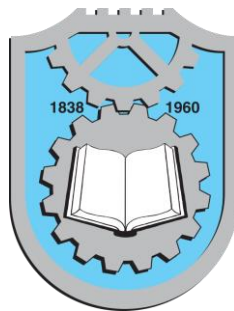


Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Производне технологије 1

Број индекса: 201/2019

Стефан В. Ђаловић

ТЕХНОЛОШКЕ ОСНОВЕ МОНТАЖЕ КАО ЕЛЕМЕНТ ПРОИЗВОДНИХ ТЕХНОЛОГИЈА

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Богдан Недић, ред. проф. – ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Стефан Ђаловић**

Број индекса: **201/2019**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **Технолошке основе монтаже као елемент производних технологија**

Задатак: У оквиру завршног рада потребно је да кандидат изврши прикупљање и систематизацију података о технолошким структурама у монтажи. Посебно разматрати поступак рада и технолошке системе у монтажи. Потребно је описати начин структурирања, извршити анализу карактеристика производа са аспекта монтаже и одређивања времена монтаже. У посебном делу рада извршити класификацију најважнијих техника спајања (раздвојиви и чврсти спојеви, покретни и непокретни) и монтаже подсклопова, склопова и производа са примерима примене.

Завршни рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Технолошке структуре у монтажи,
3. Структурирање и анализа карактеристика производа,
4. Одређивање времена монтаже,
5. Класификација и опис најважнијих техника монтаже подсклопова, склопова и производа са примерима примене,
6. Закључци,
7. Литература.

Ментор:


Др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 07.07.2020.

САДРЖАЈ

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА	1
2. ТЕХНОЛОШКЕ СТРУКТУРЕ У МОНТАЖИ	3
3. СТРУКТУИРАЊЕ И АНАЛИЗА КАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДА	9
3.1 Структурирање производа	10
3.2 Анализа карактеристика производа	14
4. ОДРЕЂИВАЊЕ ВРЕМЕНА МОНТАЖЕ	17
4.1 Припремно-завршно време	18
4.2 Време монтаже-спајања	18
5. КЛАСИФИКАЦИЈА И ОПИС НАЈВАЖНИЈИХ ТЕХНИКА МОНТАЖЕ ПОДКЛАСОПОВА, СКЛОПОВА И ПРОИЗВОДА СА ПРИМЕРИМА ПРИМЕНЕ	20
5.1 Навојни спојеви	23
5.2 Заваривање	27
5.2.1 Заваривање плазмом	29
5.2.2 Гасно заваривање	32
5.2.3 Ручно-електролучно заваривање (РЕЛ)	34
5.2.4 Заваривање у заштитним гасовима	35
5.2.5 Тачкасто заваривање	38
5.3 Спојеви с клиновима и перима	39
5.4 Лемљење	41
6.5 Лепљење	43
6.6 Ливење	45
6.7 Спајање пластичних маса механичким елементима везе	47
6.8 Примери монтаже	49
6.8.1 Монтажа статора у кућиште мотора	54
6.8.2 Монтажа радног кола на склоп статора	55
6.8.3 Монтажа кућишта	56
7. ЗАКЉУЧАК	57
8. ЛИТЕРАТУРА	58

РЕЗИМЕ

Процес монтаже је део процеса производње у коме се од саставних делова техникама спајања добијају готови производи.

У завршном раду наведене су технолошке структуре у монтажи. Разматрани су поступак рада и технолошки системи у монтажи. Описан је начин структурирања, извршена анализа карактеристика производа са аспекта монтаже и одређивање времена монтаже. У главном делу рада извршена је класификација најважнијих техника спајања и монтаже подсклопова, склопова и производа са примерима примене. На крају су изведени закључци и наведена коришћена литература.

Кључне речи: производња, делови, монтажа, склоп, спајање, производ

ABSTRACT

The assembly process is a part of the production process in which the finished products are obtained from the components by joining techniques.

The this bachelor thesis lists the technological structures in assembly. The work procedure and technological systems in assembly are considered. The method of structuring is described, the analysis of product characteristics from the aspect of assembly and determination of assembly time is performed. In the main part of the paper, the classification of the most important techniques of connection and assembly of subassemblies, assemblies and products with examples of application is performed. At the end, conclusions were listed and the used literature was listed.

Key words: production, parts, assembly, joining, connection, product

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Производња представља скуп дејстава операција рада које омогућавају трансформацију улазних величина тј. ресурса у излазне величине тј. производе неопходне за задовољење потреба учесника у процесима рада, остварење средстава за обезбеђење опстанка и развоја предузећа у времену и задовољење потреба друштва. Основне операције које су потребне за добијање готовог производа су:

- обрадног карактера – добијање делова у захтеваном квалитету у складу са пројектованим поступком обраде и
- монтажног карактера – добијање готовог производа склапањем делова, склопова делова у систему у складу са пројектованим поступком монтаже.

Процес монтаже је део процеса производње у коме се од саставних делова израђују сложени производи.

Процес монтаже представља завршну фазу у изради једног производа. Ако се посматра производни систем са основном излазном величином „полуфабрикат“ и излазном величином производ.

Процес монтаже представља један од најзначајнијих процеса једног производног система. У оквиру производног система она је уско, организацијски, повезана са многим процесима рада који јој претходе.

Предмет рада у оквиру процеса монтаже се назива предмет монтаже или монтажна јединица. Он се састоји од делова и у току процеса монтаже се преводи из одређеног полазног стања у коначно стање по завршетку монтаже, при чему значајну улогу имају карактеристике делова као што су облик, димензије, маса итд.

Појма монтажа долази из француског језика, потиче од француске речи „*montage*“ што значи склапање, слагање, подизање. Уз остале изразе који одговарају речи монтажа, најчешће се користи израз склапање [1].

Процес монтаже је скуп технолошких процеса који се могу сврстати у три групе [1]:

1. Основни процеси монтаже,
2. Помоћни процеси монтаже,
3. Допунски процеси монтаже.

Основни процеси монтаже имају директно дејство на објекат монтаже условљавајући трансформацију његовог облика и функција. У ову групу спадају: процес спајања, процес учвршћивања и неки специјални процеси.

Помоћни процеси монтаже обухватају процесе којима се обезбеђују услови за извођење основних процеса, при чему они немају утицај на стање објекта монтаже. У ову групу спадају: увођење делова у процес, транспорт и манипулација (премештање), контрола и неки специјални процеси припремног карактера.

Допунски процеси обухватају процесе којима се обезбеђују услови за извођење основних и помоћних процеса монтаже. То су по правилу неки специјални процеси.

Један сложени производ се најчешће састоји од [2]:

- појединачних делова
- склопова
- безобличних материја.

Делови су геометријски одређени производи настали обрадом неког материјала, из једног комада. Безобличне материје су гасови, течности, прахови и гранулат.

Склопни цртежи, односно склопно експлодирани цртежи садрже потребне информације за монтажу неког склопа. Они приказују склоп са свим детаљима који је потребан за испуњење задатака склапања (монтаже) производа. Уз склопне цртеже увек се налазе и саставнице којима су описани сви саставни елементи који су приказани на цртежу.

Склопови су геометријски одређени скупови делова састављени од најмање два елемента. Односи између елемената неког производа остварују се спојевима. Завршни склоп је производ.

Монтажа је неизбежна у случајевима [2]:

- ако се функција производа не може остварити једним елементом;
- да треба осигурати међусобну покретљивост између елемената;
- потребе за елементима од различитих материјала;
- јефтиније израде два елемента уместо једног;
- осигурања заменљивости, транспорта и демонтаже елемената ради смањивања
- трошкова или одржавања производа;
- посебних захтева за производ (на пример: естетски захтеви).

Монтажа је завршна активност у производњи, тако да сви пропусти, грешке и недостаци претходних фаза процеса производње акумулирају се у фази процеса монтаже.

2. ТЕХНОЛОШКЕ СТРУКТУРЕ У МОНТАЖИ

У овом поглављу је разрађена технолошке структуре у монтажи, наведени су кораци технолошке структуре у монтажи. Објашњени су избор варијанте процеса монтаже, избор варијанте технолошког поступка монтаже, као и пројектовање технолошких система и одређивање елемената операције рада.

Разрада поступка рада у монтажи је сложен и одговоран задатак и саставни је део технолошке припреме производње. Основни захтеви у пројектовању поступка рада у монтажи су: обезбеђење високог квалитета производа и постизање максималне ефикасности процеса монтаже.

За разраду технолошког поступка монтаже, технолог треба да поседује поред склопних и монтажних цртежа, који представљају машину или монтажну јединицу у целини, неопходне за јасно представљање конструкције; радионичке цртеже елемената; структурне и модуларне саставнице по монтажним јединицама; техничке захтеве производа; годишњи план производње итд [1].

Ако технолог поред конструктивне документације поседује и модел производа и/или његових склопова, то може знатно убрзати проучавање конструкције и разраду технолошког поступка монтаже.

