процеса монтаже. Са циљем што квалитетније одлуке о варијанти процеса монтаже, потребно је претходно извршити:

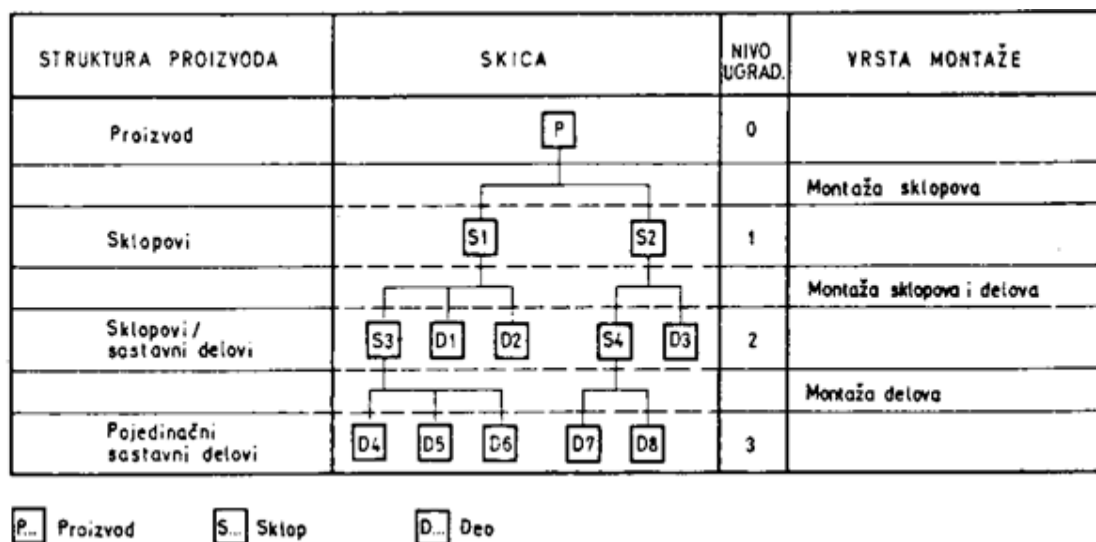
- структурирање производа,
- анализе
 - тачности,
 - погодности за монтажу,
 - врста спојева,
- оцену погодности предмета рада за аутоматску монтажу.

Користећи резултате анализе, потребно је повратно деловати на конструкцију и учинити је технологичнијом и погоднијом за процес монтаже, а затим изабрати варијанту процеса монтаже.

4.1.1. Структурирање производа

У основи сваког производа, односно његових елемената, лежи одређена структура производа, на основу које се одређује начин састављања производа од склопова, појединачних саставних делова као и материјала. За планирање тока монтаже у складу са захтевима и потребама процеса производње важну улогу има структурирање производа. Код структурирања производа, у основи се разликују једностепени и вишестепени производи.

Једностепени производи имају структуру која се може представити помоћу два нивоа. Они се састоје само од саставних делова и склопова, код којих није потребно даље рашчлањавање. Структура вишестепених производа се може представити помоћу већег броја нивоа (најмање три) и састоји се од склопова и појединачних саставних делова. Како би се извршило структурирање производа, користи се структурна шема са структурном саставницом или модуларном саставницом (слика 22).



Слика 22: Структурна саставница (шема) [4]

Производ као целина одговара нивоу монтаже 0. Склопови као и појединачни делови, који улазе директно у готов производ припадају нивоу 1. Склопови и делови, који улазе у ниво монтаже 1 као компоненте, додељују се за јединицу нижег нивоу монтаже. Број нивоа при подели, зависи од начина монтаже и сложености производа. Пример су производи за серијску производњу, јер имају већи број нивоа монтаже, него производи у случају појединачне производње.

4.1.2. Анализа карактеристика производа

4.1.2.1. Анализа тачности производа

Основни захтеви које треба испунити при монтажи машина и механизма су одржавање тачности положаја, обртања, линијског померања итд. То се односи на елементе, склопове, релативне положаје базних површина итд.

Тачност код технолошких система и механизма (на пример алатне машине) је основни показатељ њиховог квалитета (допуштено бацање вретена, растојање оса). У техничкој документацији производа задају се бројне вредности тих карактеристика, а такође и начини њихове контроле после монтаже.

Састављањем и решавањем одговарајућих мерних ланаца, захтевима стандарда или експерименталним путем одређују се карактеристике тачности машина. Пре проучавања конструкције на цртежу, како би се правилно одредили и оценили захтеви тачности, потребно је установити:

- намену машине или њене основне карактеристике,
- за колики је век трајања конструисана машина,
- услове експлоатације,
- могућност замене елемената и монтажних јединица,
- на какав ће механизам или агрегат бити прикључена та машина и какво ће бити допунско оптерећење,
- техничку опремљеност производног система који ће произвести машину.

Након утврђивања могућности склапања монтажних јединица и машине у целини, треба одредити:

- основне параметре тачности сваке монтажне јединице посебно или групе монтажних јединица када су ти параметри узајамно повезани,
- начине и средства за постизање неопходне тачности,
- начине и средства контроле основних параметара тачности.

4.1.2.2. Анализа погодности производа за монтажу

Анализу технологичности производа, односно погодности за монтажу потребно је извршити при изради поступка рада или пројектовања технолошких система. Може се рећи да је конструкција погодна за монтажу тек када је могуће: извршити монтажу уз минимално улагање времена и уз минималне трошкове, ако су ангажоване површине у погону монтаже што мање, време пролаза кроз погон монтаже што краће и постоји могућност за увођење рационалних организационих облика монтаже.

Оцена погодности делова за монтажу даје се узимајући у обзир следеће параметре: облик, механичка својства, могућност спајања, габаритне димензије и друге карактеристике самог елемента.

При анализи погодности производа за монтажу треба водити рачуна о следећим критеријумима:

- Да ли је производ подељен на што већи број независно склопивих склопова?
- Да ли су радови на подешавању сведени на минимум?
- Да ли је редукован број саставних делова?
- Да ли су избегнута ограничења у вези простора?
- Да ли су саставни делови у осигураном положају у смислу немогућности промене положаја?
- Да ли је спречено истовремено успостављање контакта на већем броју места спајања?
- Да ли је обрада склопова скидањем струготине максимално елиминисана?
- Да ли је демонтажа сложених производа у довољној мери избегнута?
- Да ли је лако руковање деловима при монтажи?

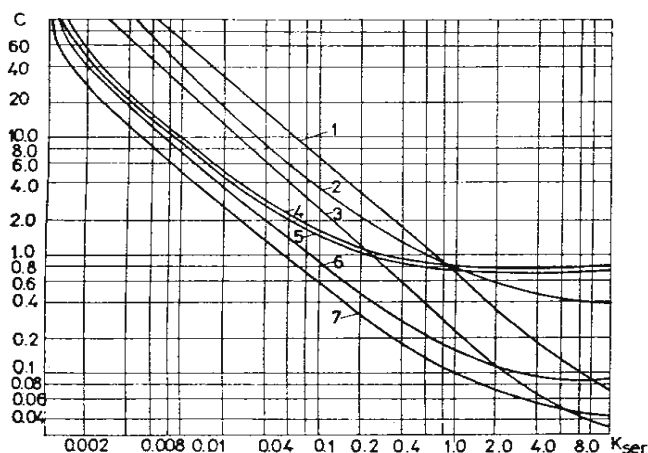
При пројектовању аутоматизованих технолошких система, потребно је извршити анализу погодности производа за аутоматску монтажу. Није установљен јединствени критеријум за оцену и дефиницију погодности производа за монтажу. Већина таквих метода узима у обзир само конструктивне карактеристике, а не и технолошке карактеристике процеса монтаже.

4.1.2.3. Анализа врста спојева

За избор варијанте процеса монтаже од посебног је значаја анализа врсте спојева у циљу утврђивања постојања:

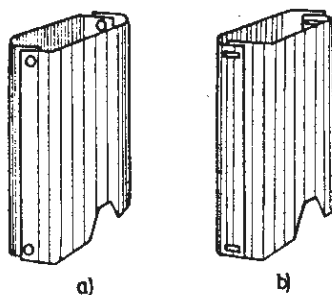
- раздвојивих,
- нераздвојивих и
- комбинованих врста спојева.

Избор оптималне врсте споја последица је техноекономске анализе и одређивања цене споја у функцији степена серијности предмета монтаже (слика 23).



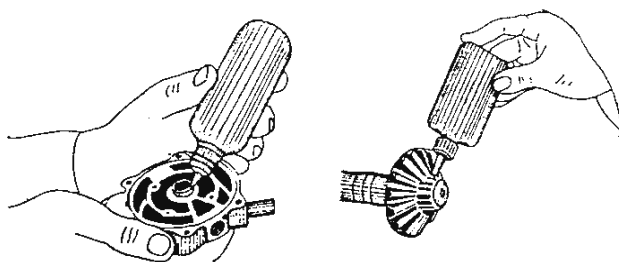
Слика 23: Цена споја у функцији степена серијности
1-заваривање; 2-ваљање; 3-пресовање пнеуматском пресом; 4-закивање пнеуматским чекићем; 5-завртање механичким одвијачем; 6-лемљење са аутоматским додавањем лема; 7-лепљење применом пнеумо шприца [4]

Треба имати у виду савремене тенденције у изналажењу нових облика врста спојева који су једноставнији, поузданији и брже изводљиви (слика 24).



Слика 24: Смањење броја елемената склопова променом начина спајања: а) закивањем шест елемената; б) пертловањем два елемента [4]

Применом разних лепила у поступку монтаже данас је све чешћа услед брзог развоја технологије лепљења (слика 25). То је важно јер осим настојања да се промени врста споја потребно су и напори на побољшању спојева.



Слика 25: Примена лепила [4]

4.1.3. Избор варијанте процеса монтаже

Комбинацијом различитих процеса рада, могуће је задовољити основне захтеве у погледу квалитета и пројектованих ефеката монтажних система. Заправо постоји велики број могућих варијанти процеса рада, при чему свака од ових варијанти мора задовољити критеријуме квалитета и учинка. То значи да се по задовољењу захтева ове врсте, проблем избора своди на оптимизацију параметара ефективности – економичности, рентабилности и задовољења потреба размена у времену (слика 26).

proces rada			varijanta procesa rada						
			1	2	3		p		r
1	spajanje	(s)	V _{s1}	V _{s2}	V _{s3}		V _{sp}		V _{sr}
2	kontrola	(k)	V _{k1}	V _{k2}	V _{k3}		V _{kp}		V _{kr}
3	transport	(t)	V _{t1}	V _{t2}	V _{t3}		V _{tp}		V _{tr}
i	i- ti postupak	(i)	V _{i1}	V _{i2}	V _{i3}		V _{ip}		V _{ir}
i+1	upravljanje	(u)	V _{u1}	V _{u2}	V _{u3}		V _{up}		V _{ur}
z	ostali postupci	(h)	V _{h1}	V _{h2}	V _{h3}		V _{hp}		V _{hr}

Слика 26: Структурна шема варијанти процеса рада у монтажи [4]

4.2. Избор варијанте технолошког поступка монтаже

Овај корак се састоји од следећих активности:

- одређивање броја и редоследа извођења захвата – мрежни дијаграм,
- утврђивање група захвата (блокова) аутоматизоване, роботизоване, механизоване и ручне монтаже,
- одређивање времена трајања захвата,
- одређивање степена поделе рада и избор организационог облика монтаже,
- избор технолошке структуре монтаже,
- избор варијанте технолошког система и технолошког поступка монтаже.

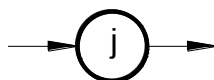
4.2.1. Одређивање броја и редоследа извођења захвата – мрежни дијаграм

Мрежни дијаграм представља подлогу за утврђивање редоследа захвата. Он показује монтажни процес структуриран на елементарне активности у облику мреже, што представља суштину разраде поступка рада помоћу овог дијаграма. На тај начин могуће је једнозначно одредити везе између појединих активности као и њихову међусобну условљеност. Мрежни дијаграм има следеће предности:

- детаљно одређује зависности између појединих активности, односно захвата,
- садржи услове за почетак појединих захвата,
- издваја све оне активности, од којих зависи трајање целог монтажног процеса;
- даје увид у монтажни процес и током процеса је могуће проценити утицаје одступања од планираног тока монтаже,
- помоћу егзактног математичког алгоритма је могуће структурирати било који монтажни процес на елементе тако да се добија подлога за примену рачунара што повећава ефекте управљања.

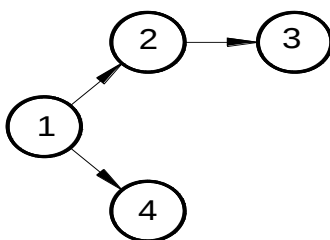
Мрежни дијаграм конструише се употребом два основна симбола:

- симбол елемента (дела) је круг према слици 27, при чему бројка у кругу представља ознаку елемента. Ради лакше идентификације елементи морају бити означени по редном начину.



Слика 27: Симбол елемената [4]

- симбол везе је права са стрелицом која повезује два суседна елемента. Елементи на врху стрелице следе елементе на њеном другом крају. Постоје два типа везе (слика 28):
 - одређене везе и
 - неодређене везе.



Слика 28: Део мрежног дијаграма [4]

Претходна слика представља део мрежног дијаграма. Елемент 1 претходи елементима 2 и 4, док елемент 2 претходи елементу 3 (одређене везе). Између елемената 3 и 4, као и између елемента 4 и елемената 2 и 3 условљености нема (неодређене везе).

4.2.2. *Одређивање блокова захвата према степену аутоматизације*

Најпре је потребно утврдити да ли се монтажа одређеног производа може рашчланити на делове у оквиру којих се може радити (монтирати) чисто аутоматски, делимично аутоматски, помоћу робота или коришћењем ручног рада.

Затим се врши испитивање могућности за механизовање, тј. аутоматизовање појединих захвата. При томе посебан значај имају:

- начин спајања делова,
- положај производа при монтажи,
- приступачност места на коме се врши уградња дела (делова),
- уређени начин довођења саставних делова до места уградње.

Процес спајања представља основни процес монтаже. Може се рећи да је овај процес технолошки еквивалент процесу резања или процесу деформисања који су основни процеси процеса обраде. Процес спајања представља скуп активности којима се конформне површи два објекта доводе у претходно дефинисан релативни положај, при чему се врши успостављање захтеваних међусобних геометријских и функционалних релација.

Када у процесу спајања два или више делова заузму захтеван релативни положај, у циљу трајног задржавања успостављеног геометријског односа врши се њихово фиксирање. Процес фиксирања спада у групу основних процеса монтаже.

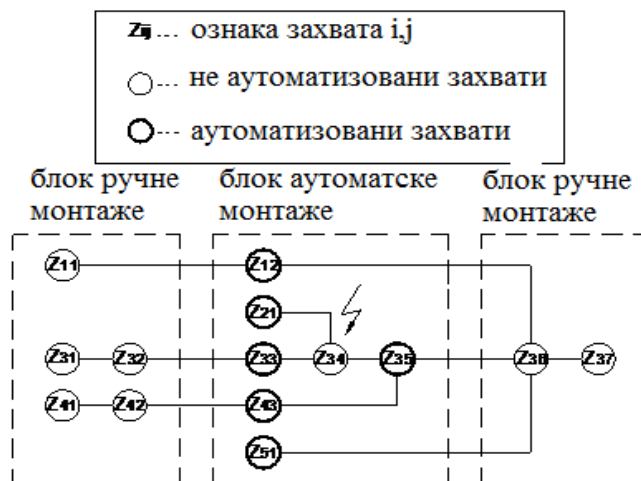
Процес фиксирања може обезбедити и друге захтеве поред чисто геометријских (тополошких) аспеката. Ови захтеви су повезани са функцијом коју део или група делова треба да оствари унутар склопа. Најчешће је у питању функција преноса оптерећења, а могу се остварити и функције као што су херметичност, електрична проводност и томе слично.

Технике фиксирања делова које се примењују у системима мануелне и аутоматске монтаже сврстане су у десет група:

- пресовани спојеви,
- вијчане везе,
- закивање,
- еластичне (ускочне) везе,
- лепљење,
- заваривање,
- лемљење,
- адхезионе везе,
- фиксирање пластичном деформацијом,
- остале технике фиксирања.

Наведена класификација извршена је на основу физичких својстава процеса на коме су поједине технике фиксирања засноване.

Када се утврди да се поједини захвати могу аутоматизовати, треба их означити на мрежном дијаграму и испитати могућност за њихово обједињавање у јединствен блок. Формирањем оваквих блокова сви захвати се деле на захвате који се изводе ручно и захвате који се могу аутоматизовати (слика 29). Овим начином омогућено је раздвајање подручја са високим трошковима рада од подручја са високим улагањем у средства за рад.



Слика 29: Мрежни дијаграм са блоковима [4]

Захвати који се не могу аутоматизовати (Z_{34} на слици 29), решавају се следећим поступцима:

- конструктивне измене на производу,
- полуаутоматска монтажа,
- роботизована монтажа.

4.2.3. Одређивање времена монтаже

Време за извођење одређеног захвата или монтажне операције убраја се у основне факторе који одређују технолошки процес монтаже. За све врсте и методе монтаже важи основна подела времена на:

- припремно завршно време - t_{pz} ,
- време монтаже - t_{jj} .

Припремно завршно време односи се на припрему рада у оквиру извршења одређеног задатка и после завршетка монтажне операције на распремање радног места. Припремно завршно време се дели на:

- основно припремно завршно време - t_{pzo} ,
- допунско припремно завршно време - t_{pzd} .

У основи припремно завршно време односи се на припремање радног места за рад, пријем и преглед документације, припрему елемената, подсклопова или склопова за

спајање, распремање радног места итд. Ово време садржи све губитке које радник има у току основног припремно завршног времена. Према томе је:

$$t_{pz} = t_{pzo} + t_{pzd} \quad (\text{min/ser}) [4]$$

Време монтаже представља време потребно за извршење једне монтажне операције и обухвата све радње подешавања, спајања, контроле, приношења итд., у току рада. Дели се на:

- технолошко (основно) време монтаже - t_{io} ,
- помоћно време монтаже - t_{ip} ,
- допунско време монтаже – t_{id} .

У оквиру операција, основно време монтаже се односи на позиционе захвате, захвате и елементарне захвате непосредног спајања (монтаже). Користи се израз машинско време, уколико се монтажа врши на машинама за монтажу, а ручно време када се врши приручним алатима.

Део поступка који непосредно претходи или одмах долази након спајања елемената, представља помоћно време монтаже. При аутоматизованој монтажи ту спада нпр. оријентисање, позиционирање, стезање итд. Док нпр. узимање алата, примицање, постављање базног елемента итд., представља не аутоматизовану монтажу.

Сви губици који се дешавају за време основног и помоћног времена монтаже припадају допунском времену монтаже. Ови губици су резултат организационих и других недостатака.

4.2.4. Одређивање степена поделе рада и група захвата који се могу изводити на истом технолошком систему – операција рада

Степен сложености операције рада је одређен бројем захвата у операцији, односно степеном поделе рада. Представља однос фонда потребног времена за извођење свих захвата на предмету монтаже (T_i) и ефективног капацитета система (K_e):

$$S_{p.r.} = \frac{T_i}{K_e}$$

Фонд потребног времена (T_i) за монтажу предмета монтаже представља потребну количину рада неког технолошког система или човека:

$$T_i = q_j \sum_{i=1}^n t_{zi} \quad (\text{вр.јед./ вр.пер.})$$

где је:

T_i – фонд потребног времена (вр.јед./ вр.пер.),

q_j – количина предмета монтаже (ком./ вр.пер.)

t_{zi} – време трајања захвата монтаже (вр.јед./ ком.)

$i = 1, 2, \dots, n$ – број захвата у технолошком поступку монтаже предмета рада.

Довођењем у однос фонда потребног времена (T_i) и ефективног капацитета система (K_e) добија се степен поделе рада у смислу:

$$S_{p.r.} = \frac{T_i}{K_e} = \frac{q_j \sum_{i=1}^n t_{zi}}{K_e} \quad (\text{ком.})$$

где је:

K_e – ефективни капацитет система и израчунава се као производ следећих величина:

m_e - број радних дана (р.дана/вр.пер.),
 S_e - број смена (смена/дан),
 n_e – број часова у смени (час/смена),
 η_e - степен искоришћења капацитета система у смислу:

$$K_e = m_e \cdot S_e \cdot n_e \cdot \eta_e$$

и за стандардни режим рада система износи:

$$K_e = 245 \cdot 7.5 \cdot 2 \cdot 0.78 = 2867 \quad (\text{час/год})$$

Анализирајући једначину степена сложености операције рада (S_e) могу наступити следећи случајеви:

- случај 1

уколико је фонд потребног времена једнак или мањи од ефективног капацитета добија се:

$$S_{p.r.} \leq 1$$

што значи да се сви захтеви у оквиру поступка изводе у једној операцији и на једном технолошком систему ако то дозвољава врста споја. Односно нема потребе за поделом рада у систему монтаже,

- случај 2

Ако је фонд потребног времена већи од ефективног капацитета добија се:

$$S_{p.r.} > 1$$

што значи да ће доћи до поделе рада односно до груписања захвата у оквиру појединих операција и одговарајућих технолошких система. Ово условљава потребу уравнотежења времена трајања операција монтаже па се може јавити:

- случај 2.1

Степен поделе рада је већи од 1, а мањи од броја захвата:

$$1 < S_{p.r.} < n$$

што указује на потребу груписања захвата у оквиру појединих блокова у одређени број операција при чему су критеријуми груписања:

- припадност истом склопу,
 - припадност истој или технолошки сличној врсти спајања,
 - резултат монтаже је „целина” која се може транспортовати.
- случај 2.2

Степен поделе рада је већи или једнак вредности броја захвата у технолошком поступку у смислу:

$$S_{p.r.} \geq n$$

што указује да сваки захват или пак његов део може постати операција. То је случај са максималном поделом рада и најчешће се јавља у условима аутоматске монтаже производа.

На основу наведених чињеница видимо да степен поделе рада у основи одређује структуру технолошког поступка монтаже и структуру технолошког система на коме се изводи дати поступак монтаже. Он није само рачунска величина већ и израз става доносиоца одлуке о врсти и карактеристикама технолошког поступка и система на коме ће се вршити монтажа.

4.2.5. Избор организационог облика и варијанте поступка монтаже

Избор организационог облика процеса монтаже у уској је вези са разматрањима степена поделе рада. С обзиром да структура програма и изабрана средства рада одређују економичност процеса монтаже, а средства рада и организација одређују продуктивност и трошкове производње, утврђивање организационог облика процеса монтаже представља једну од важних одлука при дефинисању процеса. У вези са тим избор најповољнијег технолошко–економског облика међусобног дејства средства рада, предмета рада и учесника представља основни циљ.

При томе разликујемо:

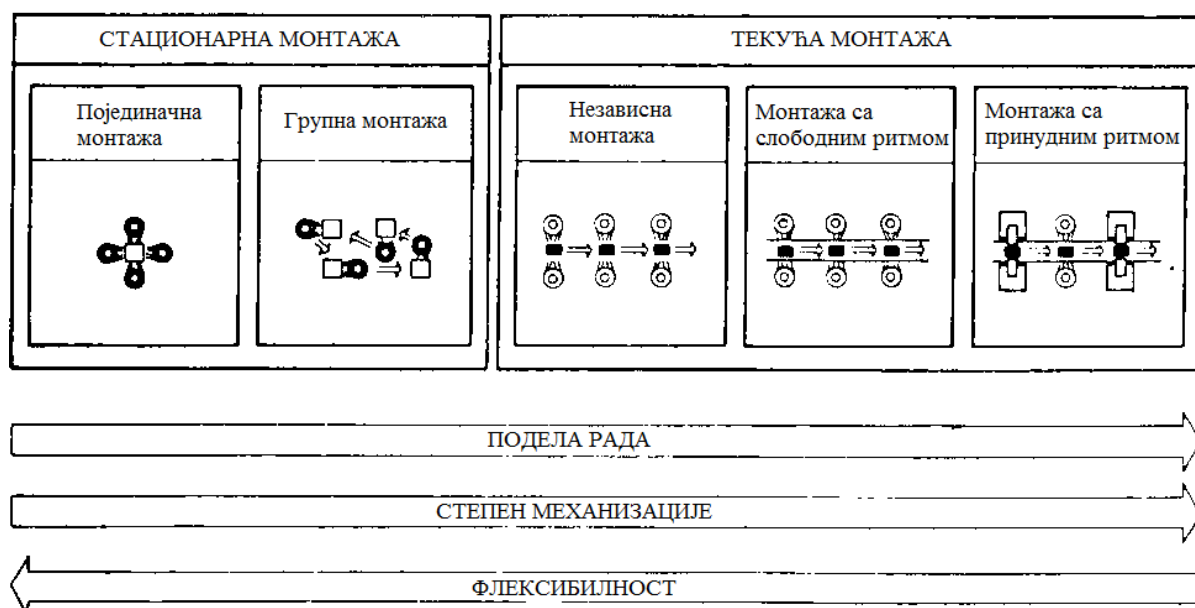
- предметни прилаз који карактерише:
 - размештај опреме по редоследу операција, односно комплетна монтажа производа у истом делу система,
 - боље идентификовање радника са производом,
 - једноставно управљање,
 - кратки транспортни путеви,
 - мање материјала у оптицају.
- процесни прилаз који карактерише:
 - размештај опреме по врсти, односно монтажа производа у различитим деловима система,
 - мање инвестиције за средства рада,
 - велика пропусна моћ система,
 - могуће груписање по здравље штетних средстава за рад,

Мастер рад

- лака примена мера заштите на раду,
- могућност преношења креативних послова, на учеснике у процесу рада.

Јављају се два основна облика монтаже (слика 30), према критеријума везаности предмета монтаже за место монтаже:

- стационарна монтажа:
 - појединачна,
 - групна.
- текућа монтажа:
 - независна,
 - са слободним ритмом,
 - са принудним ритмом.



Слика 30: Организациони облици монтаже

Време трајања операције или пак читавог процеса монтаже производа условљено изабраном варијантом технолошке структуре. С тим у вези је избор оптималне варијанте технолошког поступка условљен избором технолошке структуре операције технолошког система [4].

5. Технолошки системи монтаже

Технолошки систем монтаже представља производни систем који садржи систем за монтажу над којим се реализује процес монтаже као његова основна функција. Преко својих улаза и излаза технолошки систем монтаже је повезан са окружењем.

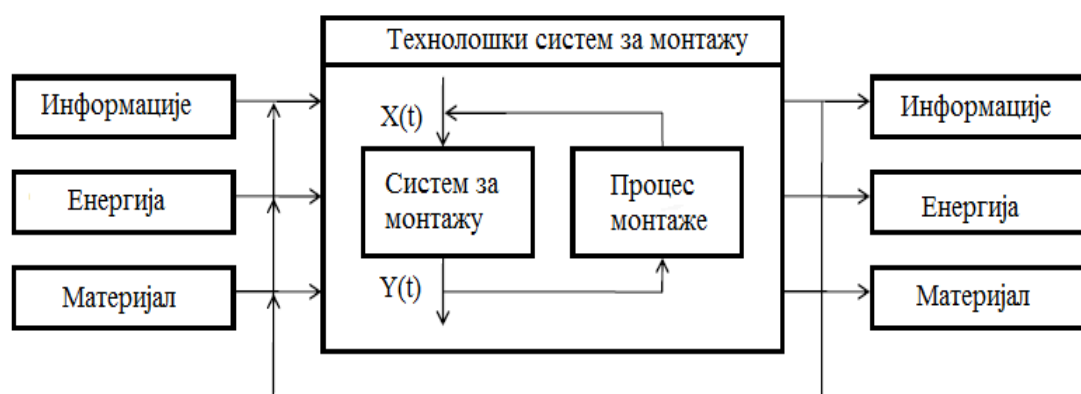
Улазе у технолошки систем монтаже чине:

- материјални улази – саставни делови, подсклопови и помоћни материјал,
- енергија и
- информације.

Изразе из технолошког система чине:

- материјални излази - производи/скопови и отпадни материјал,
- енергија и
- информације.

С обзиром да технолошки систем за монтажу спада у класу управљивих система, његова управљачка функција се остварује спољашњим дејствима и преко повратних веза које неке од његових излаза доводе на улаз.



Слика 31: Технолошки систем монтаже [6]

Технолошки системи монтаже се могу поделити на:

- ручно-механизоване технолошке системе,
- програмабилно-роботизоване технолошке системе,
- аутоматизоване технолошке системе,
- комплексне технолошке системе [4].

5.1. Ручно - механизовани технолошки системи

Код ових технолошких система поступци монтаже изводе се уз помоћ одређеног алата и прибора, искључиво уз присуство човека. Генерално посматрано, мануелни

радник, односно монтер, поседује супериорна својства у односу на вештачке системе, пре свега због своје флексибилности која је заснована на интелигенцији, сензитивности и покретљивости.

Проблем ових система за монтажу долазе са исте стране са којих долази и њихова супериорност у односу на њима алтернативне вештачке облике – човек, који са собом носи широк комплекс социјалних фактора. Ту се пре свега мисли на психички замор изазван монотонијом рада, променљивост мотивације за извршење радног задатка и са тим повезана варијација продуктивности и квалитета, сложена интеракција са другим радницима и могуће колизије по том основу (посебно у случају кооперативног рада више радника), осетљивост на физичке повреде и болести итд.

Како би олакшао рад и повећао учинак, служећи се својим интелектом, спретношћу и искуством, човек је осмишљавао разне приборе и уређаје, па тако у зависности од степена коришћења оваквих уређаја технолошки системи се могу сврстати у три групе:

- технолошки системи са чисто ручним радом,
- механизовани технолошки системи,
- делимично аутоматизовани технолошки системи.

Код технолошких система са чисто ручним радом, на уређеном радном месту се уз помоћ неопходног универзалног алата и прибора сви захтеви и операције изводе ручно.

Код механизованих технолошких система, на уређеном радном месту се уз помоћ специјално израђених уређаја, одређени захвати и операције изводе аутоматски.

Код делимично аутоматизованих технолошких система, на уређеном радном месту се одређени захвати и операција изводе помоћу специјално израђених уређаја и уз употребу стандардних компоненти, универзалног алата и прибора.

Ни мало лак задатак представља пројектовање технолошких система за извођење ручних и механизованих поступака рада, и при томе се треба придржавати неких основних правила, принципа и захтева. Основне смернице у пројектовању технолошких система представљају принципи рационалног извођења операција:

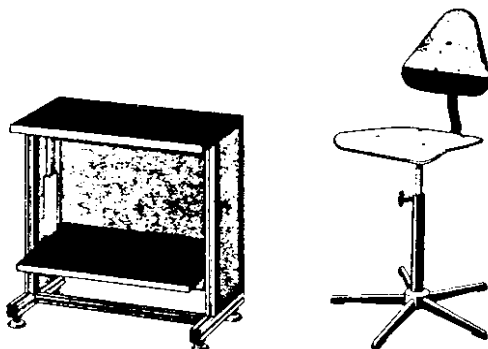
- принципи који се односе на тело учесника у процесу,
- принципи који се односе на радно место,
- принципи који се односе на уређаје.

Принципи који се односе на радно место имају највећи утицај на поступак пројектовања технолошких система:

- алатима и материјалима одредити стално место,
- алате и материјале сместити у прописана радна подручја,
- алати и материјали који се чешће користе треба да су ближе учеснику у процесу,
- распоред алата и материјала мора одговарати распореду покрета,
- довод материјала вршити уз помоћ кутија са слободним падом,
- за одвод материјала користити силу гравитације,

- нужно је осигурати видљивост предмета рада,
- потребно је наизменично смењивати седећи и стојећи став при раду,
- радна површина и столица морају обезбедити правилан положај тела учесника у процесу.

За опремање технолошког система за извођење монтаже користи се читав низ уградивих јединица, уређаја и елемената. Стандарни елементи су приказани на слици 32. Слагањем ових елемената може се знатно брже доћи до обликованог технолошког система чиме се постиже већа флексибилност система. [4,7]



Слика 32: Стандарни елементи – радни сто и столица [4]

5.2. Програмабилни – роботизовани технолошки системи

Овакви системи се састоје од програмабилног „интелигентног” робота окруженог складиштима, пуниоцима и сличном опремом за аутоматско дотурање потребних компоненти. Робот преко сензора идентификује, узима и монтира компоненте у производ или склоп. Овакви системи се састоје од једног или више флексибилних роботизованих система, аутоматског складишта и флексибилног транспортног система. Често се називају флексибилним и управљани су компјутером.

Дијаграм на слици 33, показује зависност трошкова монтаже по јединици производа од годишње производње. Може се уочити област у којој су трошкови роботизоване монтаже нижи и од ручне и од монтаже са наменским машинама (потпуна аутоматизација).



Слика 33: Трошкови монтаже у функцији обима производње [4]

Овај дијаграм се односи на високо развијене земље, јер у неразвијеним земљама су трошкови ручне монтаже још увек нижи од роботизоване монтаже. То условљава примену роботизоване монтаже само на местима опасним за људе као и тамо где је неопходан сталан, висок квалитет монтаже.

Предности роботизоване монтаже у односу на круте монтажне системе су следеће:

- економичност чак и при мањим серијама,
- могућност монтаже разних варијанти производа на истом радном столу,
- могућност аутоматизације целог тока производње укључујући снабдевање радних места, монтажу и контролу,
- једноставно и брзо репрограмирање за друго радно место,
- прилагодљивост променама производног програма [4,8].

5.3. Аутоматизовани технолошки системи

Ови системи могу се поделити у две групе:

- аутоматске машине (аутомат) за монтажу;
- делимично аутоматизоване машине (полуаутомати) за монтажу.

С обзиром да и аутомати и полуаутомати имају сличну структуру, битна разлика између њих је у начину интегрисаности учесника у процесу рада, који опслужују уређаје за монтажу и сам технолошки систем. Код аутомата, ангажује се ограничени број радника који допуњавају залихе делова на уређајима који врше аутоматску монтажу, на надзор и на контролу, док је код полуаутомата потребно непрекидно извођење ручног рада у оквиру процеса монтаже.

Аутоматизовани технолошки системи за монтажу се могу поделити и према начину одвијања и принципу рада уређаја за транспорт између појединих станица за монтажу унутар технолошког система, а у зависности од броја станица, односно захвата и броја циклуса у минути. Према начину на који се крећу деле се у две групе:

- континуални трансфер системи и
- дисконтинуални односно, индексни трансфер системи.

Према облику путање кретања могу бити:

- ротациони трансфер системи и
- линијски трансфер системи.

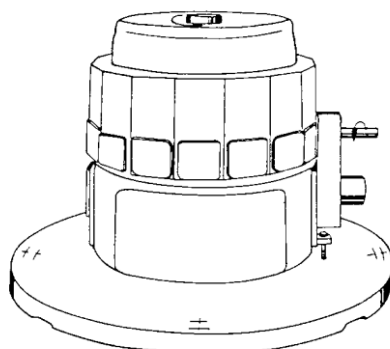
Веома је заступљен модуларни принцип градње и пројектовања код ових система. Он омогућава да се полазећи од стандардизованих уградних јединица формира велики број различитих сложених система, чиме се смањују трошкови пројектовања и развоја нових решења. Значајни су следећи модули:

- основни модул,
- наградни модул [4].

5.3.1. Основни модул

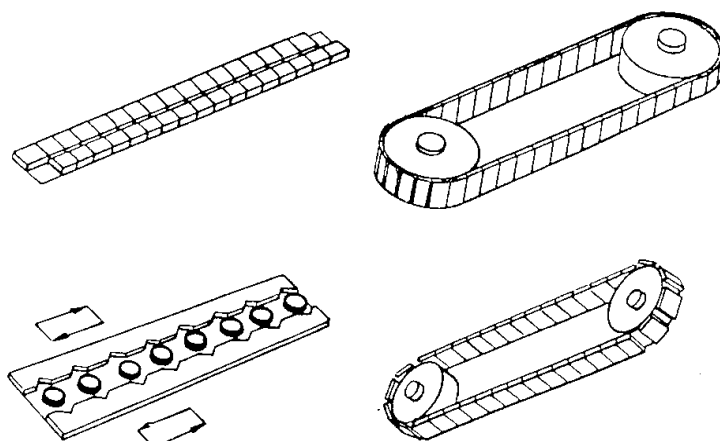
Представља основни градивни елемент, који након уграђивања надградних модула прелази у функционално способан технолошки систем. Основни модули се у основи састоје од :

- основног постоља (слика 35),
- транспортног уређаја (слика 36),
- погона,
- уређаја за управљање радом надградних јединица



Слика 35: Основни модул – постоље аутомата за линијски транспорт [4]

Применом модуларног прилаза у пројектовању технолошких система за монтажу смањује се потребан рад на пројектовању применом стандардизованих градивних јединица.



Слика 36: Основни модул – елементи транспорта [4]

5.3.2. Надградни модул

Представља елементе система уз помоћ којих се изводе основни и помоћни захвати спајања на аутоматизованој машини за монтажу. Остварење помоћних захвата, који чине скуп елементарних помоћних захвата, обезбеђују разноврсни носиоци. Ови

носиоци су различити уређаји и механизми, засновани углавном на механичком принципу. Редослед помоћних захвата при аутоматској монтажи је следећи:

- оријентисање,
- транспорт и складиштење,
- улагање,
- контрола присуства,
- стезање,
- отпуштање,
- окретање (промена позиције),
- одлагање.

Основни захвати у монтажи представљају захвате спајања, па су за неке од њих развијене стандардизоване уградне јединице, као што је аутоматски увртачи (слика 37). Потешкоће у поступку аутоматизације увртања вијака чине неисправни вијци, али и нечистоћа и појава струготине.



Слика 37: Аутоматски увртач [9]

На тржишту се могу наћи стандардизоване јединице за извођење и других поступака спајања као што су: јединице за лемљење, лепљење, утискивање ознака и за заваривање свим познатим поступцима [4].

5.4. Комплексни монтажни системи

Чест назив за комплексни технолошки систем представља и линија за монтажу, под којом се подразумева технолошки систем на коме се изводи поступак монтаже за све предмете операцијске групе. Чине га следећи технолошки системи односно модули:

- основни монтажни,
- за повезивање (транспорт),
- за складиштење,
- за управљање читавим системом.

Основни технолошки системи се могу повезивати у крутом или у слободном облику. Ранијих година често је вршено круто повезивање ручно механизованих

технолошких система за монтажу (мануелних радних места). Због недостатака које имају овакве линије монтаже, данас се углавном тежи да се ови системи преведу у системе са слободно повезаним појединачним радним местима [4].

5.4.1. Слободни трансфер системи

Ови системи су изведени из концепта производних трансфер линија релаксирањем одређених ограничења. Код слободних трансфер система се прелаз носача склопа који се монтира са једне на другу радну станицу остварује асинхроним кретањем, за разлику од крутих трансфер система код којих је ово кретање синхроно.