У технолошком смислу избор оптималне варијанте процеса монтаже као скуп поступака промене стања на предмету рада изводи се поступно у три основна корака (блок дијаграм на слици 2.1) [1]:

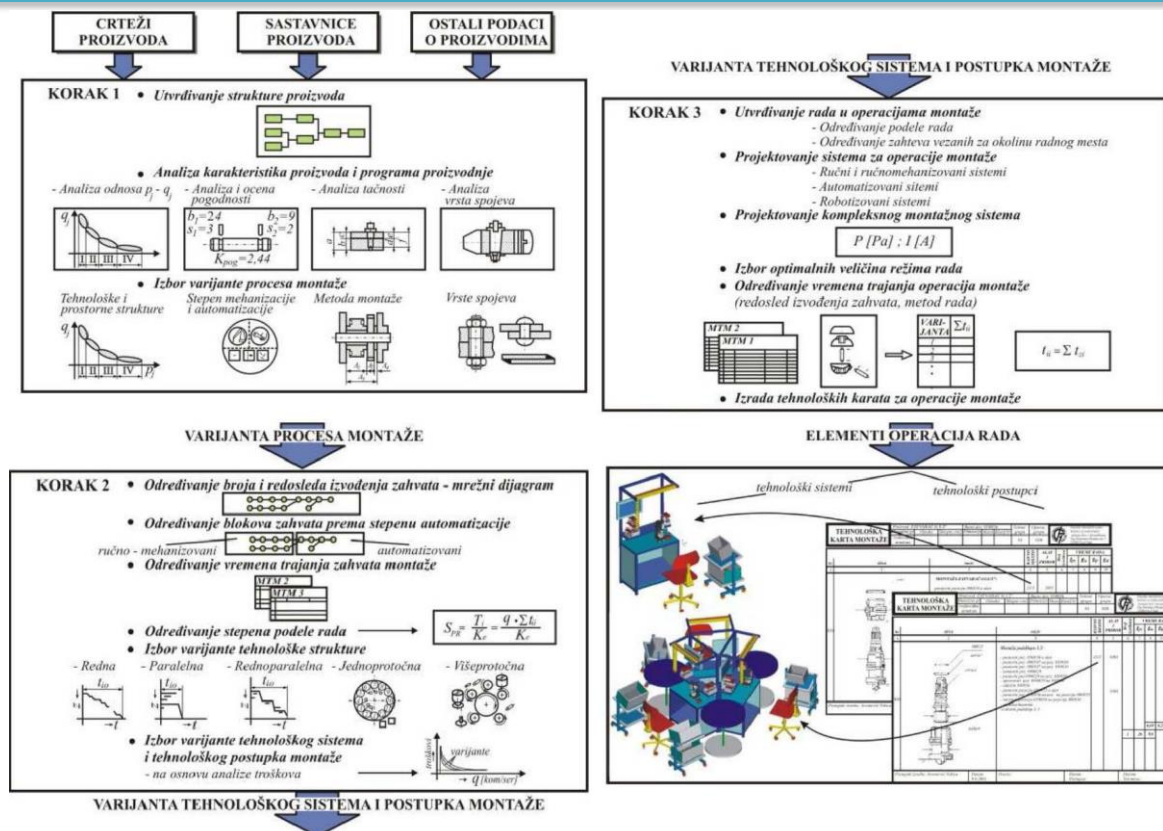
- избор варијанте процеса монтаже;
- избор варијанте технолошког поступка монтаже и
- дефинисање елемената операција монтаже.

Кораци технолошке структуре монтаже су следећи [2]:

Корак 1: Избор варијанте процеса монтаже.

Корак 2: Избор варијанте технолошког поступка монтаже.

Корак 3: Пројектовање технолошких система и одређивање елемената операције рада.



Слика 2.1 Блок дијаграм технолошког поступка и технолошких система у монтажи

[1]

Корак 1: Избор варијанте процеса монтаже.

Избор варијанте процеса монтаже је условљен пројектованим захтевима у погледу квалитета, учинка и укупне ефективности процеса монтаже. У циљу што квалитетније одлуке о варијанти процеса монтаже, потребно је претходно извршити:

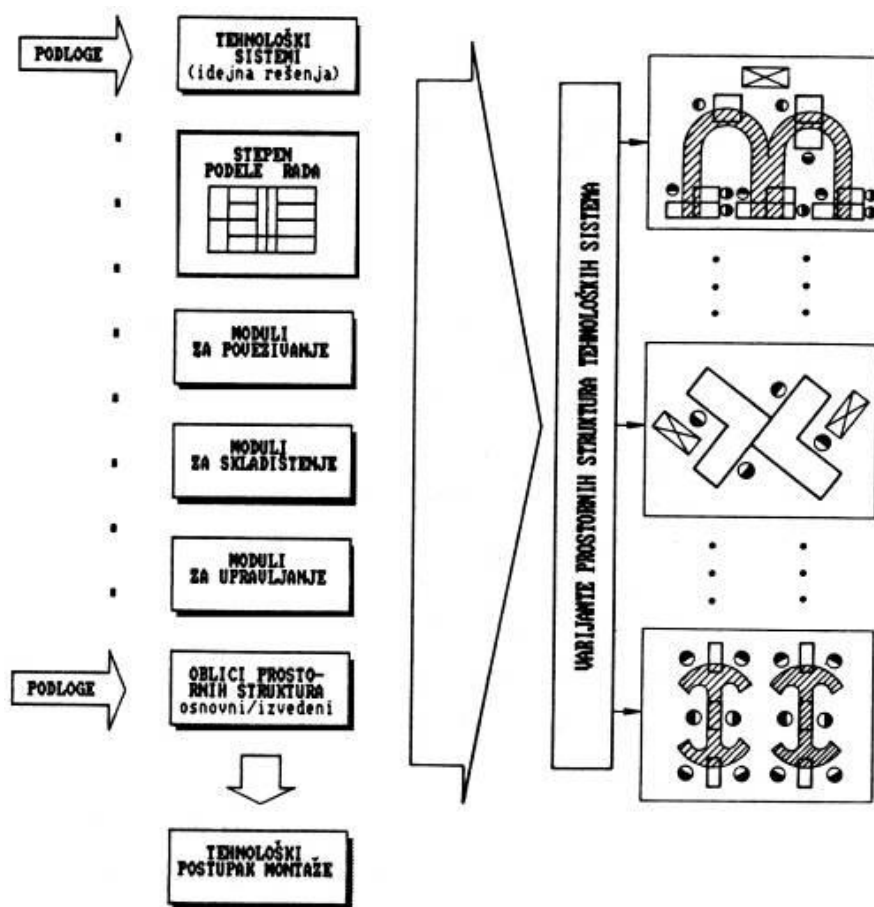
- структурирање производа (детаљније је разрађено у поглављу 3),
- анализе (детаљније је разрађено у поглављу 3)
 - тачности,
 - погодности за монтажу,
 - врста спојева,
- оцену погодности предмета рада за аутоматску монтажу.

На тај начин, користећи резултате анализе, повратно деловати на конструкцију и учинити је технологичнијом и погоднијом за процес монтаже, а затим изабрати варијанту процеса монтаже.

Корак 2: Избор варијанте технолошког поступка монтаже.

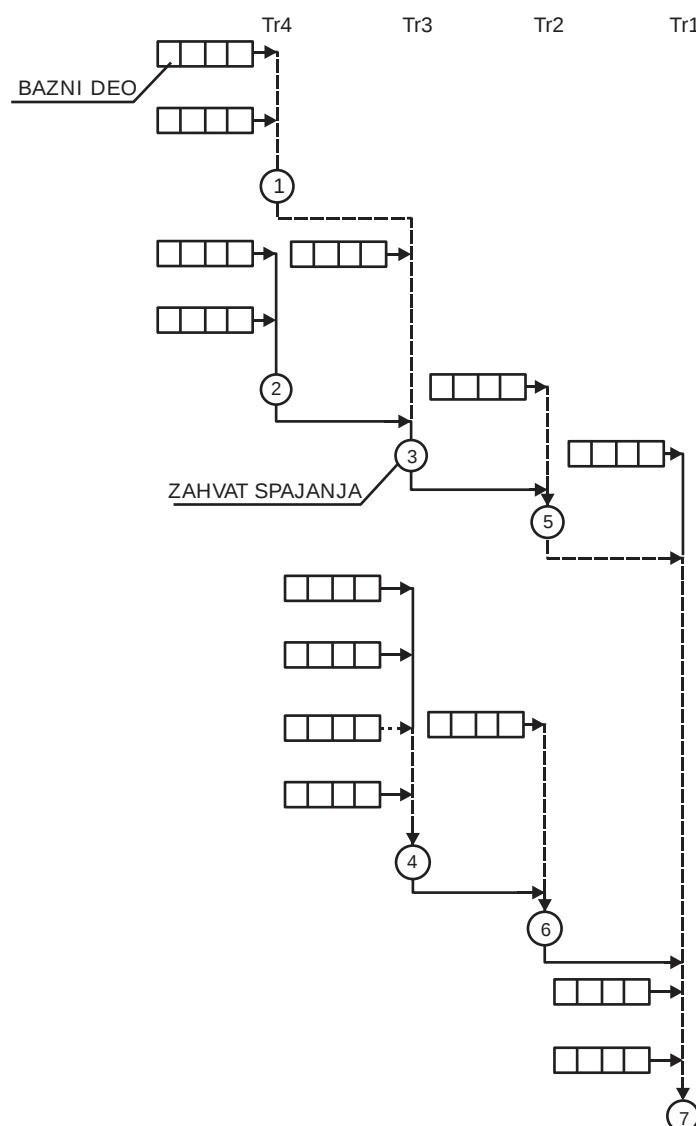
Подлога за утврђивање редоследа извођења захвата је мрежни дијаграм, који приказује процес монтаже структуриран на елементарне активности у облику мреже и из њега се једнозначно одређује веза између појединих активности, као и њихова међусобна условљеност. За израду мрежног дијаграма основна подлога је карта тока монтаже, која се израђује на основу структурне шеме монтираног производа. Након израде карте тока монтаже, у карти листа захвата, даје се преглед захвата са утврђеним редоследом, при чему се морају узети у обзир и одређени захвати које производ мора испунити у току експлоатације на основу карте листа захвата и карте тока монтаже израђује се мрежни дијаграм [1, 3].

Резултат рада у оквиру другог корака је податак о броју, редоследу и начину извођења операција, односно идејно решење технолошког система за сваку операцију монтаже, као и комплексног технолошког система тј. оног који укључује повезивање радних места, складиштење и управљање поред основне функције. Дати поступак обликовања и избор варијанте технолошког система и технолошког поступка монтаже могуће је представити графички (слика 2.2) [3].