Код ових система, носач склопа који се монтира изводи се у облику палете. Под палетом подразумевамо независан механички склоп који остварује две функције:

- функцију механичке и информациону спрегу са трансфер системом линије и
- функцију позиционирања и фиксирање склопа који се монтира, а у извесним случајевима делова који се уграђују у склоп.

Извођењем носача склопа који се монтира у облику палете, омогућава увођење концепта асинхроног рада радних станица и концепта гранања тока процеса монтаже. То трансфер систему као производној технолошкој форми, даје нове квалитете, пре свега флексибилност.

Употреба концепта палете, омогућава остваривање велике аутономије склопа који се монтира. Под аутономијом се подразумева слободно кретање и то по просторној оси (слободан избор трајекторије) и слободу по временској оси (слободан избор стања мировања и стања кретања, укључујући и слободу избора редоследа технолошких секвенци).

Кретање палета је у основи кружно. Почиње од улаза, односно од прве радне станице и завршава се на излазу, где се формирани подсклоп или склоп скида са палете и празна палета враћа на улаз система.

Кружни ток палета се у реализује кроз две основне форме:

- кружни ток у вертикалној равни,
- кружни ток у хоризонталној равни.

Код једноставнијих система примењује се кружни ток палета у вертикалној равни (слика 38). Конвејер се састоји из једне праве деонице (главна магистрална линија), на крају које се врши пражњење палете. Празна палета се одговарајућим манипулационим системом пребацује на други висински ниво (најчешће је то испод главне магистрале), повратном магистралом враћа на почетак линије, где се инверзним манипулационим модулом доводи на ниво главне магистрале, чиме се циркулаторни ток завршава.

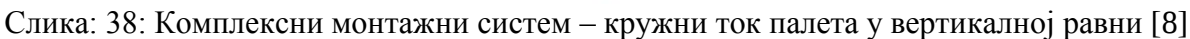


Diagram illustrating the layout of a robotic assembly line. The components labeled are:

- Палета (Pallet)
- Бочни конвејер (Side conveyor)
- Погонска јединица (Drive unit)
- Затезна јединица (Tensioning unit)
- Станица за пражњење (Emptying station)
- Аутоматска радна станица (Automatic work station)
- Мануелне радне станице (Manual work stations)
- Конвејер Траса 2 (Conveyor Track 2)
- Затезна јединица (Tensioning unit)
- Погонска јединица (Drive unit)
- Аутоматске радне јединице (Automatic work units)
- Конвејер Траса 2 (Conveyor Track 2)
- Погонска јединица (Drive unit)

Александар Томић 350/2012

Веома значајно је да се оствари функционална изолација улаза и излаза линије у оба случају. Овим се спречава појава ситуације у којој ће прва радна станица чекати ослобађање палете на крају линије [4,8].

5.4.2. Кружне (роторске) аутоматске линије за монтажу

Примењују се за монтажу мањих и простијих делова, при чему се монтажа изводи континуално, без периодичног заустављања једног или више ротора повезаних у једну целину. Прелазак објеката са једног на други ротор изводи се уз помоћ транспортних ротора који истовремено испуњавају неколико допунских функција (преоријентација делова, контрола положаја, контрола присуства итд.).

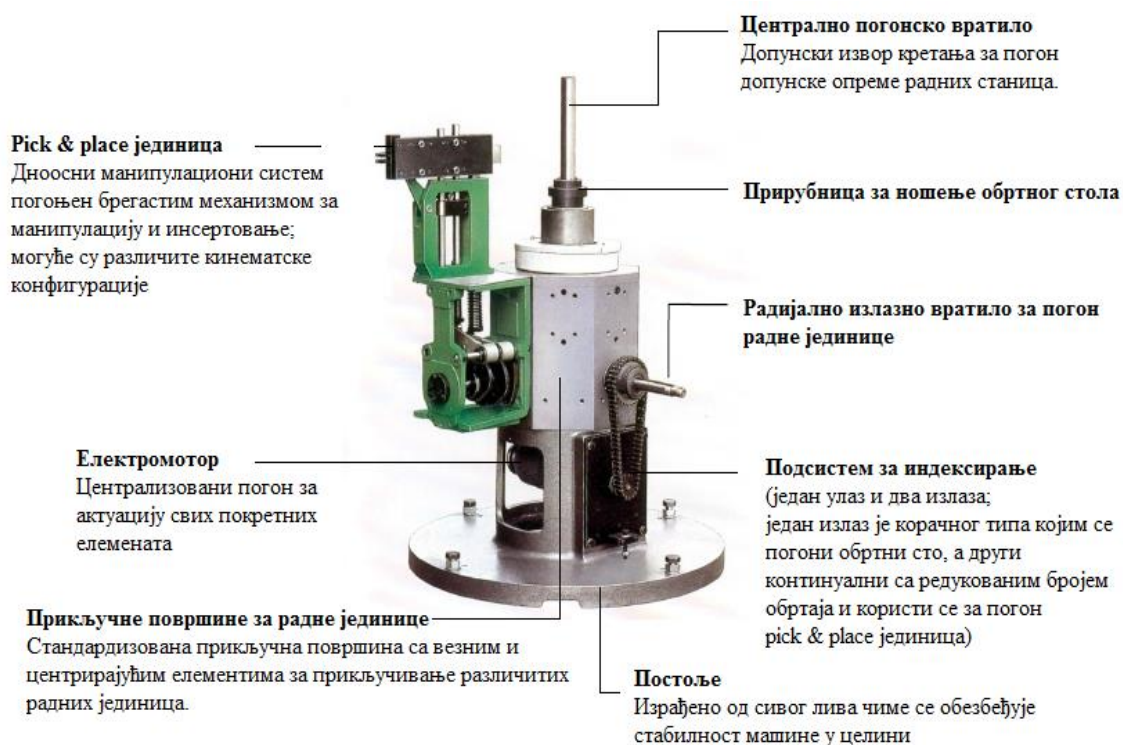
Овакав вид монтажних линија има ограничене технолошке могућности и није могућа њихова примена код делове средњих и крупних димензија ни за делове сложене конструкције. Тешко се обезбеђује висока чврстоћа, тачност и вибра-постојаност, зато што се и делови и уређаји у процесу монтаже налазе у кретању. Карактер кретања радних уређаја и прибора одређује технолошке могућности роторских линија, и обично је то наизменично праволинијско кретање дуж осе ротора и њихово обртно кретање.

Роторске линије за монтажу састоје се од:

- робусно изведеног постоља које носи читаву машину,
- индексног погонског подсистема за корачно кретање,
- обртног стола са носачима склопа који се монтира,
- радних јединица које су радијално распоређене по ободу трансфер система,
- пратеће опреме радних станица (систем за увођење у делова у процес и слично) и
- управљачког система.

Могућност спајања процеса монтаже са непрекидним транспортом, тј. високим нивоом непрекидности технолошког процеса представља основну карактеристику система роторних машина. При томе се: упрошћава техника аутоматског управљања и регулисања, смањује се вредност (цена) потребне опреме, повећава се квалитет процеса, повећава се поузданост експлоатације итд.

Код савремених роторских машина број радних станица ограничава се на 16 а комплексни производи се монтирају на 2 или више асинхроно спрегнутих трансфер система (хибридни системи). Оваквим приступом се постижу боље перформансе система у експлоатацији – већа продуктивност и једноставније одржавање. На слици 40 приказана је роторска машина са 8 радних станица:



Слика 40: Роторски систем са 8 радних станица [11]

Применом роторски машина постиже се могућност аутоматизације монтажних процеса серијске производње при склапању многопозиционих склопова. Производност са јединице производне површине, већа је обједињењем појединих роторних линија у систему са чврстом међуоперационом везом, него при непрекидној линији из роторних аутомата [4,11].

6. Концепције монтаже

Систем за монтажу представља комплексан и високоорганизован систем код кога је радна станица основни функционални елеменат. Организација једног система за монтажу, која је одређена:

- бројем радних станица,
- просторним размештајем радних станица, и
- међувезама између радних станица,

условљена је:

- величином производа који се монтира,
- сложености конструкције производа који се монтира,
- обимом серије и/или циклусним временом, и
- скупом наметнутих ограничења.

Разликују се два основна облика организације система за монтажу:

- непроточна монтажа,
- проточна-линијска монтажа.

Непроточна монтажа јавља се у два вида:

- стационарна монтажа,
- покретна монтажа.

За мање обиме производње и предмете једноставније структуре организује се стационарна монтажа. Она је углавном карактеристична за појединачну и малосеријску производњу.

У случају стационарне монтаже реч је о следећим типовима:

- монтажа се изводи на радној површини погона монтаже без посебне опреме,
- монтажа се изводи на посебно израђеним и за процес монтаже припремљеним радним местима,
- за монтажу се користе специјални алати и машине,
- производ се монтира на свом фундаменту.

Покретна монтажа се остварује на станицама за монтажу, уз слободно или принудно премештање објекта монтаже, механичким средствима унутрашњег транспорта, непрекидног или периодичног дејства. Карактеристична је за малосеријску и серијску производњу.

Оваква организација процеса монтаже, најчешће се примењује код сложених производа великог габарита као што су машине алатке, производне линије, авион, брод, и томе слични производи који се по правилу израђују уникатно, појединачно или

у врло малим серијама. На слици 41 приказан је пример ове организације процеса монтаже:



Слика 41: Монтажа авиона [10]

У приказаном примеру, због изузетне комплексности производа није могуће организовати монтажу на једној локацији, пре свега због проблема концентрације великог броја различито специјализованих ресурса. Монтажа је у овом случају просторно и временски дислоцирана. Завршну монтажу је потребно обавити на једној локацији и то на тај начин што специјализоване екипе радника циркулишу око радног места и симултано обављају планиране задатке.

Системи монтаже у коме се целисходно заокружене активности обављају истовремено у оквирима одређеног времена односно такта представљају проточну монтажу. Организује се у облику линије и примењује се код великосеријске и масовне производње за завршну израду производа сложене структуре.

Избор оптималне организације и избор основних параметара линије представљају основне проблеме при постављању једне линије и њеном пројектовању. У погледу организације линије могуће је извршити систематизацију у односу на ток, ритам и начин обраде.

За примену проточне методе монтаже посебно је значајна припремна фаза управљачког процеса која обухвата низ активности као што су:

- испитивање тржишта,
- дефинисање дизајна и основних карактеристика производа,
- проучавање развијености индустрије и могућности кооперације да прихвати један број делова из производног програма разматраног производа,
- одређивање оптималног обима производње итд [4,6].

6.1. Концепције мануелне монтаже

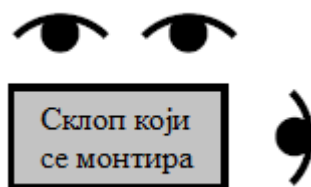
Мануелна монтаже је далеко најзаступљенији технолошки облик индустријске монтаже производа. Најважнији технолошки захтев при градњи мануелних система за монтажу је ергономија и психосоцијални аспекти радника. Проблем се јавља у виду монотоније рада која драстично снижава мотивацију радника и његову продуктивност, па је један од начина којим се ово решава ротација радних места.

Веома је важно да мануелна радна станица буде тако пројектована да обезбеђује конфоран рад у седећем или стојећем положају. Радник би требао да има могућност избора радног положаја и да га по потреби мења у току дана, чиме се спречава појава умора и монотоније рада.

Код система са непокретним склопом (стационарна монтажа) који се монтира технологија монтаже се организује у два основна облика:

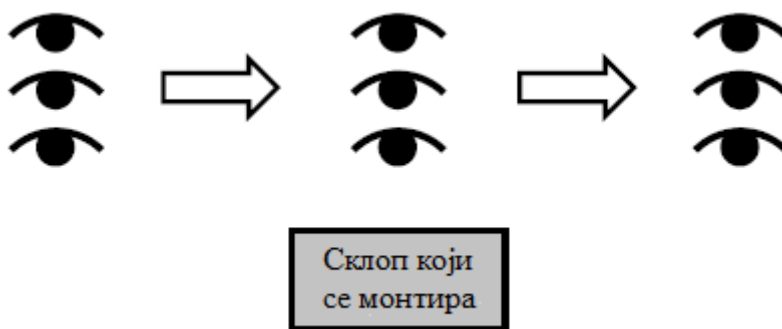
- без поделе технолошког задатка,
- са поделом технолошког задатка.

При овој организацији у случају мануелне монтаже без поделе технолошког задатка, један или више радника могу реализовати комплетан процес монтаже производа (слика 42).



Слика 42: Један или више радника реализују монтажу [7]

Такође, монтажу могу обављати више посада коју чине специјализовани радници који реализују комплетан задатак монтаже производа (слика 43). Посаде се смењују у складу са планом монтаже.



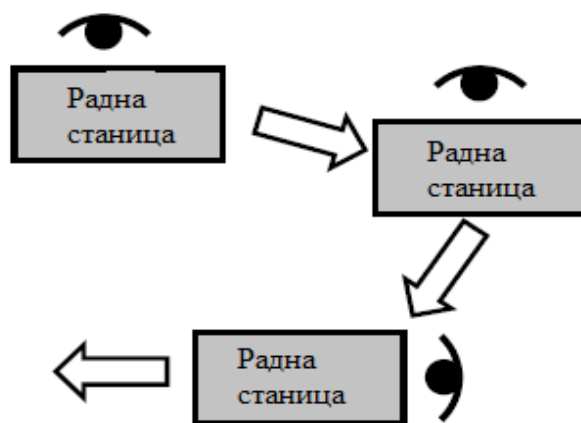
Слика 43: Посаде реализују монтажу [7]

У случају мануелне монтаже са поделом технолошког задатка, технологија монтаже се организује у два основна облика:

- монтажа у форми радионице,
- монтажа у форми производне линије.

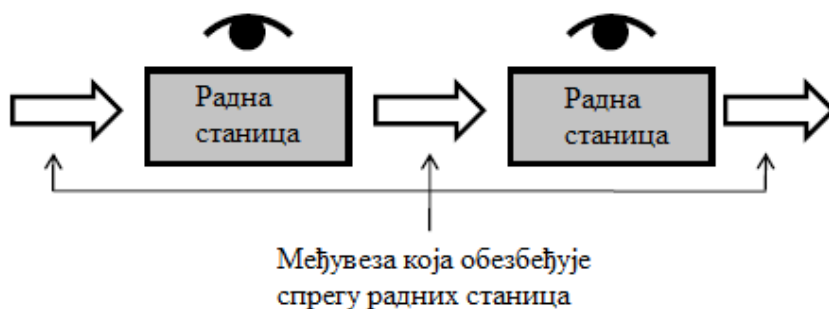
Под поделом технолошког задатка овде се подразумева подела укупног задатка монтаже производа на специјалности, најчешће по подсистемима, као што су механика, пнеуматика, управљање итд.

Радна станица представља кључни технолошки ентитет на којој се реализује једна или више операција монтаже. Концепт радионице (слика 44) примењује се код једноставнијих производа и у случају малих серија, где склоп који се монтира кружи по радним станицама.



Слика 44: Концепт радионице за монтажу [7]

Концепт производне линије (слика 45) изведен је из концепта радне станице, где су радне станице организоване у форми линије за монтажу и међусобно су повезане заједничким транспортним системом.



Слика 45: Концепт линије за монтажу [7]

Код линијских структура међувеза која обезбеђује спрегу радних станица може да буде изведена на три основна начина:

- међувеза преко радне површине,
- међувеза регалним колицима,

- међувеза конвејером [7].

6.2. Концепције роботизоване монтаже

Роботизована монтажна радна места могуће је организовати на више различитих начина. С тим у вези, просторне структуре са роботима могу бити класификоване у три основна типа:

- роботизована монтажна ћелија,
- роботизована монтажна линија,
- просторне структуре са мобилним роботима [4].

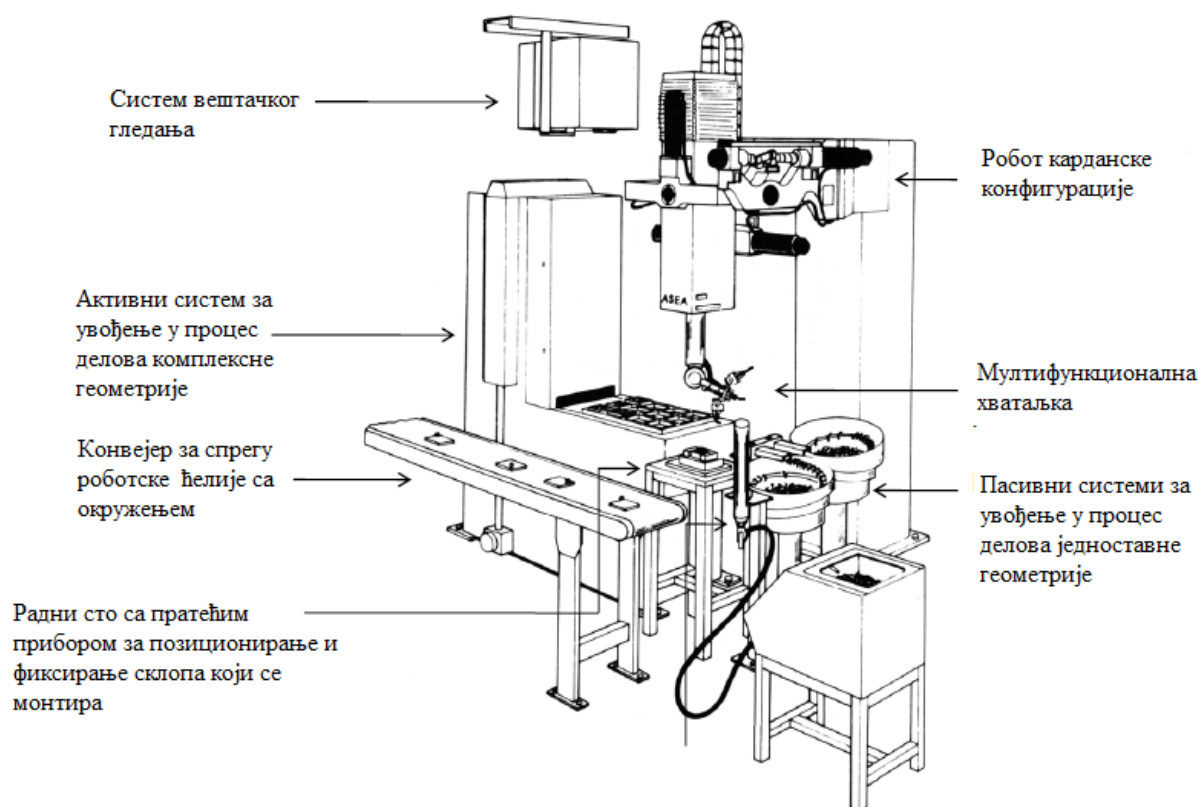
6.2.1. Роботизоване монтажне ћелије

Сви предмети рада потребни за обављање одређене монтажне операције код роботизованих монтажних ћелија, доводе се до робота на једном радном месту. При ручној монтажи се оваква радна места користе за малосеријску производњу, док при роботизованој монтажи примењују се када је мали број предмета рада и захвата монтаже.

Поступак монтаже се обавља релативно споро, чак и када су једноставнији производи у питању. Ограничена је на циклусна времена система у интервалу од 25 до 120 секунди, при чему је горња граница мање стриктна и може да буде значајно већа уколико је величина производа који се монтира велика, као на пример у аутомобилској индустрији или индустрији апарата за домаћинство.

При истим осталим условима, производност ћелије је обрнуто пропорционална броју делова у монтажи. Такође и овде важи законитост да што је више делова који се монтирају, мања је поузданост система. Рационална примена роботских ћелија је за склопове који имају до 20 компоненти.

Већи број различитих предмета рада који се монтирају представља проблем пројектантима хватаљки и других прибора. Велика предност ове конфигурације је да захтева најмање капиталне трошкове за малосеријску аутоматизовану производњу [4,8].



Слика 46: Типична конфигурација роботске ћелије за монтажу [8]

6.2.2. Роботизована монтажна линија

Основна разлика између роботизованих монтажних линија (слика 47) и монтажних линија са људима је у томе што се уместо радника постављају роботи. Предмети рада се крећу праволинијски, било да се за повезивање више радних станица у линију користе конвејери (константан ритам) или покретне траке (слободан ритам).

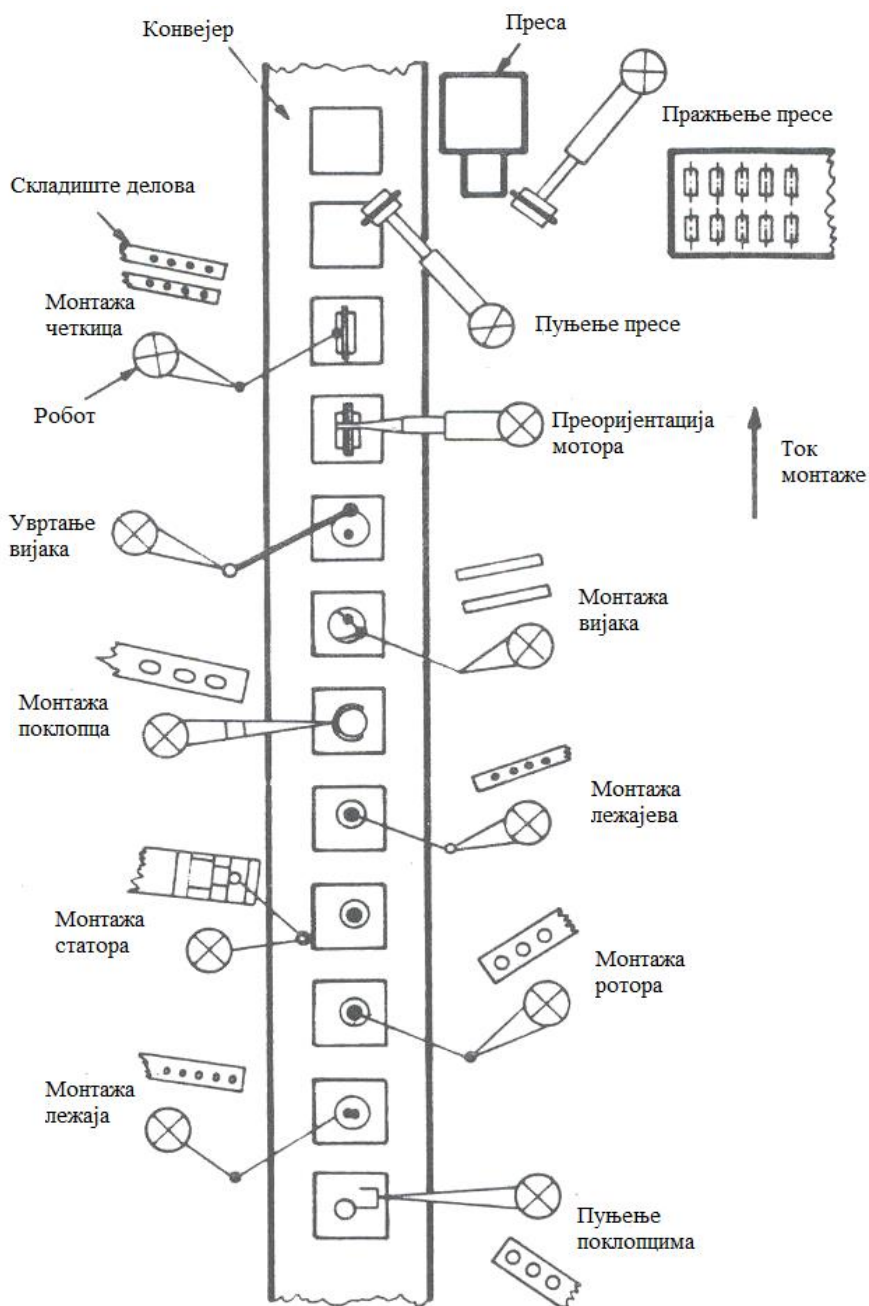
Може се рећи да су роботизоване монтажне линије најпогодније при производњи у средњим серијама, а у неким случајевима и при умеренијој високосеријској производњи. Роботизоване монтажне линије користе предности које проистичу из особине робота да се лако програмира и тако омогућава да се иста монтажна линија користи за различите производе који се праве у мањим серијама. Ово је посебно значајно у случају средње серијске производње, док у случају умереније великосеријске производње, роботизоване линије корисно је применити када постоје извесне разлике у стилу производа који захтевају алтернативне производе.

Већа продуктивност и боље искоришћење алата и других помоћних уређаја, представљају основне предности роботизованих линија у односу на роботизоване монтажне ћелије. Недостаци су следећи:

- знатно већа цена јер се примењује много више робота,
- посебан систем за транспорт и

Мастер рад

- смањена поузданост система јер отказом једног робота или уређаја престаје са радом цела линија [4].



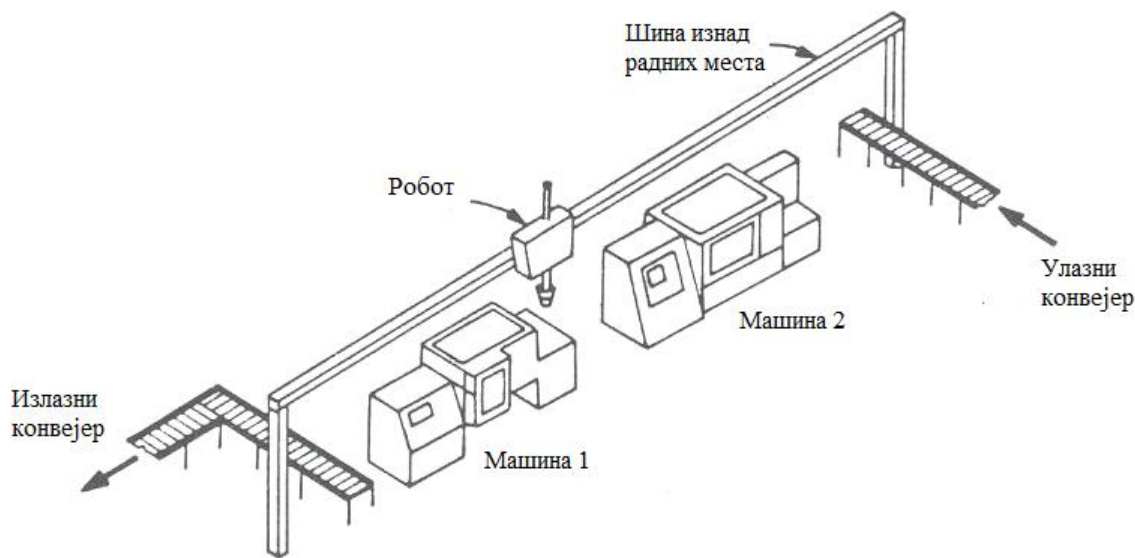
Слика 47: Роботизована монтажна линија [4]

6.2.3. Просторне структуре са мобилним роботима

Просторне структуре са мобилним роботима се могу организовати на два начина:

- роботи постављени на шинама,
- роботизована возила (аутоматски вођена возила).

Роботи постављени на шинама се користе за повезивање два или више радних места, односно када треба да послужују више машина за монтажу са дужим циклусима монтаже. Ово се постиже тиме што робот има могућност да дели своје време рада на послуживање више монтажних радних места и тиме да избегне слабу искоришћеност коју би имао у случају да послужује само једно радно место. Шине се постављају на поду или изнад радних места (слика 48). Главна предност постављања шина изнад радних места је мањи потребан простор, а недостатак су већи трошкови него код шина постављених на поду.



Слика 48: Мобилни робот са шинама постављеним изнад радних места [4]

Код роботизованих возила постављају се траке испод пода, које служе за навођење возила. С обзиром да се ове траке углавном постављају по постојећим транспортним путевима унутар фабрике, роботизована возила обично имају звучне и светлосне сигнале за упозорење и уређаје за заустављање у случају наилаaska на препреку. Примењују се на два начина:

- аутоматски вођено возило се користити за снабдевање монтажних места предметима рада и потребним уређајима и алатима,
- аутоматски вођено возило носи на себи базни елемент и иде по одређеном редоследу до монтажних радних места потребних за комплетирање целокупног технолошког поступка монтаже [4].

6.2.4. Анализа циклусног времена робота

Циклусно време робота је веома важно, било да се ради о пројектовању, планирању или програмирању ћелије, јер оно утиче на производност која је значајан фактор примене робота. На бази познате методе из организације рада за расчлањавање операције на покрете са унапред датим временима (*MTM- Methods Time Measurement*) развијена је РТМ (*Robot time motion*) метода за процену времена потребног за одговарајући радни циклус робота.

Ова метода омогућава инжењеру да пореди различите варијанте извршења задатака, а може да послужи и при избору робота поредећи различите типове. Има 10 општих елемената циклуса робота, подељених у 4 групе:

- елементи кретања робота са и без оптерећења,
- елементи сензорских активности (F , препознавање,...),
- елементи препознавања ЕЕ (хватачи и алати),
- елементи чекања.

Зависно од модела робота, времена за остваривање ових елемената циклуса су различита, и она морају бити одређена за сваки конкретан робот при коришћењу РТМ.

Могућа су 4 приступа за одређивање појединих елемената циклуса:

- коришћењем табела елемената са временима, што је и најчешћи приступ,
- коришћењем регресионих једначина за компликованије елементе, чија су времена трајања сложене вишефакторне функције,
- метода “управљано кретање”. Односи се на елементе кретања и базира се на кинематичкој и динамичкој анализи покрета робота, тако да се времена срачунавају на основу промене кретања и брзине,
- метода “геометрије путање”. Слично као и претходна на основу пута и брзине одређује време трајања. Код ове методе се не мора посматрати цело кретање, већ само зглоб који има највећи утицај.

За већину ових метода развијени су симулациони програми. Најпогоднији за симулацију је последњи наведени метод [12].

7. Флексибилни прибори за израду сложених просторних делова

Развој такозваних флексибилних стезних прибора наметнут је интензивним развојем индустрије, потребама за брзим изменама и освајања производње нових производа. Велики број проблема јавља се при пројектовању и изради прибора за стезање код производње делова технологијама спајања, нарочито код малосеријске и појединачне производње склопова:

- трошкови пројектовања прибора заузимају значајно место у трошковима почетка производње склопова,
- високо учешће цене прибора у цени производа,
- дуг период времена од пројектовања до израде прибора, односно почетка производње, што може да утиче на конкурентну способност произвођача.

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

- тачно позиционирање и стезање саставних елемената,
- слободан приступ елементима за заваривање или другим приборима и
- лако улагање елемената и вађење заварених склопова.

Употребом алата за чију конструкцију и израду треба уложити одговарајућа новчана средства, претходни захтеви морају се испунити без обзира на величину производне серије [14].

7.1. Флексибилни стезни прибори

Израда склопова сложених просторних форми, као што су каросеријски делови аутомобила, изискује потребу за скупим алатима специјалних конструкција. Употреба ових алата економски је оправдана приликом производње већих серија, док код израде делова у малим серијама, као и прототипова њихова примена поскупљује производњу у толикој мери да је њихово коришћење готово искључено.

Прибори за израду сложених делова у данашњој производњи се пројектују за израду сваког склопа посебно. При томе степен аутоматизације зависи од величине производне серије тог склопа. Код малосеријске производње и при изради прототипова, прибори су прилагођени таквој производњи. То практично значи да су постављања елемената и њихово стезање мануелни.

Проблем израде сложених склопова у оквиру задатих толеранција, који имају сложен облик дефинисан величинама у тродимензионалном ортогоналном систему, је у основи проблем позицирања и стезања саставних елемената склопа, како би се омогућила потребна заваривања или друге врсте спајања и добио склоп у прописаним толеранцијама. Исти проблеми се јављају и код склопова сложених просторних форми у другим гранама металопрерађивачке индустрије.

Разликују се сложени склопови мањих димензија и сложени склопови веома великих димензија. Склопови великих димензија се срећу код возила већих димензија, аутобуса, комбија, доставних и специјалних, теретних и наменских возила и сл.

Основни елементи прибора за израду сложеног склопа су радни сто и елементи за позиционирање и стезање. У зависности од величине и сложености склопа усваја се величина радног стола, као и број и оптималан распоред елемената за позиционирање и стезање. Величина производне серије израђиваних склопова не утиче на ове елементе.

Потреба 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, довео је до развоја флексибилног прибора. Захваљујући томе, решен је проблем економичне израде сложених склопова који се раде у малосеријској и појединачној производњи, као и израда прототипова у истим областима производње.

У овом раду приказан је пример примене флексибилног стезног прибора аутора Капларевић Мирослава, који је јединствен на овим просторима што је потврђено признавањем патента и добијањем патентне заштите 2003 године под бројем 49007.

Пројектовање је остварено преко система елемената чија конструктивна решења омогућавају потпуно покривање простора изнад површине радног стола. Ово је могуће захваљујући комбиновању њихове међусобне упаривости и могућности подешавања међусобног положаја елемената и могућности подешавања положаја формираног склопа на површини стола захваљујући урезаним "Т" жлебовима.

Потпуно покривање простора по површини стола и по висини до оног опсега, који је усвојен за висину основних заварених склопова и основних носећих плоча, омогућују основни елементи система, урађени према критеријумима који постављају теоријски принципи покривања простора. То нам омогућава остварење практично неограниченог броја комбинација реперних и стезних група у опсегу који сами одређујемо габаритима радног стола и основним елементима флексибилног система [14].

7.2. Флексибилни стезни прибори за делове мањих димензија

Већ је речено да минималну конфигурацију каросеријског алата за израду делова мањих димензија чине радни сто, реперне и стезне групе, као и да су величина радног стола, број и оптимални распоред реперних и стезних група у функцији величине и сложености склопа а независни од величине производне серије израђиваних склопова.

Употреба флексибилних алата потпуно задовољава захтеве које каросеријски алат треба да испуни. То се постиже стандардним елементима система, конструкцијом и израдом специфичних елемената (ослонаца, притискача и слично) који се касније користе при формирању конфигурације алата за релевантни склоп.

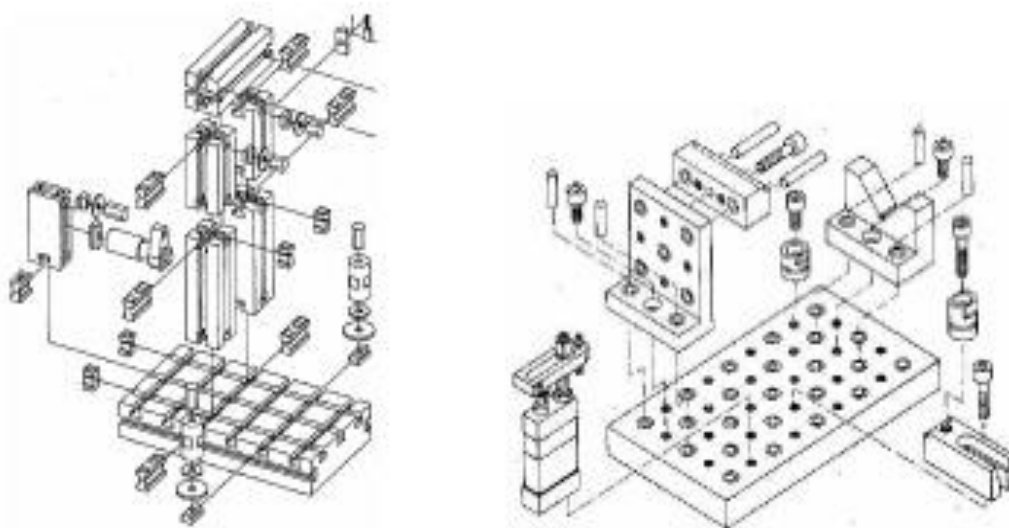
Оптималним комбиновањем стандарних елемената добијају се жељене стезне и реперне групе које представљају конструкцију алата за формирање релевантних

склопова на флексибилном алату. Како је већ речено пројектују се само специфични елементи чију функцију није могуће добити коришћењем стандардних елемената система.

На основу верификованог узорка склопа, мерењем у координатном систему стола или комбиновано, врши се формирање дефинисане конструкције алата за одређени склоп. По завршетку израде врши се демонтажа група и може се приступити пројектовању и монтажи алата за израду новог склопа.

Постојећа решења флексибилних стезних прибора за делове мањих димензија могу се разврстати у две групе:

- радна плоча са отворима (има отворе преко којих се врши везивање елемената прибора, слика 49),
- радна плоча са жлебовима (има „Т” канале у облику жлебова преко којих се врши везивање елемената прибора, слика 49).



Слика 49: Примери склопова прибора: системи са жлебовима и отворима [14]

Варијанта флексибилног алата са радним столом који уместо „Т” канала има отворе за вијчане везе је једноставнија и са знатно мањом ценом, али код овог решења је у мањој мери умањена флексибилност алата.

Флексибилни алат се поред израде каросеријских склопова у редовној малосеријској производњи може користити у прототипској изради поменутих склопова, затим при монтажи и заваривању разних других склопова сложених форми.

Основне предности флексибилног алата су следеће:

- вишеструко снижење трошкова по јединици производа са аспекта цене коштања алата,
- вишеструко скраћење времена потребног за стварање услова за производњу,
- вишеструко скраћење времена потребног за конструкцију алата и
- потпуна елиминација времена чекања на израду алата.

Мастер рад

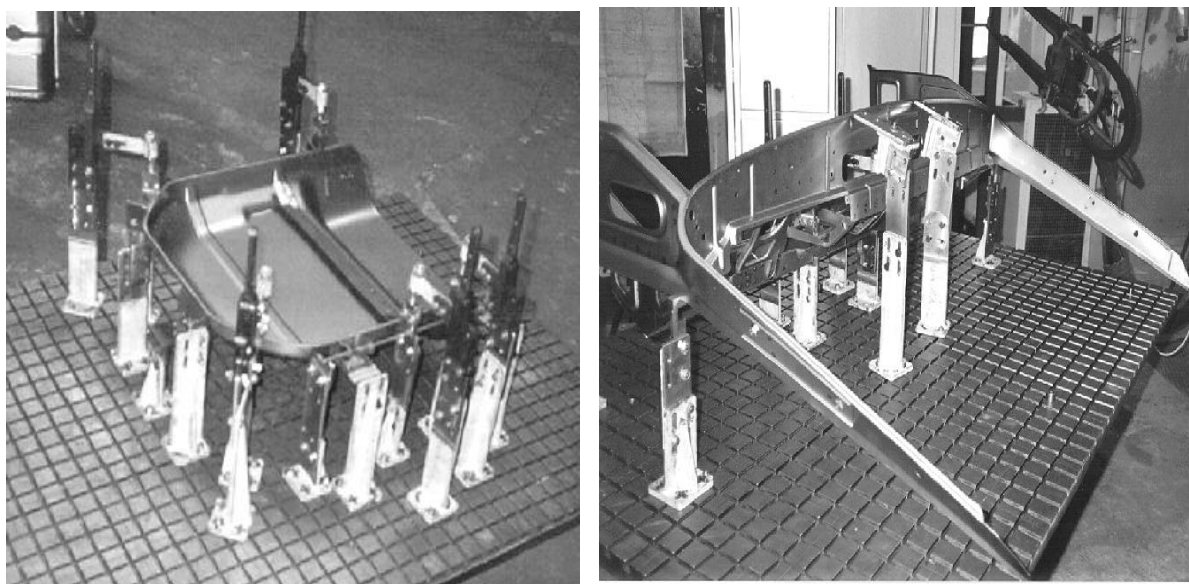
Код израде прототипова и узорака омогућено је:

- мерење у координатном систему стола и
- олакшано постављање и фиксирање саставних делова склопа.