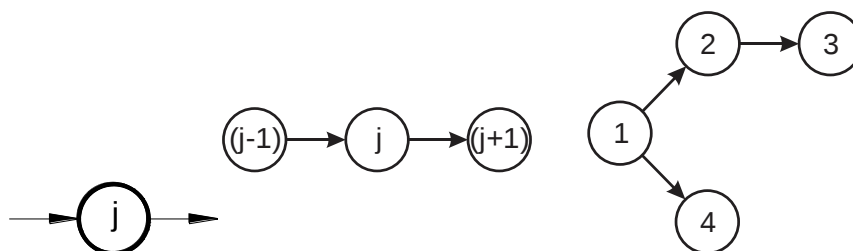
Слика 2.2 Поступак обликовања варијанте технолошког поступка и технолошког система у монтажи [3]

У циљу одређивања захвата као логичких целина при спајању делова, подсклопова или склопова у производ, а на основу структурне шеме, потребно је сачинити карту тока монтаже. Полази се од базног дела за сваки склоп односно од базног склопа за сваки производ при чему се делови или склопови означавају правоугаоницима у које се уписују подаци о њима, док вертикалне линије означавају смер тока монтаже, хоризонталне линије улаз делова у процес монтаже а круг означава захват спајања (слика 2.3). Карта тока монтаже је основна подлога за израду мрежног дијаграма као и за груписање захвата по блоковима за различите степене аутоматизације као и поделу блокова на групе захвата који се могу изводити на истим технолошким системима, у оквиру исте врсте спајања, односно операције [1].



Слика 2.3 Поступак обликовања варијанте технолошког поступка и технолошког система у монтажи [1]

Мрежни дијаграм је подлога за утврђивање редоследа захвата. Суштина разраде поступка рада помоћу мрежног дијаграма је у томе, што дијаграм приказује монтажни процес структуриран на елементарне активности у облику мреже.



Слика 2.4 Символ елемената; Символи одређене везе и неодређене везе у мрежи [1]

Мрежни дијаграм може бити конструисан употребом два основна симбола и то [1]:

- симбол елемента (дела) је круг према слици 2.4. Бројка у кругу представља ознаку елемента. Елементи морају бити означени по редном начину ради лакше идентификације;
- симбол везе је права са стрелицом која повезује два суседна елемента. Условљеност редоследа је одређена на начин да елементи на врху стрелице следе елементе на њеном другом крају. На овај начин су постављена два типа веза (слика 2.4): одређене везе (слика 2.4) и неодређене везе (слика 2.4).

На слици 2.4 симбол неодређене везе, која представља део неког мрежног дијаграма, се види да елемент 1 претходи елементима 2 и 4 и да 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) [1].

Корак 3: Пројектовање технолошких система и одређивање елемената операције рада.

Одређивање садржаја рада у операцији је сложен и одговоран задатак који узима у обзир критеријуме оријентисане на учеснику у процесу рада, тј. обогаћивање садржаја рада. За сваку операцију се формирају решења која се могу кориговати и вредновати. Бави се увођењем побољшања конкретно везаних за радно место [3].

Пројектовање изабране варијанте технолошког система се изводи у следећим фазама:

- утврђивање потреба за стандардним и нестандартним елементима монтажних система,
- избор стандардних елемената,
- пројектовање нестандартних елемената,
- размештај елемената, односно обликовање просторне структуре технолошког система.

Пројектовање технолошких система за извођење ручних и механизованих поступака рада је комплексан задатак, при чему се мора 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.

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

- 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.

При пројектовању технолошког система треба имати у виду модуларни прилаз, при чему су од највећег значаја следећи модули:

1. Основни модул (радни сто и столица - ергономски обликовани),
2. Модул за спајање (машине и уређаји, помоћни алати и прибори),
3. Модули за руковање материјалом (кутије и палете за делове).

3. СТРУКТУРИРАЊЕ И АНАЛИЗА КАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДА

У овом поглављу је објашњено структурирање и карактеристика производа. Карактеристике тачности машина се одређују састављањем и решавањем одговарајућих мерних ланаца или захтевима стандарда или експерименталним путем.

Структурирање производа представља подлогу за планирање монтаже са циљем да се правилним обликовањем склопова производа скрати време трајања и повећа економичност монтаже датог производа [3].

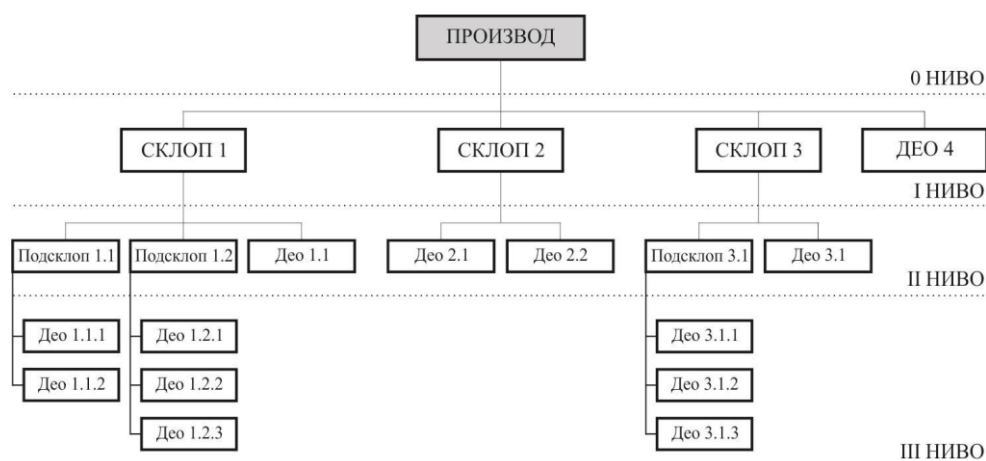
3.1 Структурирање производа

У основи сваког производа, односно његових елемената, лежи одређена структура производа. Она одређује начин састављања производа од склопова, појединачних саставних делова као и материјала.

Структурирање производа у складу са захтевима и потребама процеса производње представља важну подлогу за планирање тока монтаже. У основи се код структурирања производа разликују као што је раније речено, једно степени и вишестепени производи [1].

Структура једно степени производа се може представити помоћу два нивоа. Овакви производи се састоје само од саставних делова и/или склопова, код којих није потребно даље рашчлањавање.

Вишестепени производи се описују уз помоћ већег броја нивоа (најмање три) и састоје се од склопова и појединачних саставних делова (слика 3.1). Да би се могло извршити структурирање производа, користи се структурна шема са структурном саставницом или модуларном саставницом.



Слика 3.1 Функционална структура производа и нивои уградње [10]

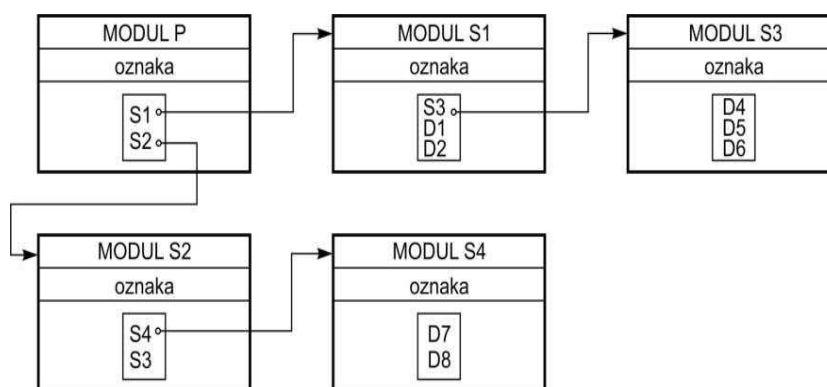
Означавање нивоа уградње се врши према редоследу који следи из демонтаже производа. На бази овог се самом производу додељује нулта ознака.

Такво структурирање производа омогућава да се уочи редослед израде делова монтаже виших нивоа уградње. Овакав начин представљања је врло прегледан. Ако се у оквиру структурне саставнице налази велики број делова који се понављају, једноставније је радити уз примену модуларне саставнице. На слици 3.2 је дата модуларна саставница, која је изведена из структурне шеме приказане на слици 3.3 [1, 10].

Једна модуларна саставница садржи само компоненте (склопове, делове) везане за први нижи ниво монтаже. За ове постоје даље саставнице, тако да се у случају вишеструког примењивања одређеног склопа у оквиру датог производа или програма производње, мора само једном извршити документовање структуре склопова.



Слика 3.2 Структурна шема (лево) и структурна саставница производа (десно) [10]



Слика 3.3 Модуларна саставница [1]

Израда структурних саставница и модуларних саставница, као и управљање изводи се најчешће помоћу рачунара и то коришћењем процесора саставница. Процесор саставница располаже:

- основним скупом делова и
- скупом структура делова или производа.

Основни скуп делова одређеног процесора саставница садржи све податке у вези појединачних саставних делова, склопова и производа, као што су:

- идентификациони бројеви,
- статус у погледу измена,
- број поступка рада,
- број складишта,
- податке у вези цена и трошкова, итд.