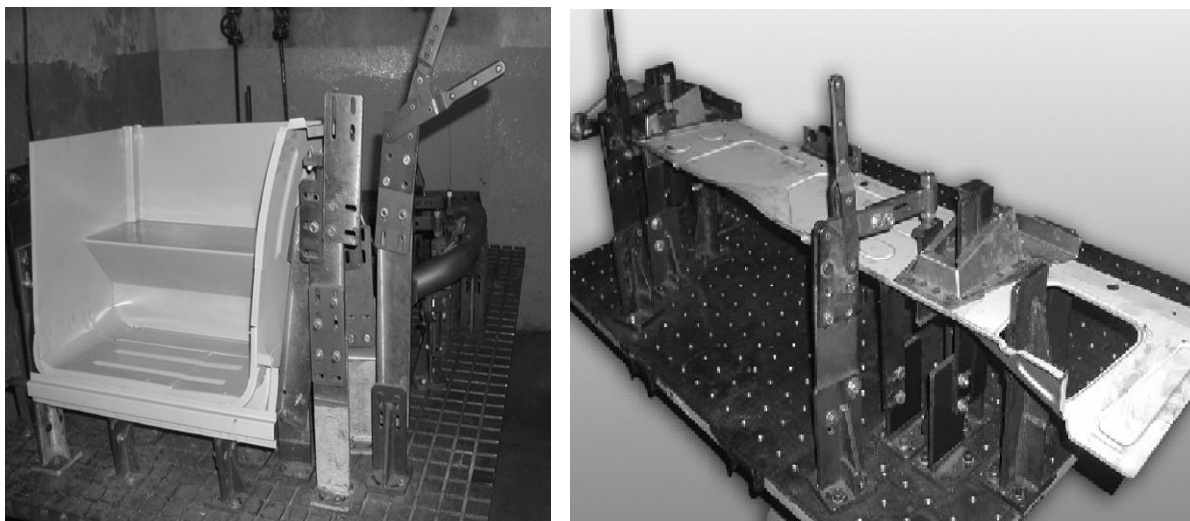
На следећим сликама су приказани примери практичне примене флексибилног алата при изради сложених склопова мањих димензија намењених за камион.



Слика 50: Флексибилни стезни прибори за делове мањих димензија [14]



Слика 51: Флексибилни стезни прибори за делове мањих димензија [14]



Слика 52: Флексибилни стезни прибори за делове мањих димензија [14]

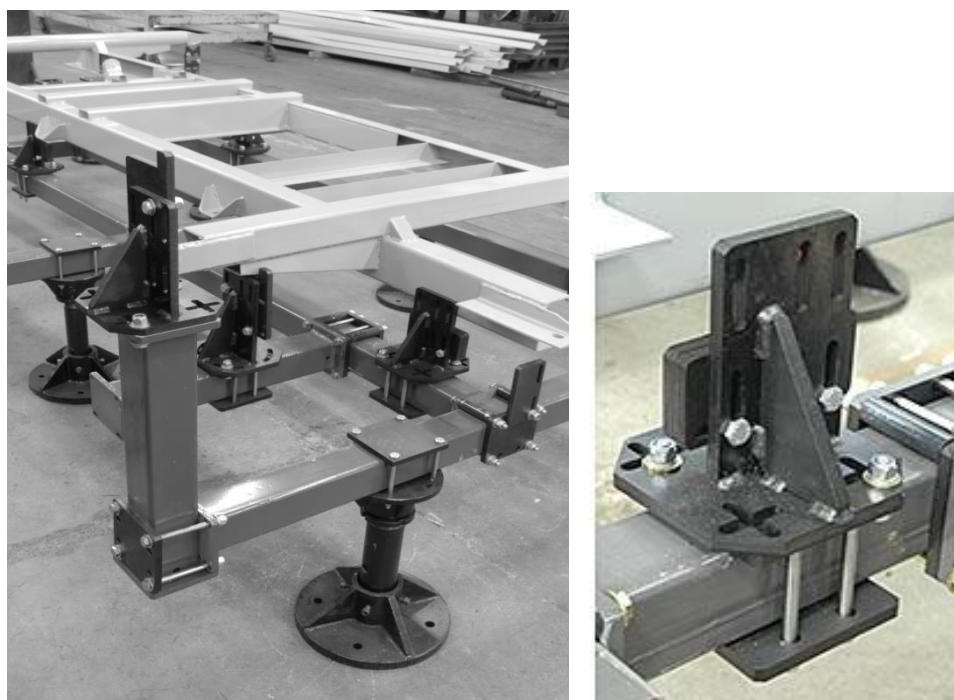
7.3. Флексибилни стезни прибори за делове великих димензија

Посебна конструкција флексибилних алата развијена је за израду великих сложених просторних форми, такође од аутора Капларевић Мирослава. Ова конструкција се базира на концепту модуларне решеткасте платформе, која замењује радни сто са ‘Т’ каналима стандарним елементима посебно дизајнираних за израду великих склопова. Омогућено је међусобно комбиновање модула решеткасте платформе тако да се добијају конфигурације ’’радног стола’’ које су оптимална основа за постављање конфигурације алата за израду релевантног склопа.

Комбиновањем специјално дизајнираних стандардних елемената омогућено је постављање конфигурације која може да прихвати веома велике елементе склопова који се израђују на овом флексибилном алату. На следећим сликама је приказана примена флексибилног стезног алата намењеног за израду веома великих склопова сложених просторних облика.



Слика 53: Флексибилни стезни прибори за делове великих димензија [14]



Слика 53: Флексибилни стезни прибори за делове великих димензија [14]



Слика 54: Флексибилни стезни прибори за делове великих димензија [14]



Слика 55: Флексибилни стезни прибори за делове великих димензија [14]

Флексибилни алати за израду каросеријских и других склопова сложених облика пружају низ предности које се потврђене у вишегодишњој примени:

- пројектовање флексибилног алата за израду мањих и средњих димензија склопова,
- пројектовање флексибилног алата за израду великих склопова,
- израда флексибилног алата у многим производним погонима и
- оснивање посебног предузећа или иновационог центра за пројектовање и производњу прототипова, малих и средњих серија сложених просторних склопова [14].

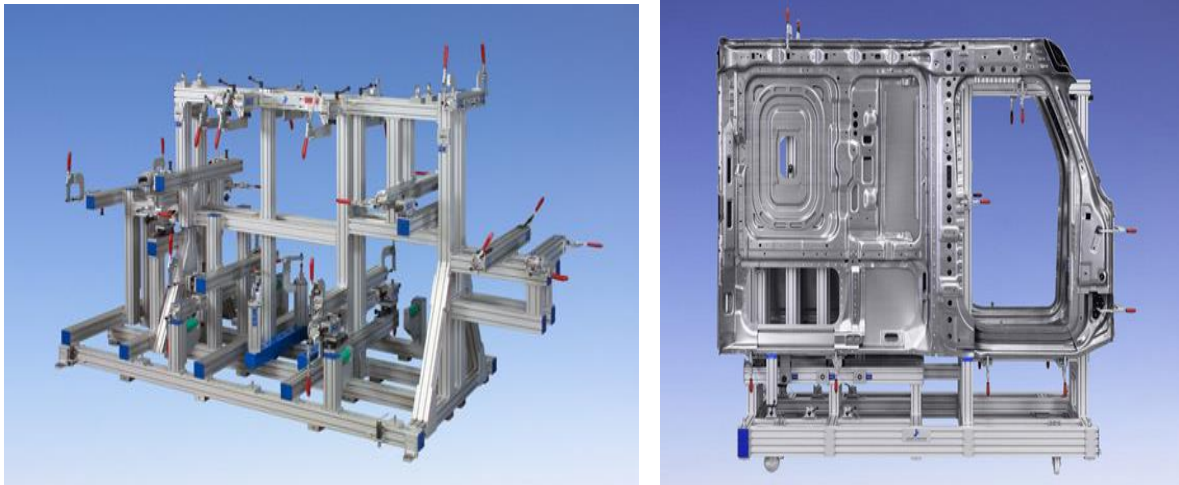
7.4. Пример флексибилних стезних прибора произвођача *JUNKERS-PARTNER*

Комплетне гарнитуре елемената немачког произвођача *JUNKERS-PARTNER* могу да обезбеде стезање и позиционирање скоро свих облика предмета обраде првенствено намењеног за мерење и контролу. Као што је претходно речено, гарнитуре 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.

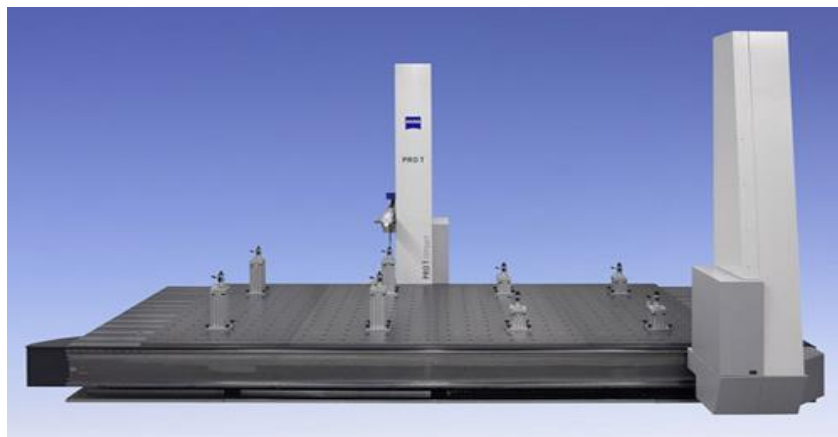
Неки од флексибилних прибора ове фирме су приказани у следећем делу рада.

CMF систем се састоји од попречних и уздужних специјалних профилних носача на које се постављају елементи за позиционирање, ослањање и стезање (слика 56).

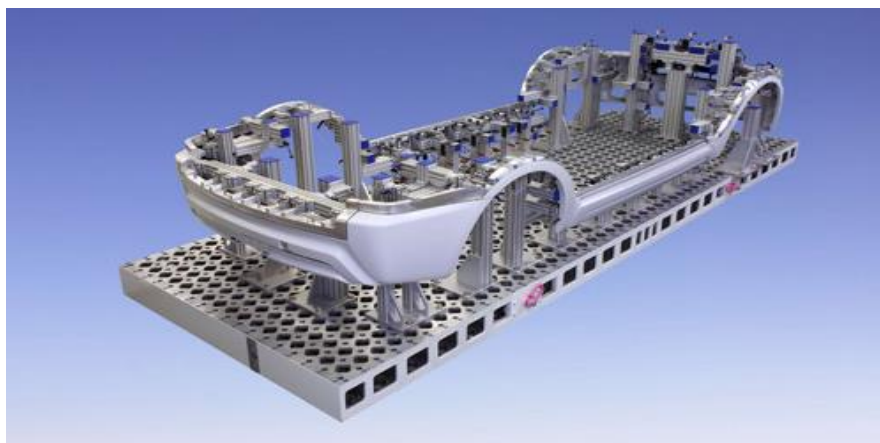


Слика 56: Примери примене *CMF система* [14]

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. На слици 57 је приказана координатна мерна машина са платформом *CMS система* и флексибилним приборима, док на слици 58 пример примене.

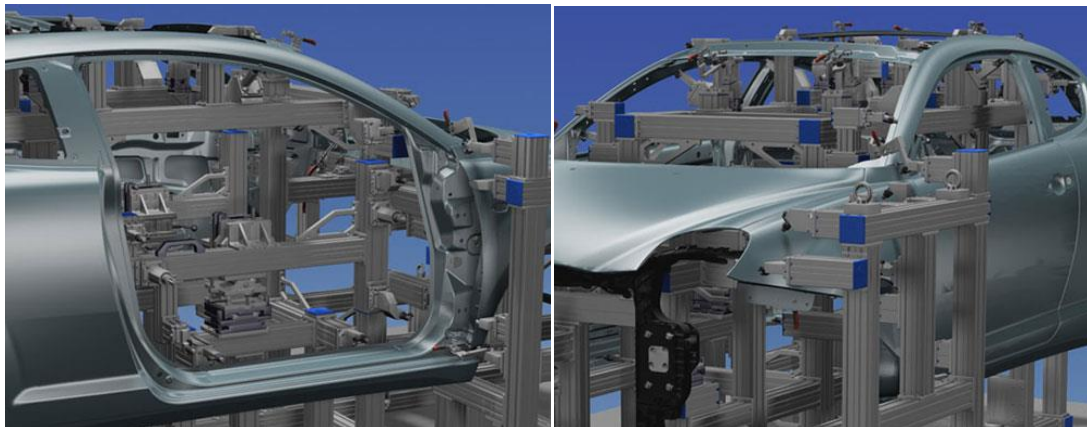


Слика 57: Координатна мерна машина са платформом *CMS система* и флексибилним приборима [14]



Слика 58: Примери примене *CMS система* [14]

СМХ систем је заснован на решеткастој просторној форми на коју су постављени носачи и елементи за позиционирање, ослањање и стезање. Примери примене приказани су на слици 59.



Слика 59: Примери примене *СМХ система* [14]

СМВ систем је заснован на основној плочи са отворима и окретним стубовима на које се постављају носачи и елементи за позиционирање, ослањање и стезање. Велике могућности приступа предмету и мерењима великог броја димензија у једном позиционирању и стезању су карактеристике ових система.



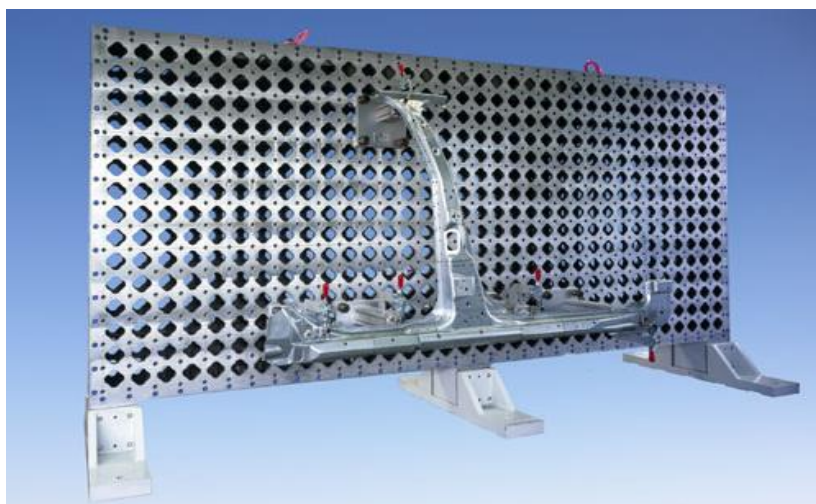
Слика 60: Пример примене *СМВ система* [14]

СМЕ систем је заснован на окретним стубовима који се постављају на основне мерне плоче, на којима се постављају носачи и различити елементи за позиционирање, ослањање и стезање. Разлика у односу на *СМВ систем* је да овај систем пружа могућност стезања делова великих димензија.



Слика 61: Примери примене *CME система* [14]

CMG систем је заснован на основној базној плочи која може бити са отворима или решеткастој модуларној носећој структури. Ова плоча може бити у хоризонталној или вертикалној равни, и као код система *CMS*-а, на овако формирана постоља се постављају носачи са елементима за позиционирање, ослањање и стезање.



Слика 62: Пример примене *CMG система* [14]

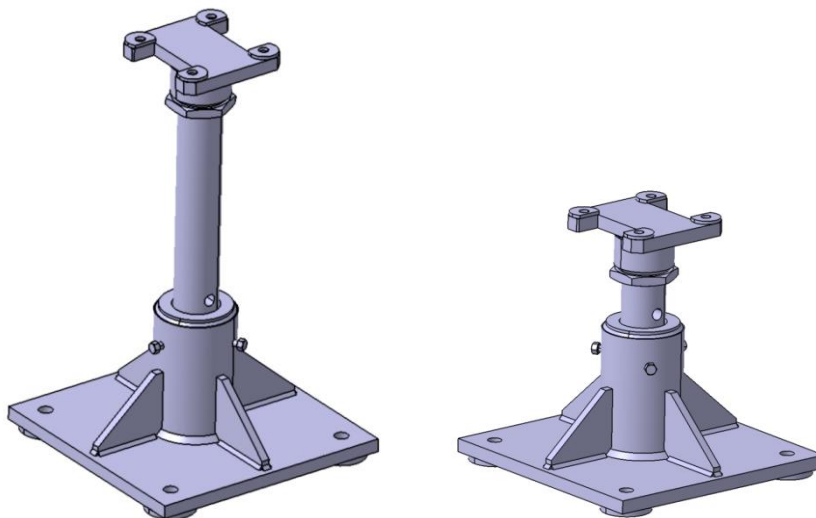
7.5. 3D модели флексибилних прибора за израду сложених просторних делова

На основу конструктивне документације извршено је пројектовање 3D модела елемената флексибилног прибора за израду каросеријских и других делова технологијама заваривања. То је омогућило даљи развој и пројектовање новог, универзалног и флексибилног стезног прибора за ове намене, као што је већ речено аутора Капларевић Мирослава. Пројектовање је вршено у неколико фаза:

- пројектовање стопе,
- пројектовање радног стола са жлебовима,
- пројектовање елемената решеткасте носеће платформе,
- пројектовање носећих елемената, елемената за ослањање, позиционирање, елемената за повезивање и др.,

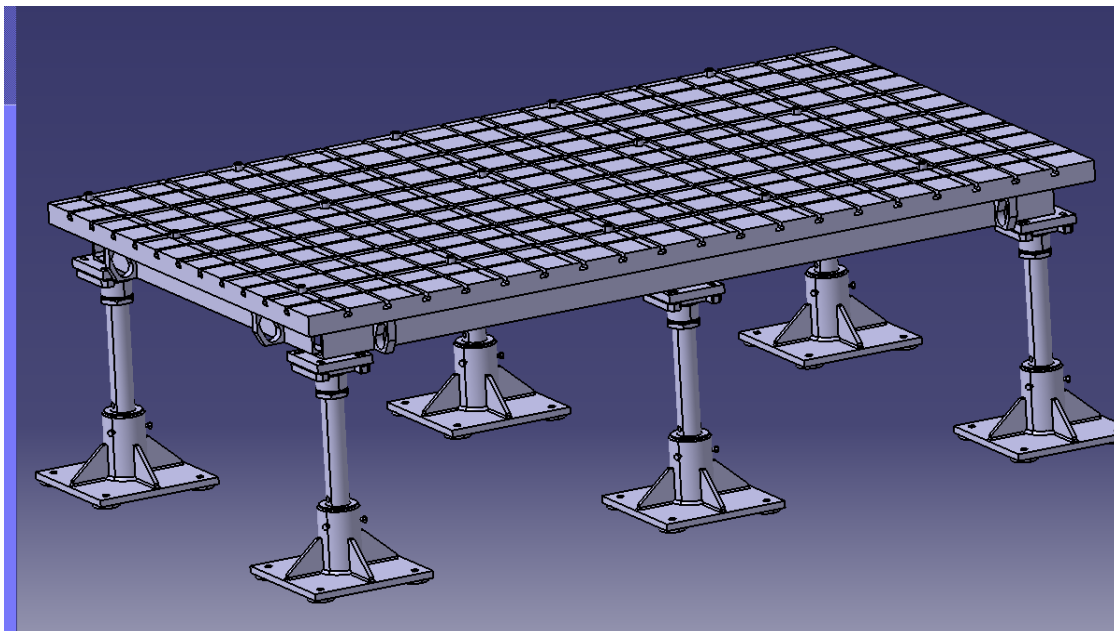
- пројектовање ручица.