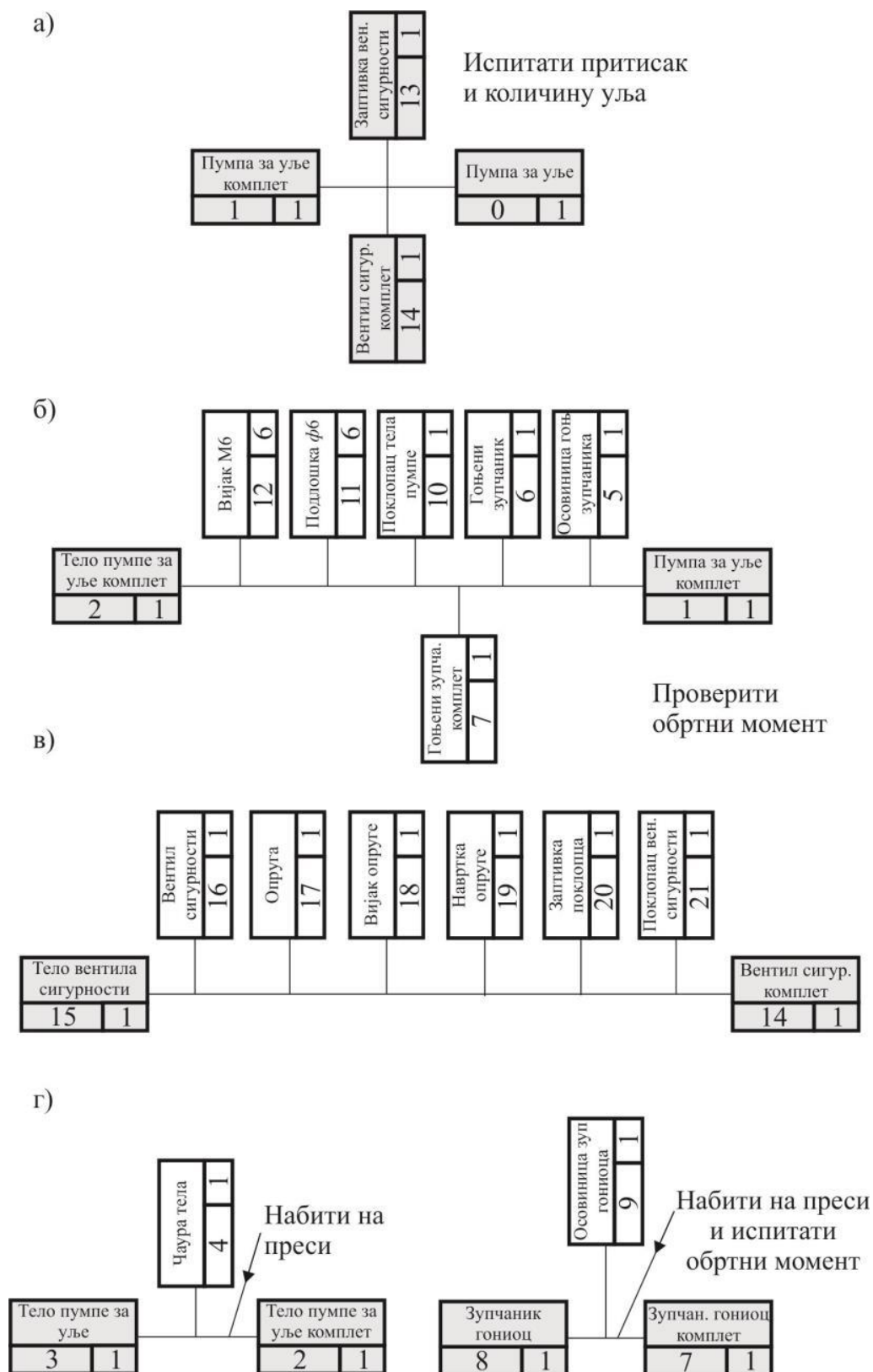
Скуп структура делова или производа даје начин повезивања делова у склопове и склопова у производе. Како би се структура производа могла успешно користити код планирања тока монтаже, препоручује се систематски поступак код израде структуре производа.

Само структурирање производа се најчешће прво изводи за одређени производ—представник групе која се монтира. Структурирање осталих производа из оквира групе се врши уз оријентацију према структури представника.

Комплетан производ одговара нивоу монтаже 0 (слика 3.2). Сви склопови као и појединачни делови, који улазе директно у готов производ, додељују се нивоу монтаже 1. Склопови и/или делови, који улазе у ниво монтаже 1 као компоненте, додељују се за јединицу нижем нивоу монтаже. Дубина поделе тј. број нивоа при подели, зависи од начина монтаже и сложености производа. Тако, нпр. производи за серијску производњу имају већи број нивоа монтаже, него производи у случају појединачне производње. При томе одређени склоп треба доделити оном нивоу монтаже, на коме се он може најкасније уградити.

Један производ може имати више различитих структура у зависности од критеријума који се постављају монтажи.

На следећој слици приказан је пример шеме монтаже.



Слика 3.4 Опишта монтажа и монтажа подсклопова и склопова [10]

3.2 Анализа карактеристика производа

При монтажи машина и механизма, основни захтеви се свде по правилу на одржавање тачности положаја, обртања, линијског померања итд. То се односи на елементе, склопове, релативне положаје базних површина итд.

За технолошке системе и механизме (на пример алатне машине) тачност је основни показатељ њиховог квалитета (допуштено бацање вретена, растојање оса). Бројне вредности тих карактеристика, а такође и начини њихове контроле после монтаже, задају се у техничкој документацији производа.

За низ других машина и механизма (на пример моторе) основни показатељи њиховог квалитета нису тачност, већ снага, носивост, степен корисног дејства итд. Наравно да тачност израде и монтаже тих машина такође у многome одређује њихов квалитет.

Карактеристике тачности машина се одређују састављањем и решавањем одговарајућих мерних ланаца или захтевима стандарда или експерименталним путем. Да би се правилно одредили и оценили захтеви тачности, треба пре проучавања конструкције на цртежу, установити [1]:

- 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.

Уверивши се у принципијелну могућност 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.

Формулисани задаци су међусобно тесно везани и треба их решавати комплексно.

При изради поступка рада или пројектовања технолошких система, потребно је извршити анализу технолоичности производа, односно погодности за монтажу.

Конструкција је погодна за монтажу онда ако је монтажа могућа уз минимално улагање времена и уз минималне трошкове, ако су ангазоване површине у погону монтаже што мање, време пролаза кроз погон монтаже што краће и постоји могућност за увођење рационалних организационих облика монтаже.

При извођењу оцене погодности делова за монтажу узимају се у обзир: облик, механичка својства, могућност спајања, габаритне димензије и друге карактеристике самог елемента. Погодност је велика ако се при монтажи спаја што је могуће мање делова уз примену рационалних поступака и елемената спајања, уз испуњен услов потпуне замењивости делова, при високом степену паралелности рада и без просторних ограничења.

При анализи погодности производа за монтажу треба водити рачуна о следећим критеријумима [1]:

- 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.

За сада не постоје јединствени критеријуми оцене и дефиниције погодности производа за монтажу. Осим тога већина метода узима у обзир само конструктивне карактеристике, а не и технолошке карактеристике процеса монтаже. У наставку је дата једна од метода оцене степена погодности производа за аутоматску монтажу.

Коефицијент спајања при аутоматској монтажи се у општем облику може одредити формулом:

$$K_s = \frac{1}{n \cdot k}$$

n – број захвата неопходних за спајање; k – коефицијент сложености поступка спајања.

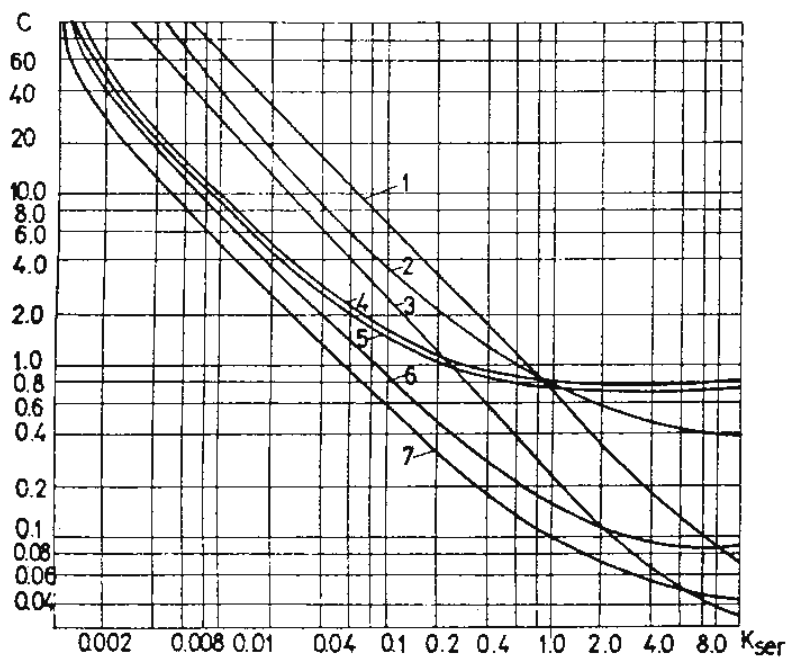
На основу вредности овог коефицијента може се извести закључак о погодности производа. Што је већи коефицијент K_s то је погодност производа већа. Коефицијент спајања два дела при аутоматској монтажи мора се налазити у интервалу $0 < K_s \leq 1$.

При једноставном спајању (лако изводљивом) $K_s=1$, ако је спајање отежано $K_s=0.1$, а ако је аутоматска монтажа немогућа $K_s=0$.

Анализа врста спојева је од посебног значаја за избор варијанте процеса монтаже у циљу утврђивања постојања:

- раздвојивих;
- нераздвојивих и
- комбинованих врста спојева;

Избор оптималне врсте споја последица техноекономске анализе и одређивања цене споја у функцији степена серијности предмета монтаже (слика 3.4).



Слика 3.5 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; [1]

4. ОДРЕЂИВАЊЕ ВРЕМЕНА МОНТАЖЕ

У овом поглављу је обрађено одређивање времена монтаже, тј. припремно монтажно време као и време спајања.