Стопа флексибилних стезних прибора је пројектована тако да је омогућен избор висине ослањања радног стола или решеткасте платформе, слика 63.



Слика 63: Стопе различитих висина [14]

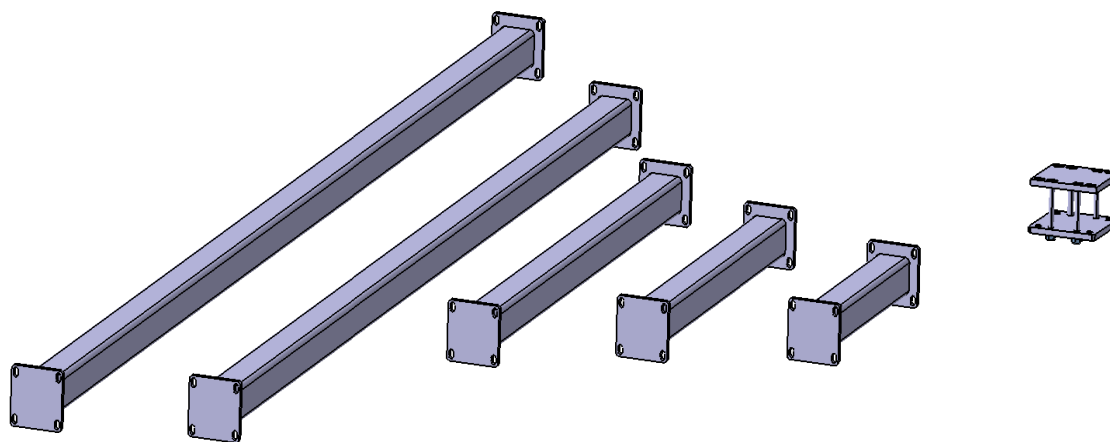
Радни сто флексибилног прибора представља челичну плочу димензија 2000 x 1250 x 50 mm. Садржи Т жлебове и конструктивне елементе за везу са стопама са доње стране и елементима који омогућују транспорт. Радни сто постављен на стопе приказан је на слици 64.



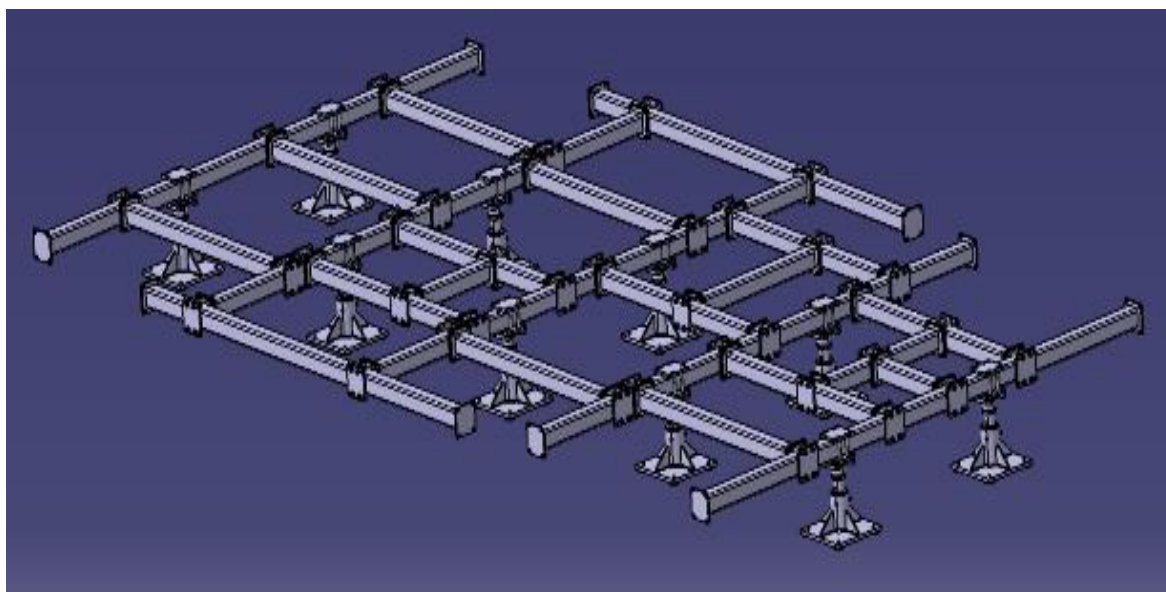
Слика 64: Радни сто флексибилног прибора са стопама [14]

Елементи решеткасте структуре флексибилног прибора за делове великих димензија приказани су на слици 65. То су челичне цеви 80 x 80 x 4 mm различитих дужина и плочама за повезивање које су заварене на крајевима. Плочице са отворима и вијцима су саставни делови ових елемената, и њихова намена је повезивање са бочним

елементима решеткасте структуре или носачима елемената за позиционирање и стезање.

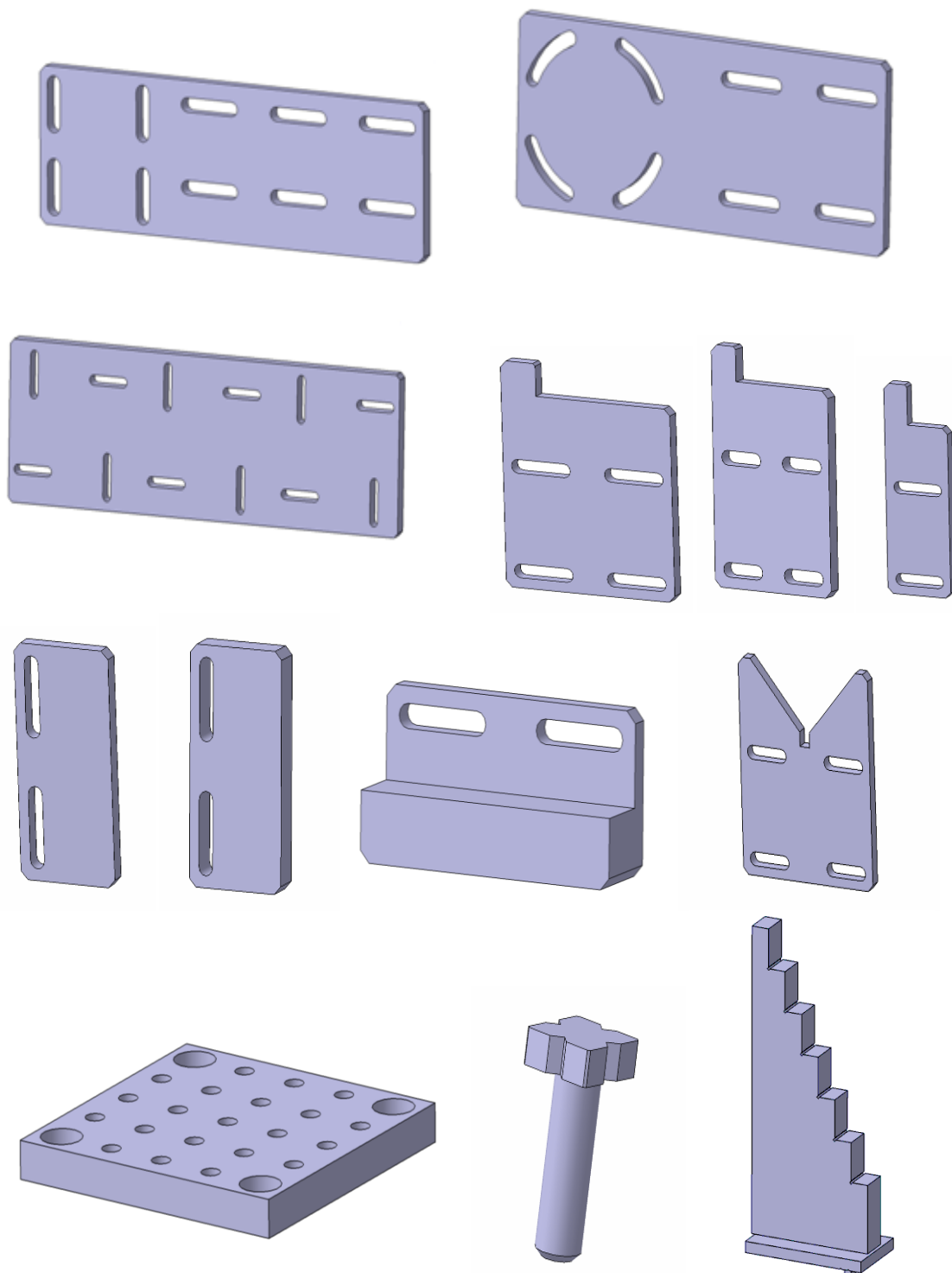


Слика 65: Елементи решеткасте носеће платформе флексибилног прибора [14]

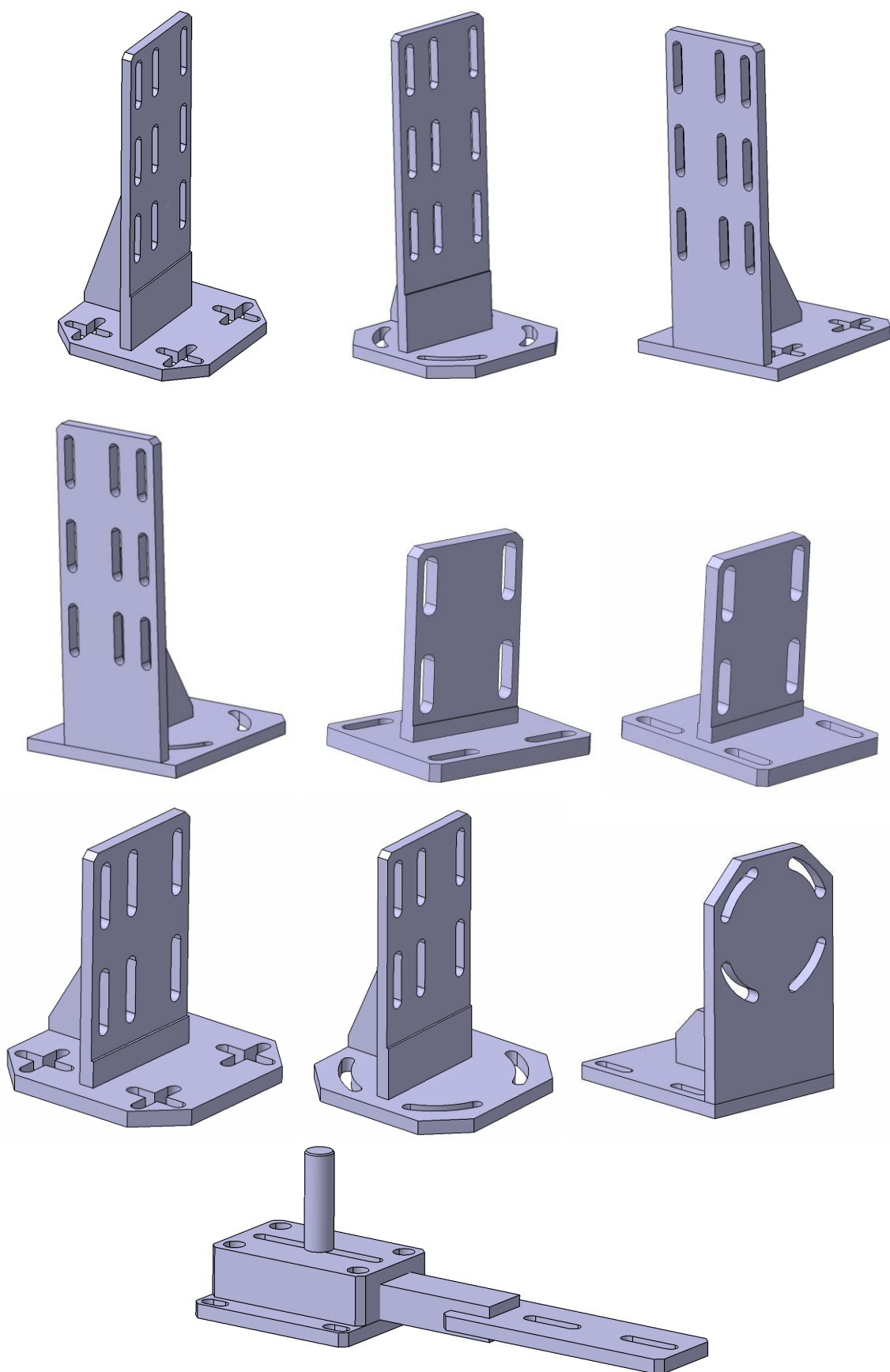


Слика 66: Решеткаста носећа платформа флексибилног прибора за велике делове [14]

Носећи елементи, елементи за ослањање, позиционирање, елементи за повезивање и др., флексибилног система садрже велики број различитих елемената чијим комбиновањем је омогућено покривање целокупног простора на радном столу, слике 67 и 68.

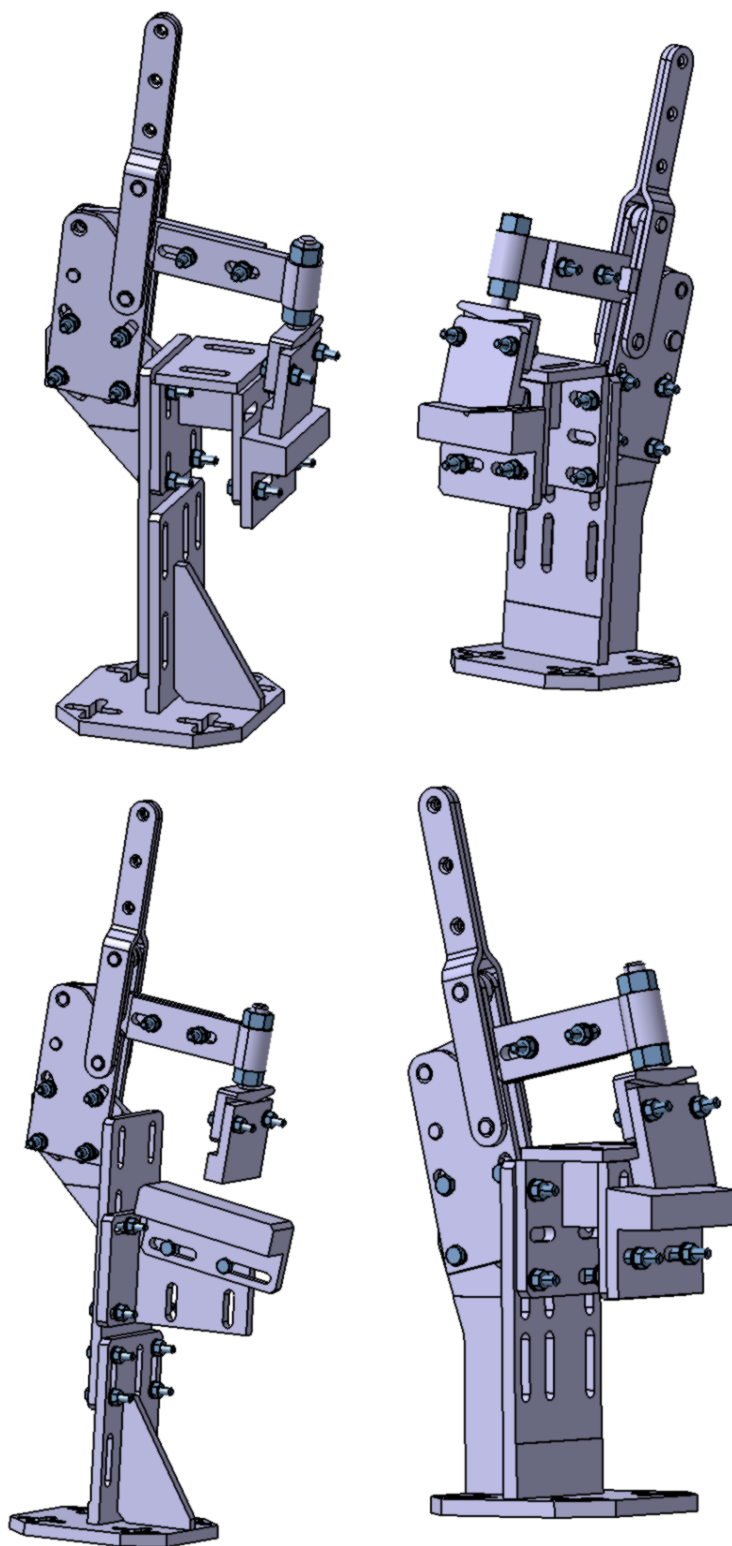


Слика 67: Елементи флексибилног алата [14]



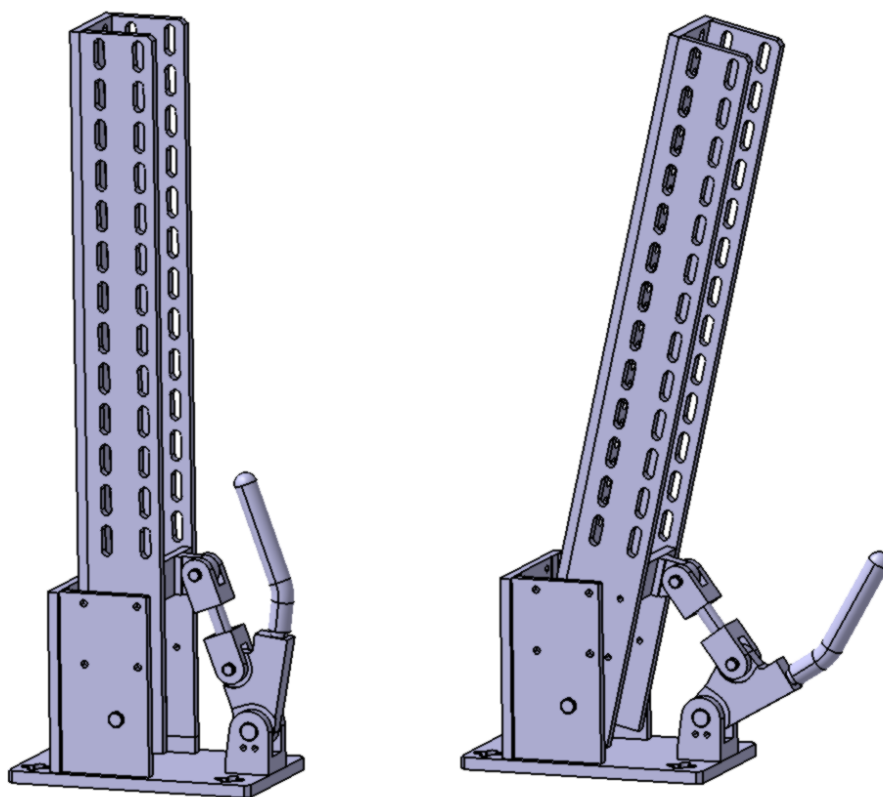
Слика 68: Носећи елементи флексибилног алата [14]

Групе за стезање (ручице) флексибилних система засноване су на полужним системима, ручно покретане, уз могућност постизања велике силе стезања и немогућност самосталног отварања услед сила стезања. Ручице су пројектоване на тај начин да у зависности од намене могу вршити само стезање или граничење (ослањање и позиционирање) и стезање. Пројектоване групе за стезање су приказане на слици 69.