Међу основне факторе који одређују технолошки процес монтаже спада и време потребно за извођење одређеног захвата или монтажне операције. Поједина времена се означавају на следећи начин [1]:

- t_{io} - основно време монтаже за целу операцију
- t_{zpi} – време за извођење једног позиционог захвата
- t_{gzi} – време за извођење групе захвата
- t_{zi} - време за извођење једног захвата
- t_{ei} - време за извођење једног елементарног захвата

За све врсте и методе монтаже важи основна подела времена на:

- t_{pz} - припремно-завршно време,
- t_{ii} - време монтаже (спајања).

4.1 Припремно-завршно време

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

Припремно-завршно основно време односи се на припремање радног места за рад, пријем и преглед документације, припрему елемената, подсклопова или склопова за спајање, распремање радног места итд.

Припремно-завршно допунско време садржи све губитке које радник има у току основног припремно-завршног времена и обично се даје за целу серију. Према томе је:

$$t_{pz} = t_{pzo} + t_{pzd} \left[\frac{\min}{\text{ser}} \right]$$

t_{pzo} - припремно-завршно време основно,

t_{pzd} - припремно-завршно време допунско.

4.2 Време монтаже-спајања

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

Време монтаже дели се на [1]:

t_{io} - технолошко (основно) време монтаже,

t_{ip} - помоћно време монтаже,

t_{id} - допунско време монтаже.

Основно време монтаже се односи, у оквиру операције, на позиционе захвате, захвате и елементарне захвате непосредног спајања (монтаже). Ако се монтажа врши на машинама за монтажу то је машинско време, а ако се врши приручним алатима и ручно, то је онда ручно време.

Помоћно време монтаже се троши на онај део поступка који непосредно претходи или одмах долази након спајања елемената. Ако је реч о аутоматизованој монтажи ту спада нпр. оријентисање, позиционирање, стезање итд. Ако монтажа није аутоматизована, ту спада нпр. узимање алата, примицање, постављање базног елемента итд.

Допунско време монтаже садржи све губитке који се дешавају за време основног и помоћног времена монтаже, тј. губитке који су резултат организационих и других недостатака.

Време потребно за извођење једне монтажне операције је:

$$t_{ii} = t_{io} + t_{ip} + t_{id} \quad (\text{временских јединица})$$

Време потребно за извођење свих монтажних операција на једном производу се означава са:

$$\sum_{i=1}^m t_{ii} \quad (\text{временских јединица/јединица производа})$$

m – број монтажних операција које се изводе на датом производу.

Укупно време за монтирање једног производа:

$$t_{pj} = \frac{t_{pz}}{n} + \sum_{i=1}^m t_{ii} \quad (\text{временских јединица/јединица производа})$$

j - редни број производа

n - број производа у серији.

Време потребно за монтирање целе серије производа је сада:

$$t_n = t_{pz} + n \cdot \sum_{i=1}^m t_{ii} \quad (\text{временских јединица/серија})$$

5. КЛАСИФИКАЦИЈА И ОПИС НАЈВАЖНИЈИХ ТЕХНИКА МОНТАЖЕ ПОДСКЛОПОВА, СКЛОПОВА И ПРОИЗВОДА СА ПРИМЕРИМА ПРИМЕНЕ

У овом поглављу су обрађени поступци спајања који су саставни процеси при монтажи. Наведени су раздвојиви и нераздвојиви спојеви, као и пример монтаже.

Процес спајање је основни процес процеса монтаже. 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.

У процесу развоја производа, пројектант на основу постављених функционалних захтева конципира и предлаже пројектно идејно решење. Изабрани концепт се затим разрађује – дели на склопове, подсклопове и делове, при чему се долази до диференцијације.

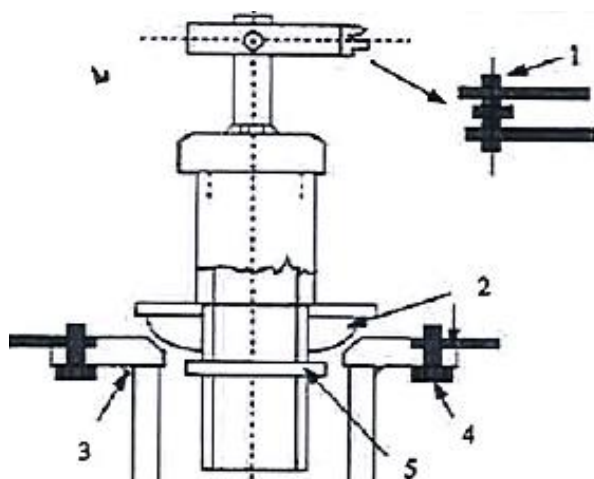
Формирање склопа илустровано је сликом 5.1 (пример вентила), при чему су посебно наглашена прва три, који представљају основне факторе диференцијације. Седам фактора диференцијације су [4]:

- 1) Потребан степен слободе кретања. Различити елементи морају имати одређени степен покретљивости у циљу остварења функције.
- 2) Употреба различитих материјала. Принцип функционисања производа често се заснива на различитим специфичним карактеристикама материјала.
- 3) Замењивост, сервисирање и одржавање захтева демонтажу ради замене делова.
- 4) Технолоичност израде. Сложене делове понекад је јефтиније и једноставније израдити делећи их на једноставније мање целине које се затим спајају.
- 5) Раздвајање функција. Функција производа може бити остварена помоћу једног дела или комбинацијом више делова.
- 6) Специфични функционални захтеви. Повишени захтеви за приступачношћу, демонтажом, чишћењем, контролом, итд. могу условити појаву диференцијације.
- 7) Естетски захтеви. Појава диференцијације делова често може бити дизајнерски захтев.

Спојеви могу бити следећи:

- Непокретни-раздвојиви (на пример завртњаски, жлебни, конични)
- Непокретни-нераздвојиви (на пример спојеви остварени пресом или ваљањем, спојеви закивицама),
- Покретни-раздвојиви (на пример вратило-лежај, клип-чаура, зупчаници),
- Покретни-нераздвојиви (на пример неки котљајни лежајеви, запорни вентили).

Класификација спојева приказана је сликом 5.2.



Слика 5.1 Скица вентила [4]



Слика 5.2 Класификација спојева

Раздвојиве везе представљају машинске елементе којима се остварује спајање два или више елемента и које се могу користити више пута.

У елементе за остваривање најважнијих раздвојивих веза спадају:

- Завртњеве (вијци),
- Навртке,
- Клинови,
- Жлебови,
- Чивије,
- Расцепке,
- Прстенови.

Нераздвојиве везе представљају везе које се не могу раставити, а да не дође до оштећења спојених елемената или самог споја. Најважније технике за остваривање нераздвојивих спојева су:

- Закивање,
- Лепљење,
- Лемљење и
- Заваривање.

5.1 Навојни спојеви

Веза два или више машинских делова остварена посредством навоја представља навојни спој. Навојни спојеви припадају групи раздвојивих машинских спојева (спојени делови се могу раздвојити и поново спојити без оштећења) [5].

Машински делови, подсклопови и склопови се помоћу елемената за везу повезују у једну целину. Тако остварена веза има задатак да преноси оптерећење са једног дела на други, а при томе чврстоћа везе не буде мања од чврстоће спојених делов

Помоћу навојних спојева се обезбеђује [5]:

- Жељени положај спојених делова,
- Преношење оптерећења,
- Међусобно притискивање и заптивање машинских делова,
- Прецизно померање и подешавање код мерних уређаја,
- Међусобно релативно кретање спојених делова,
- Претварање обртног кретања у праволинијско кретање.

Навојни спојеви представљају машинске елементе који се широко користе за остваривање раздвојивих веза. Саставни делови навојних спојева се могу више пута раздвајати и спајати без оштећења.

Веза остварена навојним спојем има за циљ причвршћивање елемената и преношење оптерећења, а да истовремено чврстоћа (јачина) везе не буде мања од чврстоће (јачине) састављених делова.

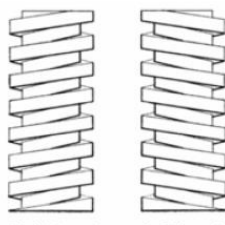
На слици 5.3 приказани су врсте елемената за остваривање навојних спојева.



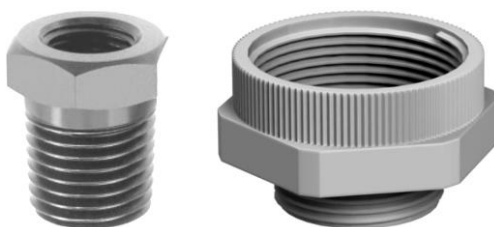
Слика 5.3 Елементи за остваривање навојних спојева [5]

Навој може бити (слика 5.4 и слика 5.5):

- Леви или десни;
- Спољашњи или унутрашњи.



Слика 5.4 Леви и десни навој [5]

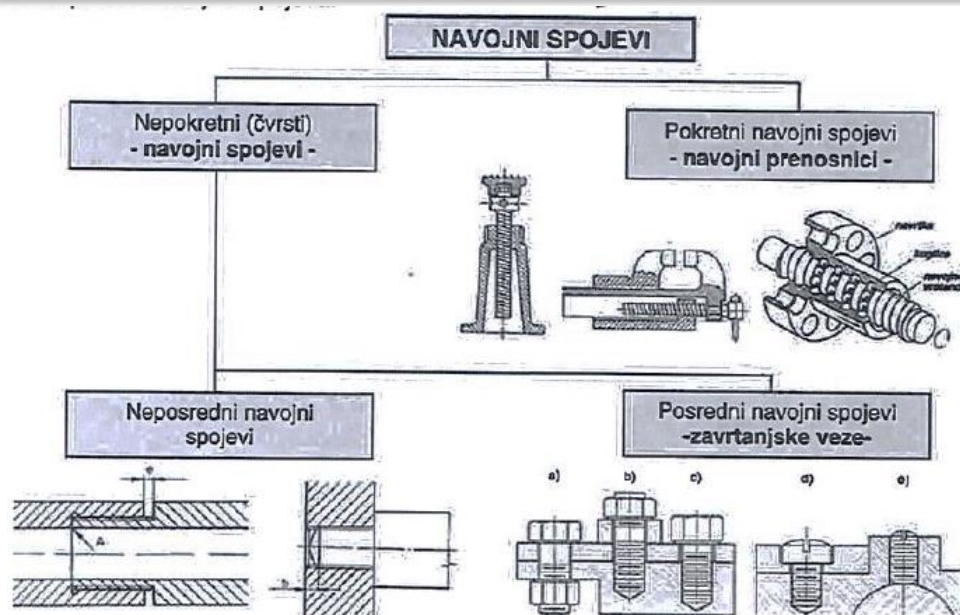


Слика 5.5 Спољашњи и унутрашњи навој [5]

Спољашњи навој се израђује на спољашњој површини цилиндра.