Слика 69: Групе за стезање (ручице) флексибилних система [14]

Постављање и коришћење елемената за позиционирање и ослањање приликом монтаже дела и након тога њихово померање у циљу вађења готовог дела из прибора, омогућују покретне ручице приказане на слици 70.



Слика 70: Покретна ручица у затвореном и отвореном положају [14]

7.6. Каталог 3D модела елемената флексибилних прибора

Већина софтвера за 3D моделирање опремљена је такозваним каталозима 2D и 3D модела, као и CAD библиотекама делова, које су настале превођењем штампаног каталога у електронски облик. Каталогима CAD модела називамо базе делова, компоненте готових производа са свим њиховим карактеристикама и важним подацима као и одговарајуће 2D цртеже и 3D моделе. Ови делови и компоненте готових производа се користе са одговарајућим CAD софтвером.

Каталози 2D и 3D модела имају различите намене: преглед и избор дела, његово селектовање и коришћење при изради цртежа или модела готовог дела. Ови каталози дају и неопходне техничке информације о пројектованом производу.

У сарадњи са произвођачима CAD софтвера врши се израда каталога у електронском облику који садрже 2D и 3D моделе елемената конструкција. Корисници имају путем интернета највећи приступ каталозима, где се осим избора датог елемента може вршити и његова куповина.

Развој производа често прати потреба за формирањем одређених делова који имају мање – више исти облик, али им се димензије и поједине компоненте елемената

разликују. То представља изузетно заморан посао за пројектанта, јер га на изванредан начин удаљава од суштине конструкције коју развија. Са тим у вези савремени CAD системи предвиђају начине за аутоматизацију креирања таквих елемената.

Један од начина на који се ови проблеми могу решити је креирање такозване табеле фамилије делова. Ове табеле се примењују када су у питању стандардни машински елементи, док се пројектовани елементи придружују постојећим библиотекама стандардних елемената. Библиотеке могу да садрже и табеле за прорачун димензија, оптерећења и других потребних параметара неопходних за правилан избор одговарајућег машинског елемента. Потреба за “стандардизацијом” специфичних машинских елемената, јавља се у случајевима када се ови елементи у већем броју јављају у оквиру једне конкретне конструкције. Они се могу сврстати у групу стандардних елемената, али се због одређених карактеристика сврставају у локално стандардне елементе [14].

Предности које примена каталога стандардних делова пружа пројектанту су следеће:

- креирање и чување великог броја објеката на једноставан и компактан начин,
- скраћивање времена и рада неопходног за формирање и стандардизацију групе п сличних делова,
- једноставно генерисање великог броја варијација једног дела без директних интервенција и рада на креирању сваког од њих и
- креирање делова које одликују мање варијације геометрије у односу на генеричку без примене релационих зависности, итд.

До великог помака на скоро свим пољима пројектовања дошло је оног тренутка када се прешло са 2D на 3D CAD системе, који су имали могућност коришћења 3D модела из разних CAD каталога. На данашњем нивоу преко деведесет процената дизајнера и инжењера користи интернет како би пронашли компоненте (делове) за своје пројекте.

Најпознатије компаније које у својој понуди имају каталоге из свих индустријских сфера су: *Trace Parts*, *Power Parts*, *Catalog Data Solutions*, *ThomasNet*, *Part Solutions i др*.

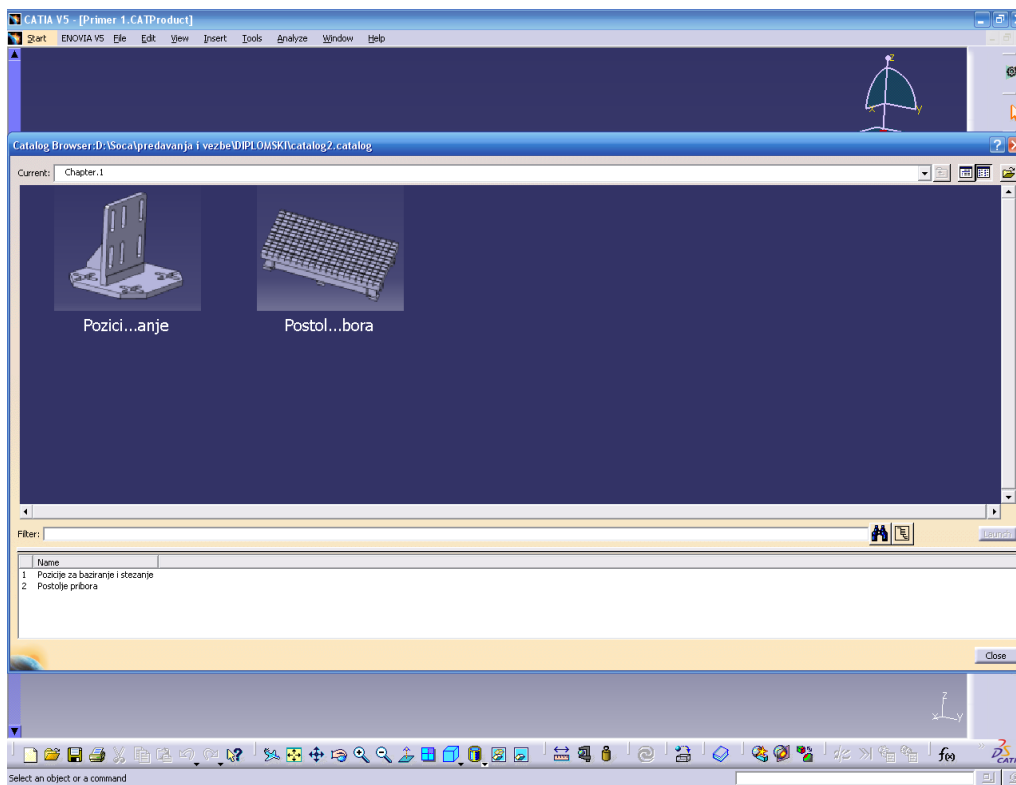
Скоро сви каталози садрже следеће елементе:

- базу у којој се налази велики број различитих елемената (делова) које инжењер одабира у складу од захтева пројекта,
- када се извршио одабир, добија се листа са димензијама, параметрима, модулима и осталим потребним величинама за дефинисање модела или су сви ови подаци садржани у *Properties* изабраног цртежа (модела),
- све то прати назив одабраног дела као и стандард коме је део прилагођен,
- садржи 2D цртеж датог елемента која додатно олакшава кориснику његово проналажење и др.

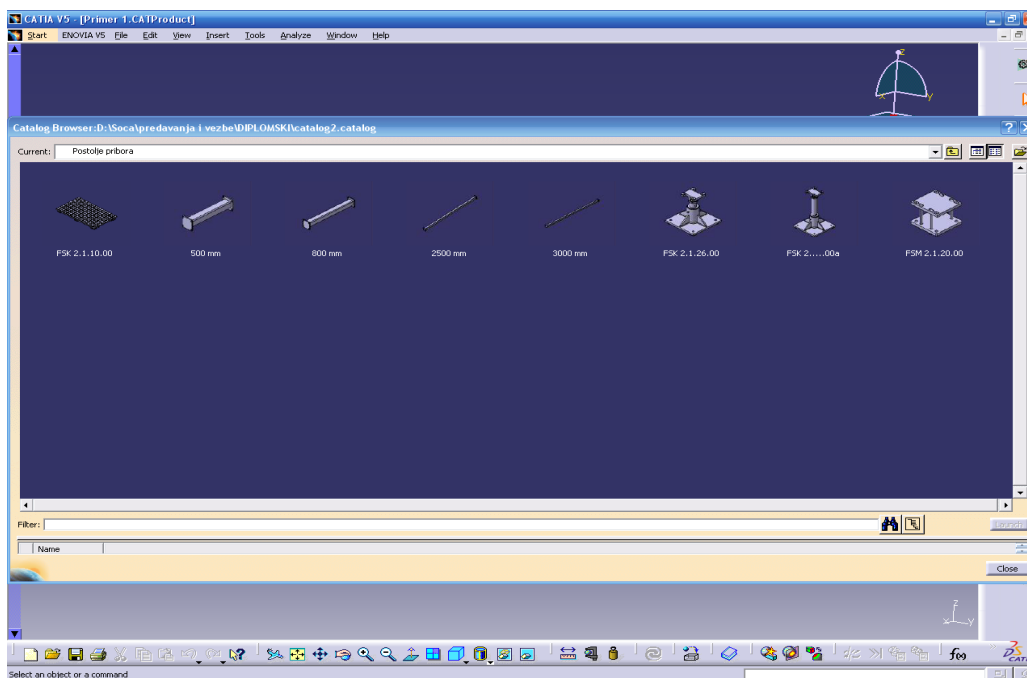
На бази претходно 3D моделираних елемената флексибилних прибора, у окружења програма *Catia* креиран је каталог који садржи две групе елемената (слика 71):

Мастер рад

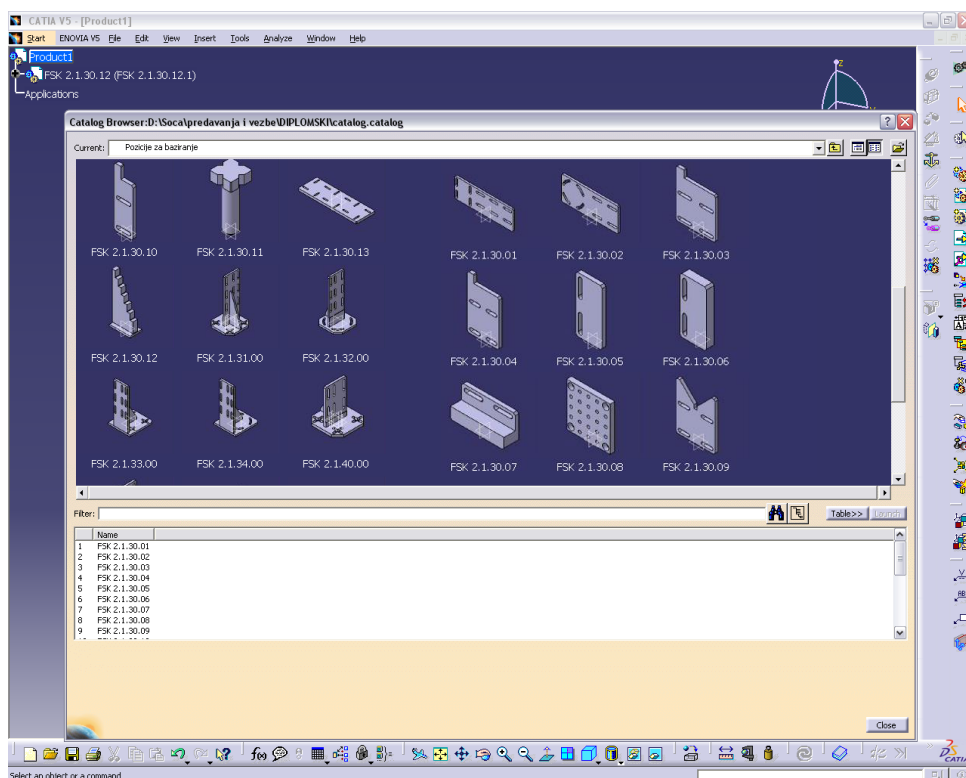
- базни елементи (радни сто, стопе и елементи решеткасте конструкције великих прибора), слика 72 и
- елементи за позиционирање и стезање, слика 73.



Слика 71: Почетна страна каталога [14]



Слика 72: Почетна страна каталога базних елемената [14]

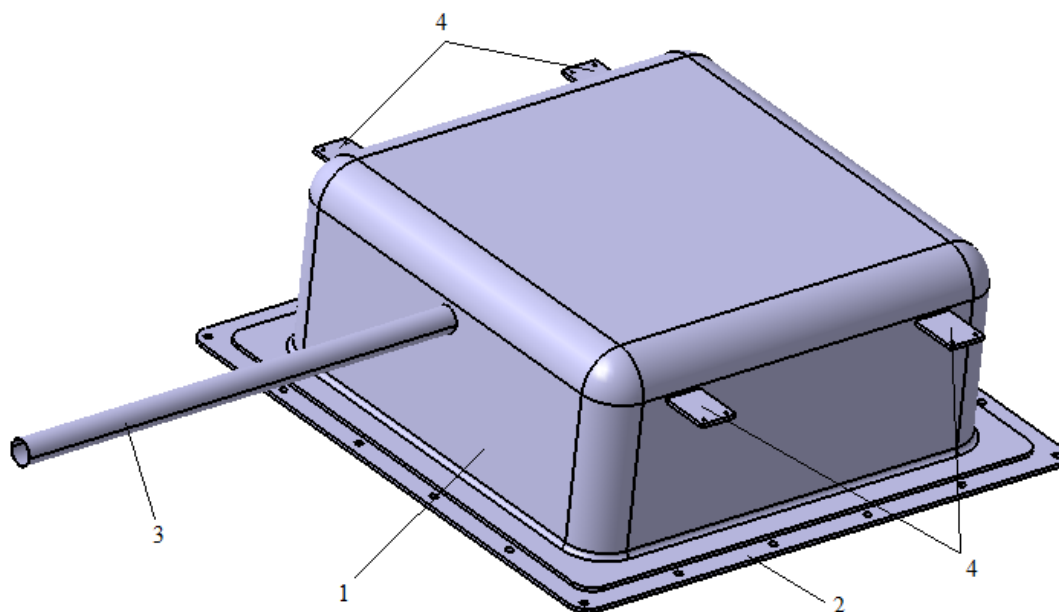


Слика 73: Почетна страна каталога елемената за позиционирање и стезање[14]

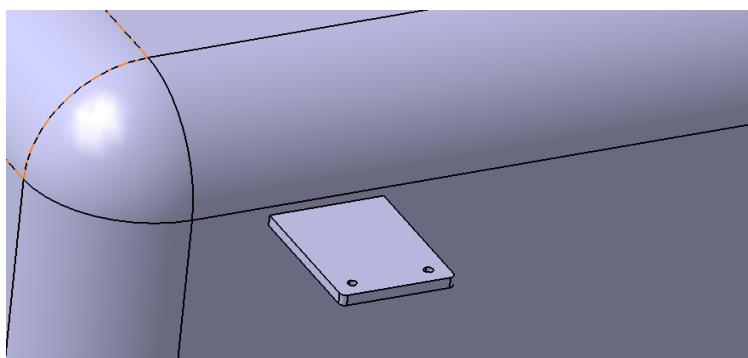
Избором једне од групе делова које пројектовани каталог садржи, долази се до подгрупе елемената из које се бира потребни део прибора. Селектовање и избор се врши избором слике дела или назива (текстуалне ознаке дела) и аутоматски уводи у већ дефинисано окружење започетог пројектовања прибора у програму *Catia*. Следећи део се уводи на исти начин [14].

8. Пример пројектовања флексибилног стезног прибора

Начин коришћења претходно пројектованих елемената прибора приказан је на примеру пројектовања флексибилног стезног прибора за израду склопа поклопца резервоара камиона. При томе изабрани су одговарајући елементи за позиционирање, ослањање и стезање на основној плочи. Склоп поклопца резервоара камиона приказан је на слици 74. Склоп чине резервоар, прстен исечен на ласеру, цев и четири плочице такође исечене на ласеру.

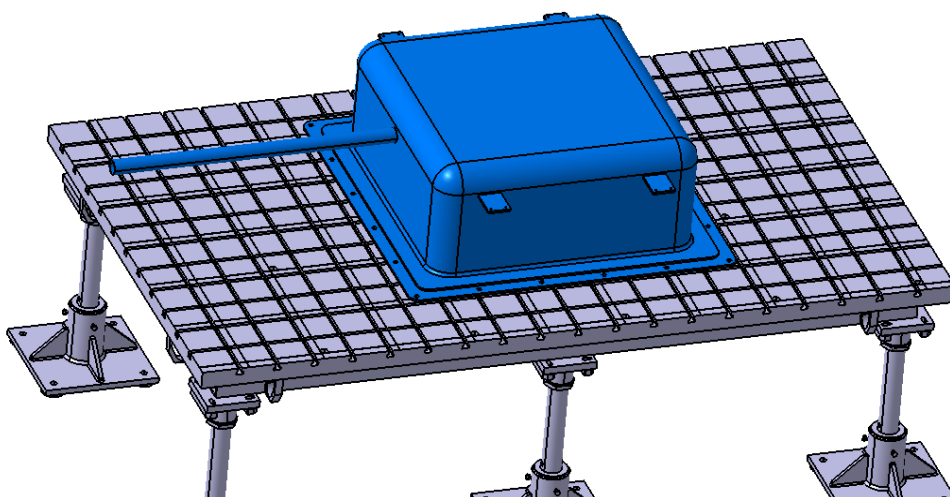


Слика 74: Склоп поклопца резервоара камиона
1-поклопац, 2-прстен, 3-цев, 4-плочице



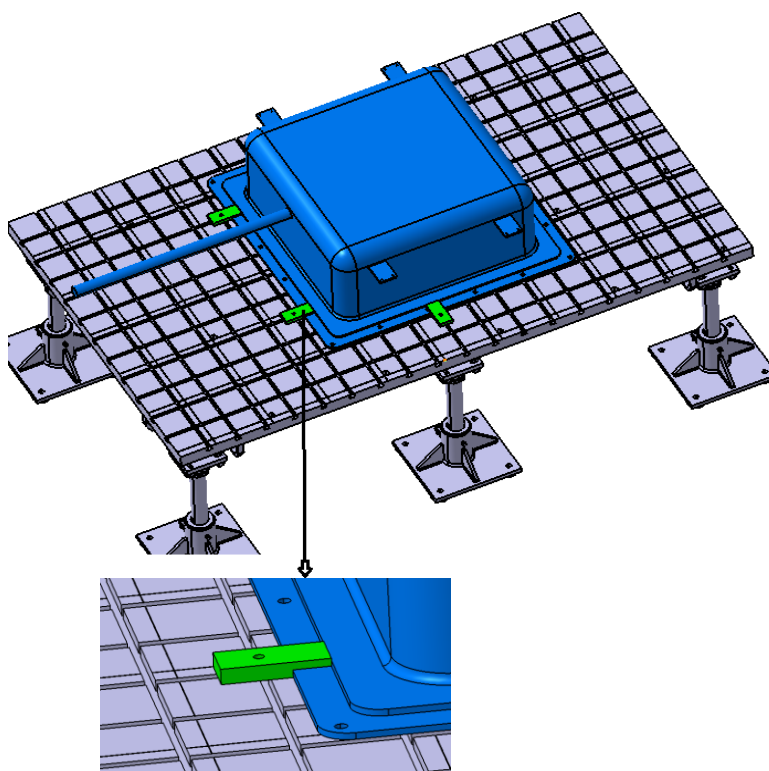
Слика 75: Плочица исечена на ласеру

На почетку пројектовања изабрана је базна плоча и стопе прибора, а затим изабран приближан положај елемената склопа поклопца који се спајају. При томе је положај елемената који се спајају изабран тако да омогући довољно простора за постављање ослоних плоча стезних ручица, слика 76.