Унутрашњи навој се израђује на унутрашњој површини шупљег цилиндра.

Навојни спојеви у конструкцији једне машине учествују од 15 – 25% укупног броја спојева, а време њихова монтаже чини 25 – 35% укупног времена монтажних радова. На слици 5.6 приказана је основна подела навојних спојева [4].



Слика 5.6 Подела наводних спојева [4]

Елементи везе се израђују од разних материјала. Избор материјала елемената везе заснива се на разматрању радних услова (корозивне и температурне услове), тежине материјала, магнетних особина, напона и очекиваног века трајања. У циљу смањења трошкова користе се стандардни материјали под условом да задовољавају захтеве.

Од материјала за израду наводних елемената се очекује [5]:

- Велика издржљивост, чврстоћа и жилавост,
- Добре радне карактеристике на повишеним и сниженим радним температурама,
- Отпорност на хемијска и електрохемијска дејства.

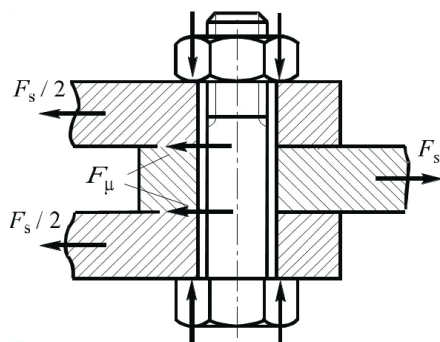
Материјали који се користе за израду елемената везе су следећи [4]:

- Челик – најчешће се за израду навртки и завртњева користе челици одговарајућих карактеристика издржљивости и то пре свега конструкциони челици.
- Алуминијум – најјефтинији избор међу свим материјалима елемената везе и теже око једне трећине тежине челика. Неке врсте алуминијумских легура превазилазе чврстоћу на кидање меког челика.
- Месинг – могуће је лако обрађивати на жељени облик и има адекватну чврстоћу. Јачина на кидање и тврдоћа побољшавају се обрадом у хладном стању.
- Бакар – најрастегљивији метал и има такође добру отпорност на корозију и највећу проводљивост електричне енергије од свих неплеменитих метала.
- Никл – примењује се у условима где је потребна отпорност на удар, корозију и чврстоћа при високим температурама. Идеалан је за примене у контаминираним условима и за постојану чврстоћу у условима високе и ниске температуре.

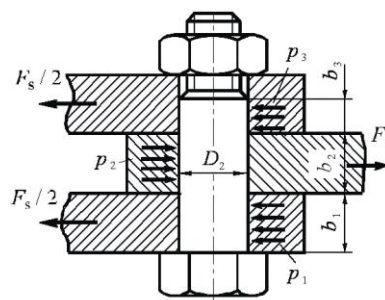
Завртњеве могу бити оптерећени уздужно и попречно. Уздужно оптерећени завртњеве могу бити притегнути и непритегнути. Попречно оптерећени завртњи могу бити неподешени и подешени.

Неподешене завртањске везе (слика 5.7) се остварују дејством отпора трења на додирним површинама спојених делова па се могу назвати и фриксионе. Отвор за завртањ је већи од пречника стабла завртња – постоји зазор [5].

Подешене завртањске везе (слика 5.8) се остварују помоћу смицајне силе па се могу назвати и смицајне. Остварују се прецизним налегањем између ненавојног дела и отвора у деловима који се спајају [5].



Слика 5.7 Неподешен завртањске везе

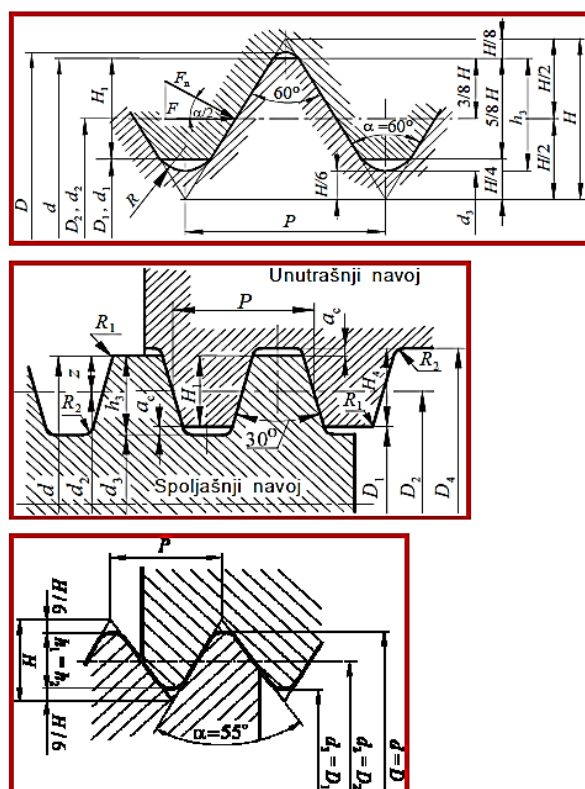


Слика 5.8 Лежај 6003 2ZR [00000]

Троугао је теоријски профил навоја. Профили навоја су стандардизовани.

Постоји велики број различитих стандардних навоја, слика 5.9 [5]:

1. Метрички навој са троугластим ISO прфилом (SRPS M.B0.011, SRPS M.B0.012),
2. Трапезни метрички навој (SRPS M.B0.061),
3. Коси навој (SRPS M.B0.070, SRPS M.B0.071),
4. Обли навој (SRPS M.B0.081, SRPS M.B0.082, SRPS M.B0.083, SRPS M.B0.085),
5. Витвортов (цоловни) навој (SRPS M.B0.056, SRPS M.B0.057).



Слика 5.9 Троугласти, трапезни и Витвортов навој [5]

5.2 Заваривање

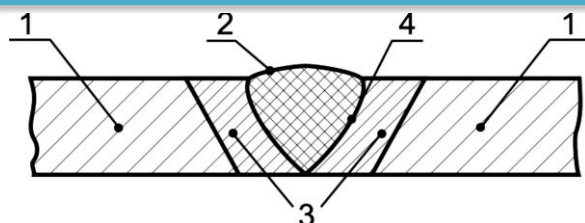
У савременој индустрији, заваривање и заварене конструкције заузимају све важније место. С једне стране, то је заслуга развоја заваривања као веома значајне производне технологије и с друге, масовног развоја челика предвиђени за заваривање од којих се израђују веома одговорне конструкције.

Физичка суштина процеса заваривања је поступак спајања материјала помоћу различитих извора енергије. То спајање остварује се топљењем или деформацијом, са или без употребе притисака.

Према употреби разликују се два основна типа спајања материјала: заваривање и наваривање. Заваривање је спајање два или више металних елемената уз додавање материјала, или без њега, у хомогену целину. Наваривање представља наношење додатног материјала на одређену површину у циљу остваривања тражених димензија или својстава. Заваривање дели се на заваривање притиском и заваривање топљењем [4].

Заварени спој (слика 5.10) је део нераздвајивог споја изведен заваривањем од елемената завариваног материјала. Запажа се да се заварени спој састоји из шави и основног материјала од којег су израђени елементи који се спајају заваривањем [6].

Површина стапања (4), (слика 5.10) је гранична површина између метала шави (2) и зоне утицаја топлоте (3).

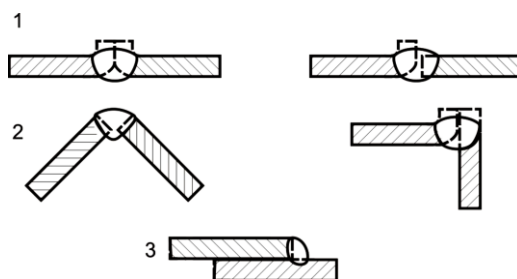


Слика 5.10 Сечеоно заварени спој; 1- основни материјал, 2- шав, 3- зона утицаја топлоте (ЗУТ), 4- зона стапања [6]

Шав (вар) је део завареног споја који се образује очвршћивањем мешавине истопљеног основног и додатног материјала на месту споја. У неким случајевима, нпр. при заваривању танких лимова, шав се образује само стапањем и очвршћавањем ивица основног материјала (слика 5.11) [6].

Заварени спој добијен термо-механичким поступцима спајања састоји се из основног материјала, контактне зоне и условне зоне утицаја топлоте. Контактна зона настаје еласто-пластичном деформацијом сучељних површинских слојева. Зона утицаја топлоте је условна, јер ту има утицаја и деформационо ојачање, а не само повишена температура [6].

Зона утицаја топлоте (ЗУТ) је део основног материјала, уз шав, у коме је дошло до хемијско-физичких и структурних промена услед топлоте унете при заваривању. Ширина зоне утицаја топлоте, за дати материјал, зависи од укупне количине унете топлотне енергије и њене концентрације.

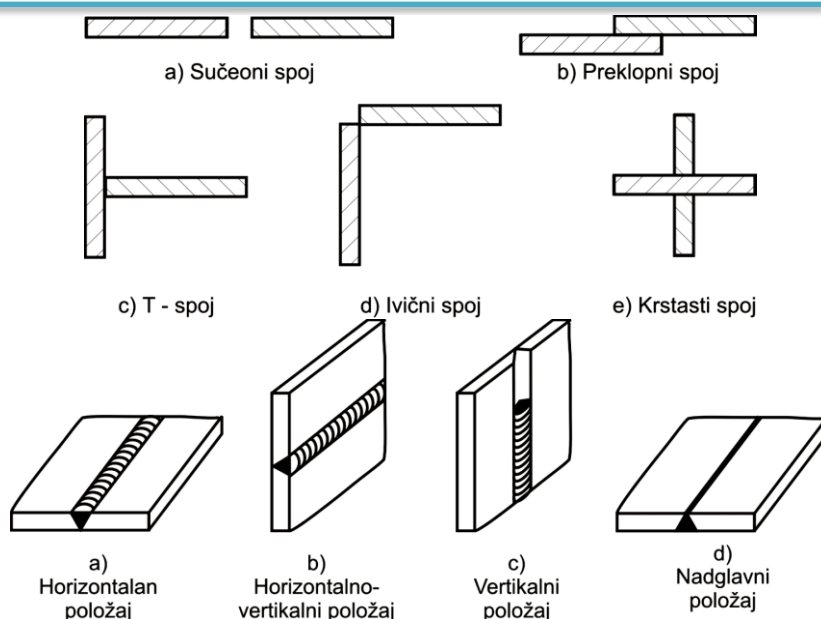


Слика 5.11 Облици спојева изведени без додатног материјала: 1- сечеони спој, 2- рубни, 3- преклопни [6]

Додатни материјал је део металног материјала-електроде или жице—који се при заваривању топљењем додаје у истопљеном стању у метално купатило, ради испуњења места споја, при чему се меша и очвршћава заједно са растопљеним основним металом образујући метал шав.

Заварени спојеви односно шавови, са конструктивне тачке гледишта и начина извођења могу бити [6]:

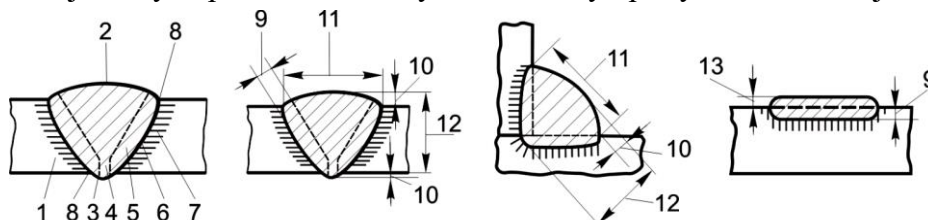
- Према врсти споја (слика 5.12) сечеони, преклопни, Т – спој, ивични или рубни и крстасти спој.
- Према положају у простору шав може бити (слика 5.12) хоризонталан или положен, хоризонталан у вертикалној равни, вертикалан и изнад главе (или надглавни).



Слика 5.12 Врсте спојева и основни положаји заваривања [6]

Основни елементи шавова приказани су на слици 5.13. Изглед шави зависи од претходне припреме стране жлеба, типа жлеба, технолошког поступка заваривања као и врсте и дебљине основног материјала.

Највише је у примени и најлакше се изводи шав у хоризонталном положају. Шавови у осталим положајима се израђују када је то условљено технолошким разлозима, а за њихово извођење неопходна је већа стручност заваривача. Шавови изведени у положајима који нису хоризонтални зову се шавови у принудним положајима.



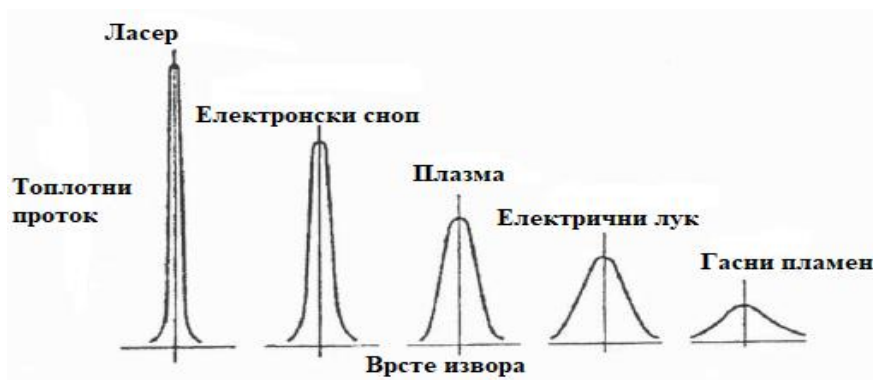
Слика 5.13 Основни елементи завареног споја: 1- основни материјал, 2- лице шави, 3- налиције шави, 4- корен шави, 5- увар, 6- граница увара, 7- зона утицаја топлоте (ЗУТ), 8- ивица шави, 9- дубина увара, 10- надвишење шави (лица, корена), 11- ширина шави, 13- дебљина навара [4, 6]

5.2.1 Заваривање плазмом

Заваривање плазма луком се све више користи јер, у поређењу са осталим поступцима, обезбеђује већу дубину уваривања, мању ширину шави, мању зону термичког утицаја, већу брзину заваривања и побољшање квалитета шави.

Плазменим заваривањем могу се једним пролазом заварити елементи дебљине чак и до 20 mm. На тај начин се обезбеђује суштинско повећање производности, смањење деформација и повећање поузданости завареног споја [6].

На слици 5.14. дат је приказ плазменог лука у односу на друге изворе.



Слика 5.14 Концентрација заваривачких извора топлоте [6]

При заваривању је значајна термичка плазма која је у ствари јонизовани гас састављен од слободних електрона, позитивних јона и неутралних атома. Плазма постоји код свих поступака електролучног заваривања. Уколико се заваривачки лук одржава волфрамском електродом у простору ограниченом телом млазнице, степен јонизације гаса се толико повећава да се цео поступак назива заваривање плазмом. Поступак је сличан ТИГ заваривању.

Плазмом се углавном заварују угљенични челици, легирани челици, нерђајући челици, ватроотпорне легуре, легуре бакра и никла итд.

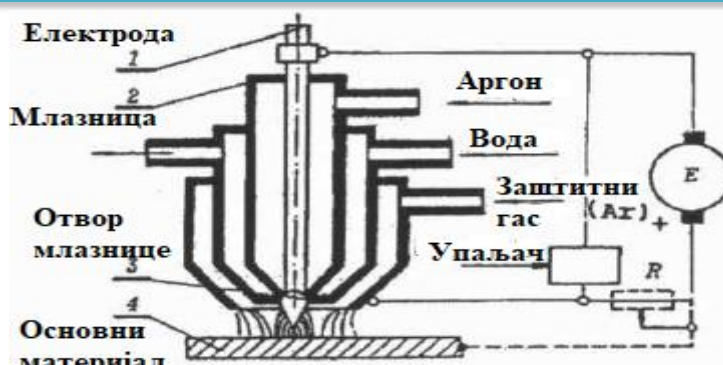
Примера ради, заваривање плазмом је знатно продуктивније и јефтиније од ТИГ поступка, а брзина је 4 пута већа при заваривању без додатног материјала док је цена нижа за двадесет процената. Негативна страна заваривања плазмом у односу на ТИГ поступак је што је цена опреме већа, краћи век млазнице и већа потрошња аргона [6].

У зависности од јачине струје разликују се два поступка а то су заваривање плазмом и заваривање микроплазмом.

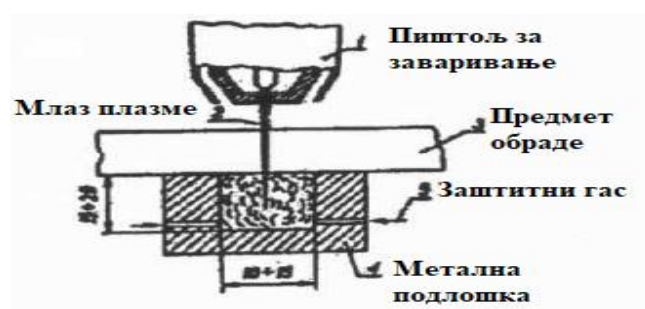
Плазма поступак заваривања се примењује за спајање лимова дебљине веће од 1,5 mm при чему јачина струје прелази 20 A. Шема овог поступка дата је на слици 5.15.

Микроплазмено заваривање се користи за спајање делова дебљине од 0,03 до 1,5 mm при чему јачина струје не прелази 20 A.

На слици 5.16 приказано је заваривање микроплазмом које даје узак шав и готово невидљивом зоном под утицајем топлоте и малим споственим напонима и деформацијама.



Слика 5.15 Заваривање плазмом [6]



Слика 5.16 Микроплазмено заваривање [6]

Као додатни материјал за овај поступак користе се заштитни гасови у неким случајевима жица. За образовање плазме употребљавају се гасови који хемијски не реагују са волфрамском електродом и то су најчешће гасови попут аргона, хелијума, водоника, азота или њихових мешавина [6].

Гас за образовање плазме не штити довољно течан метал од штетног деловања ваздуха па се посебно доводи заштитни гас, најчешће је то чист аргон. Овај гас може да се користи за образовање плазме при заваривању свих метала, али даје најбоље резултате на угљеничним челицима, затим на челицима повишене јачине, и легурама титана и цирконијума.

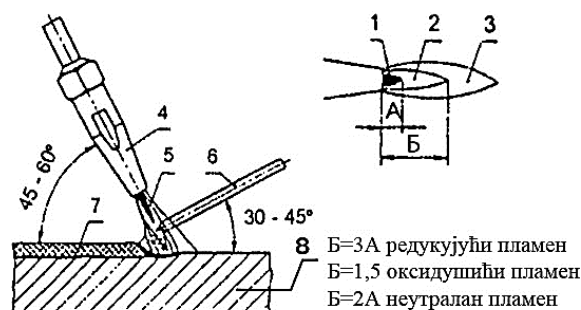
Потрошња аргона за образовање плазме креће се од 0,3 до 5,6 литара у минути и зависи од дебљине делова који се заварују, док је потрошња заштитног аргона знатно већа. Заваривање плазмом може се изводити са додатним материјалом али и без њега.