Слика 76: Постављен поклопац на базну плочу и приказани елементи склопа у жељеном положају

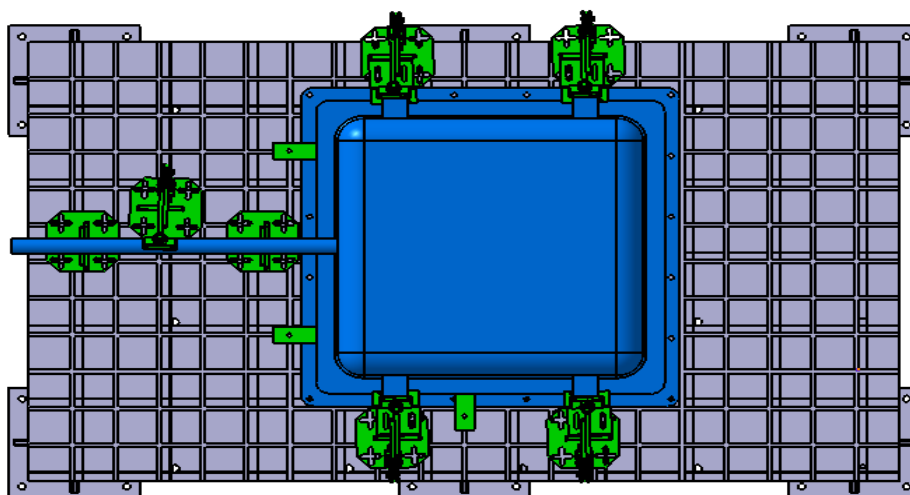
Проблем позиционирања поклопца и прстена резервоара решен је помоћу три плочице у облику слова „Г“. Помоћу вијака, који су у овом случају изостављени, ове плочице су везане за базну плочу и захваљујући својој геометрији спречено је померање поклопца и прстена резервоара приликом заваривања (слика 77).



Слика 77: Постављање плочица за позиционирање поклопца и прстена

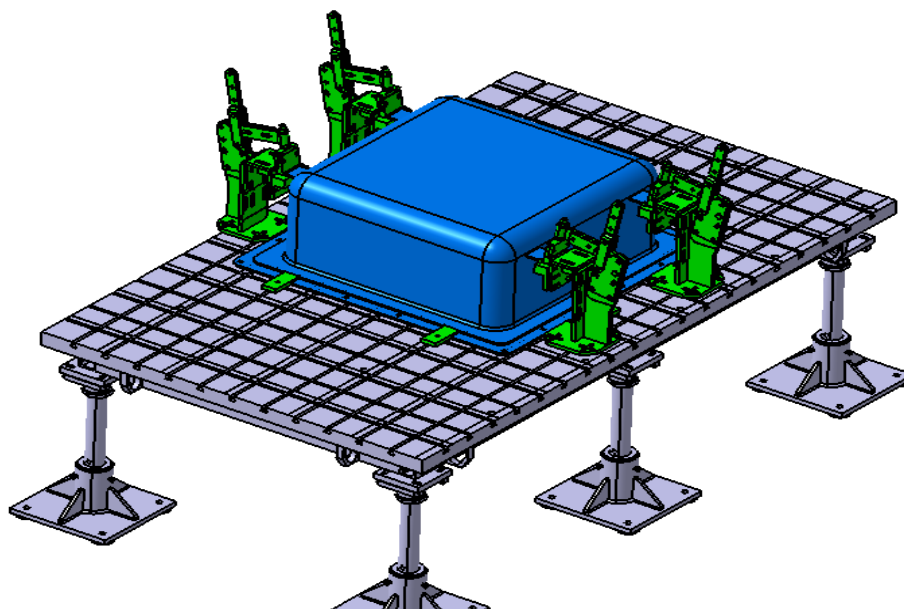
Полазећи од најмање потребне висине од базне плоче која омогућује постављање и стезање делова и њихово спајање заваривањем изабране су стезне групе са одговарајућим елементима, формиране ручице и постављене на одговарајућа места.

Након тога извршено је подешавање носећих елемената ручица по висини и углу нагиба, подешавање положаја и угла нагиба елемената за позиционирање, ослањање и стезање. На крају је извршена симулација померања стезних елемената ручица у циљу провере хода стезних елемената и одређивања коначног места стезне шапе (склика 78).

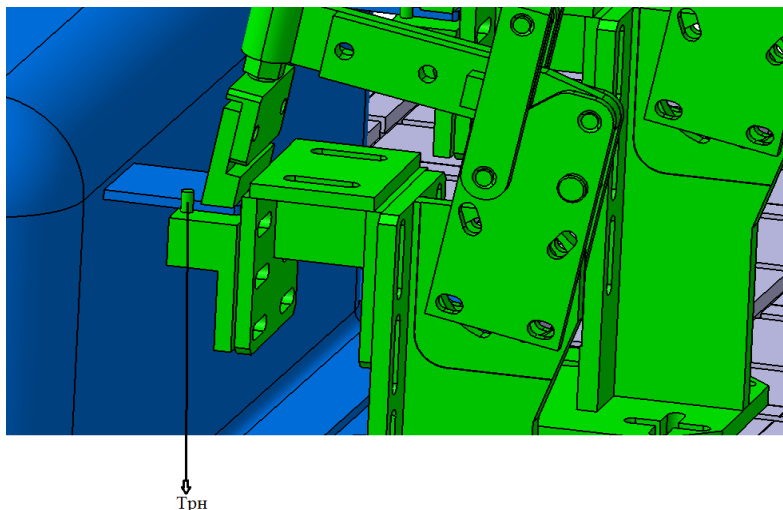


Слика 78: Положај стезних ручица и делова на базној плочи

Позиционирање плочица извршено је преко четири група за стезање на већ описани начин. Постављањем трна на одговарајућој позицији спречено је бочно померање ових плочица. (слика 79). На слици 80 је увеличани приказ позиционирања плочице где се може уочити и претходно поменути трн.

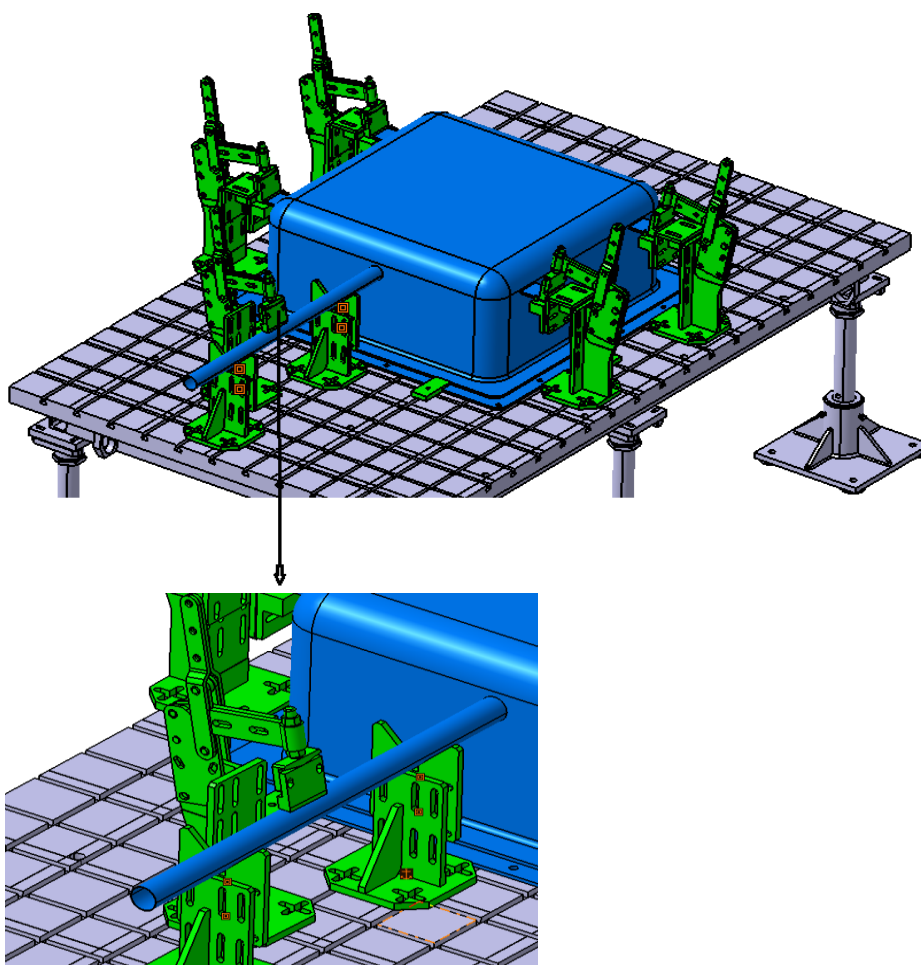


Слика 79: Позиционирање плочица помоћу група за стезање



Слика 80: Увеличани приказ позиционирања плочица

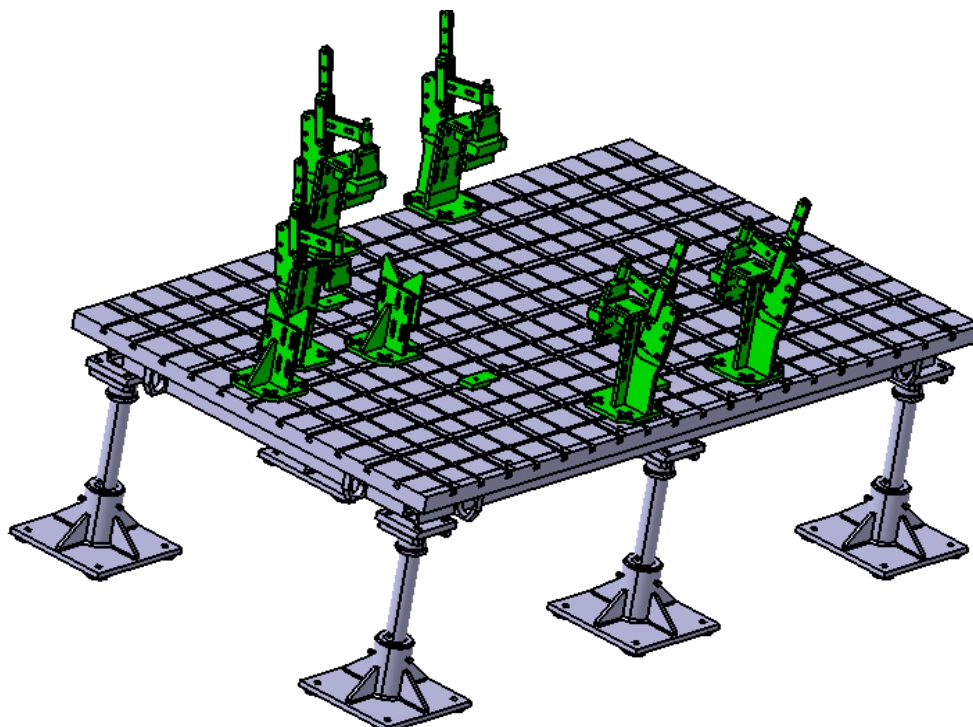
Цев се доводи у жељени положај постављањем исте на два ослонца која се везују за базну плочу. Како би се онемогућило померање цеви приликом заваривања на цев је извршен притисак преко ручице за стежање (слика 81).



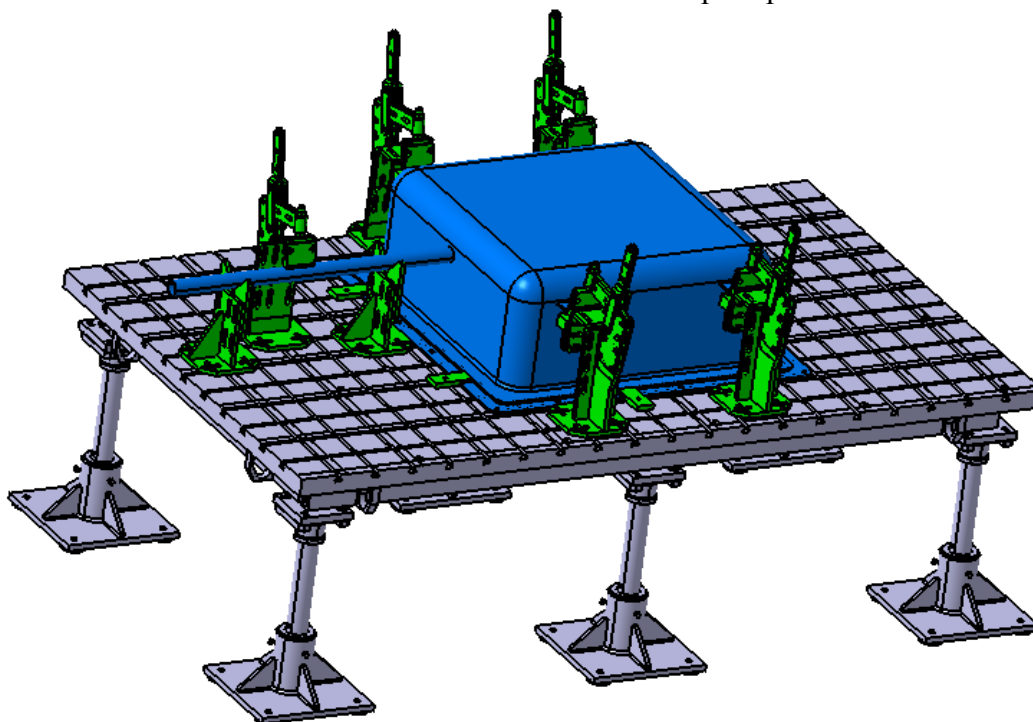
Слика 81: Позиционирање цеви на поклопцу резервоара

Мастер рад

Појектовани флексибилни стезни прибор карактерише то да се користећи расположиве носеће елементе могу елементи за позиционирање, ослањање и стезање довести у било који положај у односу на базну плочу. Коначан изглед флексибилног стезног прибора приказан је на сликама 82 и 83.



Слика 82: Флексибилни стезни прибор



Слика 83: Флексибилни стезни прибор након пројектовања

Пројектовани флексибилни стезни прибор омогућава потпуно задовољавање захтева које један алат треба да испуни, кроз употребу стандардних елемената система и могућност пројектовања и израду специфичних елемената (ослонаца, притискача и слично) који би се користили при специјалним захтевима конфигурације готовог дела.

Прибор је пројектован на основу претходно пројектованог готовог дела. Овај начин пројектовања се најчешће користи јер је брз, једноставан и веома поуздан. Пројектовање се може вршити и на бази 2D конструктивне документације при чему се врши мерење у одговарајућим координатним системима и постављање елемената за позиционирање, ослањање и стезање на дефинисана места.

9. Закључак

Сечење ласером има низ предности у односу на класичне поступке сечења материјала: ширина реза је мала, странице реза су равне, топлотно деформисани слој је мали, могуће је сећи радни предмет по компликованим контурама са великом прецизношћу, могућа је обрада готово свих познатих врста материјала, додатна обрада није потребна, чист је и еколошки прихватљив процес обраде. И поред тога јављају се проблеми у вези примене ласерских машина за сечење лима у виду недовољно познавања примене ласерске технике са једне стране и непостојању довољно поузданих практичних података и знања о утицајним параметрима на сам процес обраде са друге стране. Све ово утиче на недовољну искоришћеност технологије ласерске обраде с обзиром на могућности које она пружа.

Може се закључити да је монтажа саставни и неизбежан део производног процеса у коме учествују најмање два међусобно зависна елемента. О процесу монтаже је потребно размишљати још у процесу развоја и конструкције производа, водећи при томе рачуна о функцији дела. До ове констатације дошло се на основу препорука за пројектовање сложенијих производа или производа са више компонената, где се уочава да је процес склапања уско повезан са претходним фазама рада.

Основни задаци пројектовања технологије монтаже који се могу испунити комбинацијом различитих технолошких процеса рада су: обезбеђење високог квалитета производа и постизање максималне ефективности процеса монтаже. На основу изложеног у раду може се рећи да избор оптималне варијанте процеса монтаже као скупа поступака промене стања на предмету рада се изводи поступно у два основна корака: избор варијанте процеса монтаже и избор варијанте технолошког поступка монтаже.

Постоји више варијанти технолошког система монтаже, при чему је неке од њих могуће организовати на различите начине. У овом раду описани су: ручно-механизовани, програмабилно-роботизовани, аутоматизовани и комплексни технолошки системи. Одабир врсте технолошког система представља комплексно питање и заслужује доста пажње. Без обзира који је технолошки систем у питању потребно је водити рачуна приликом распоређивања његових елемената како би се обезбедило неометано извођење захвата руковања, постављања делова и безбедносном растојању.

Разликују се два основна облика организације система за монтажу или две концепције монтаже:

- непроточна монтажа,
- проточна-линијска монтажа.

За мање обиме производње и предмете једноставније структуре организује се стационарна непроточна монтажа. Она је углавном карактеристична за појединачну и малосеријску производњу. Покретна непроточна монтажа се остварује на станицама за монтажу, уз слободно или принудно премештање објекта монтаже, механичким средствима унутрашњег транспорта, непрекидног или периодичног дејства. Закључно са тим оваква организација процеса монтаже, најчешће се примењује код сложених производа великог габарита као што су машине алатке, производне линије, авион,

брод, и томе слични производи који се по правилу израђују уникатно, појединачно или у врло малим серијама.

Интензивни развој индустрије, потреба за брзим изменама и освајања производње нових производа утичу на развој такозваних 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. Употреба ових прибора економски је оправдана приликом производње већих серија, док код израде делова у малим серијама, као и прототипова њихова примена поскупљује производњу у толикој мери да је њихово коришћење готово искључено.

Гарнитуре 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, прибор за стезање делова мора испунити одређене захтеве како би се обезбедили квалитетни склопови:

- положај елемената који се спајају 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 спајају,
- обезбедити слободан приступ елементима за заваривање или другим приборима,
- омогућити лако улагање и вађење заварених склопова.

10. Литература

1. Лазих М, *Неконвенционални поступци обраде*, Научна књига, Београд, 1990.
2. Пантих Иван, *Примена технологије обраде ласером*, Дипломски рад, Машински факултет Крагујевац, 2000.
3. <http://koplasserbia.koplasrmreza.net/2012/12/03/salvagnini-l3-fiber-laser/>
приступљено јун 2014.
4. Јанковић Марко, *Технологије монтаже и технолошки системи монтаже*, Дипломски рад, Машински факултет у Крагујевцу, 2008.
5. Петровић П.В., *Пројектовање производа за монтажу*, Технологије монтаже, Машински факултет у Београду, 2009.
6. Петровић П.В., *Технолошки систем за монтажу*, Технологије монтаже, Машински факултет у Београду, 2009.
7. Петровић П.В., *Технологија мануелне монтаже*, Технологије монтаже, Машински факултет у Београду, 2009.
8. Петровић П.В., *Аутоматска монтажа – Флексибилни/роботски системи за монтажу*, Технологије монтаже, Машински факултет у Београду, 2009.
9. <http://www.skileurope.com/rs/sr/proizvodi/inovacije/lako-je-uz-screw-assist!/lako-je-uz-screw-assist!.html>
приступљено јун 2014.
10. <http://www.flightglobal.com/news/articles/lean-mean-dream-machine-the-boeing-787-takes-shape-214518/>
приступљено јун 2014.
11. Петровић П.В., *Аутоматска монтажа – крути трансфер систем*, Технологије монтаже, Машински факултет у Београду, 2009.
12. Милутиновић Драган, *Индустријски роботи*, Предавања,
13. Недић Богдан, *НПО* (у рукопису), Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, 2014.
14. Капларевић М., *Флексибилни стезни прибори*, Проспектна документација.