Додатни материјал је хемијског састава сличног основном, и примењује се за дебље делове. Додатна жица се уводи на ивицу заваривачког купатила слично као и код ТИГ поступка али у овом случају нема опасности да се врх додатне жице оштети хемијским деловањем остатака из ваздуха [6].

5.2.2 Гасно заваривање

Гасно заваривање спада у поступке заваривања топљењем јер се код овог поступка заваривања чврст спој између завариваних делова остварује топљењем и затим очвршћавањем њихових ивица. Иако се као гориви гас највише примењује ацетилен, у неким областима заваривања и сродним поступцима користе се и други гасови. Осим техничких гасова за заваривање се употребљавају и додатни материјал, а понекад и топителји.

Гасно заваривање (слика 5.17) заснива се на загревању површина које се заварују до температуре преласка у термо пластично стање струјом загрејаног гаса, загрејани гас који излази из горионика, загрева делове који се заварују и додатни материјал. Растопљени додатни материјал и растопљене ивице основног материјала се стапају и образују заварени шав.



Слика 5.17 Шема гасног заваривања [6]

Кисеоник се за индустријску употребу добија се углавном из ваздуха. ослобађа се при електролизи воде, али се с обзиром на већу производну цену и доста већу опасност, кисеоник из воде добија само за лабораторијске потребе.

Кисеоник се у гасовитом стању чува и транспортује у челичним боцама запремине од 0.40 па до 50 l. За заваривање и сродне поступке највише се примењују боце запремине 40 l, а максималног притиска 150 бара. Капа, сферна површина и трака на 2/3 висине обојене су плавом бојом. Кисеоник је нешто тежи од ваздуха, скупља се у удубљењима пода, па при додиру са масним материјама може изазвати експлозију [6].

За заваривање и као и за сечење гориви гас је ацетилен. Други гориви гасови, као што су водоник, нафтни гас, земни гас, метан не користе се за заваривање челика због ниске температуре пламена и веома јаког оксидишућег дејства. Могу бити коришћени само у изузетним случајевима, као нпр. за предгревање, жарење или сечење, као и за заваривање неких нискотопљивих метала.

Поступак гасног заваривања са или без додатног материјала омогућава добијање шавова сложене конфигурације при различитим положајима у простору.

Веома је важно равномерно загревање површина које се заварују. Правилан распоред топлоте постиже се када се одржава константан угао нагиба горионика у односу на површину шава.

На гасно заваривање утицај има и састав додатног материјала, његов облик и попречни пресек. Веома је важно и одржавање константног растојања између горионика и делова који се заварују. Уколико растојање варира, то доводи до већег или мањег растапања додатног материјала. Додатни материјал би требало да има добру пластичност и да буде од истог материјала као и делови који се заварују.

Основни параметри гасног заваривања:

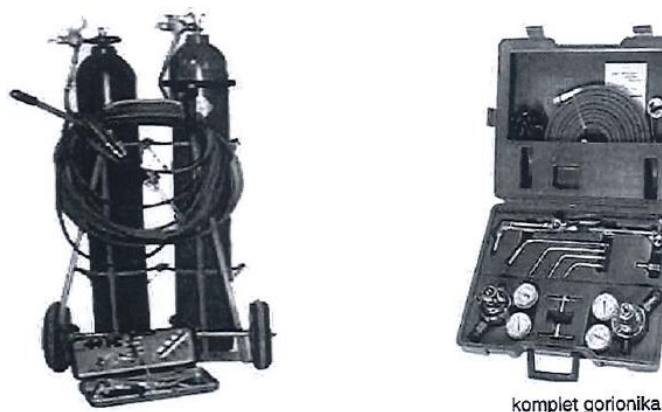
- Температура гаса T , $^{\circ}\text{C}$,
- Потрошња гаса q , m^3/h ,
- Притисак на додатни материјал p , MPa ,
- Притисак на основни материјал p , MPa ,
- Брзина заваривања V , m/s .

При заваривању или сечењу у великим затвореним судовима (нпр. у котловима, резервоарима или цевима великог пречника) потребно је обезбедити довођење свежег ваздуха и одвођење ваздуха загађеног сагорелим гасовима.

Никако се не сме употребити кисеоник из боце за проветравање затворених судова. При томе може настати експлозивна мешавина и засићење одела заваривача кисеоником, односно експлозивно сагоревање изазвано варницом при заваривању. Угљена прашина у ваздуху (нпр. у стоваришту угља, топланама, термо-електранама) или брашно у млиновима могу такође да изазову експлозију или пожар.

Лако запаљиве материје у близини места заваривања (дрво, угаљ, угљена прашина, брашно) треба обилно залити водом у пречнику најмање 5 м или добро покрити ватросталним материјалима. Пошто се заврши заваривање, потребно је још једном све полити водом и контролисати да нису заостале ужарене честице.

Опрема за гасно заваривање састоји се из: боца за гасове, редукционих вентила, осигурача, разводних црева и горионика (слика 5.18).



Слика 5.18 Опрема за гасно заваривање [4]

5.2.3 Ручно-електролучно заваривање (РЕЛ)

РЕЛ поступак заваривања се сврстава у поступке заваривања топљењем, помоћу топлоте која је ослобођена у електричном луку. Заштита растопа од штетног деловања гасова из околине (азот, кисеоник) остварује се помоћу облоге електроде. Струја заваривања може бити једносмерна и наизменична, јачине $25 \div 450$ А, радног напона $15 \div 40$ V и брзине заваривања до 120 mm/min.

Основни параметри РЕЛ поступка заваривања су [6]:

- пречник електроде (језгра),
- јачина струје заваривања,
- радни напон,
- дужина лука и
- брзина заваривања.

РЕЛ заваривање започиње успостављањем електричног лука између врха електроде и основног материјала. Лук топи ивице основног материјала и электроду и ствара метално купатило које од ваздуха штити слој троске и гасова који потичу из облоге. Лук се прекида када се електрода потроши и остане око 50 mm у клештима (држачу електроде). Троска се обија и заваривање наставља новом електродом [6].

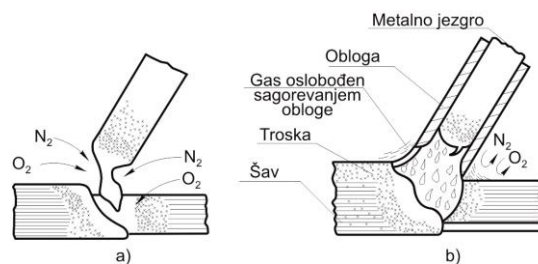
Пречник електроде се бира према дебљини завариваног материјала, облику и димензијама жлеба и положају завареног споја. Обично се за коренски завар узима електрода мањег, а за остале заваре попуне већег пречника. Када је реч о електродама треба споменути и то да постоје различити типови електрода. Могу бити: киселе (оксид гвожђа), кисело-рутилне, базичне, целулозне, оксидне, рутилне (средња или дебела облога) и др. Пречник електроде (d) зависи од дебљине завариваних делова (s) и од врсте споја [6]. За извођење коренског завара код плоча дебљине веће од 10 mm треба усвојити электроду чији је пречник мањи за 1 mm од препоручене вредности.

Јачина струје заваривања бира се на основу пречника електроде и типа облоге. Усваја се максимална и минимална вредност при чему је, испод минималне вредности, лук нестабилан а изнад максималне облога се прегрева и круни па се жица може оголити. За хоризонталан положај заваривања усвајају се максималне вредности јачине, за вертикалан средње и изнад главе минималне [6].

Дужина лука мора бити константна како се не би угрозила његова стабилност као и заштита растопа. Да дужина лука не би расла при топљењу електроде заваривач мора да стално примиче электроду.

Брзина заваривања дефинише степен истопљености страница, односно при великој брзини заваривања добија се уска гусеница и недовољно стапање ивица основног материјала што даље узрокује добијање порозних шавова јер се метално купатило брзо хлади па растворени гасови остају заробљени унутар споја (шава, ЗУТ-а). Мала брзина заваривања доводи до прегревања материјала и преливање троске испред металног купатила што може узроковати укључке троске у металу шавова.

Применом заваривања могуће је изградити конструкције компликованог облика од железарских производа (лимова, плоча, цеви, разних профила) или у комбинацији са отковцима, отпресцима, одливцима и другим производима механичке прераде. Код бродова, мостова, парних котлова израђује се на стотине и хиљаде међусобно заварених делова. За сваки детаљ потребно је предвидети размештај спојева, врсту спојева, редослед извођења, па и утицај примењене методе заваривања на подсклопове, склопове и конструкцију у целини. Такође се води рачуна о претходној и завршној термичкој обради као и о одговарајућим методама контроле - претходној, текућој и завршној. Код неких производа трошкови контроле планирају се на 50% цене коштања производа [5, 6].



Слика 5.19 РЕЛ заваривање голом (а) и обложеном електродом (б) [6]

На квалитет шавова битно утиче одржавање сталне дужине лука и брзине заваривања. Да дужина лука не би расла при топљењу електроде и тиме се погоршавала стабилност лука и заштита растопца, заваривач мора да примиче электроду брзином којом се она топи (линеарна брзина топљења).

5.2.4 Заваривање у заштитним гасовима

Као заштитни гасови користе се аргон, хелијум, CO_2 , и мешавина гасова ($CO_2 + Ar$; $Ar + CO_2 + O_2$; $Ar + H_2$; $Ar + N_2$).

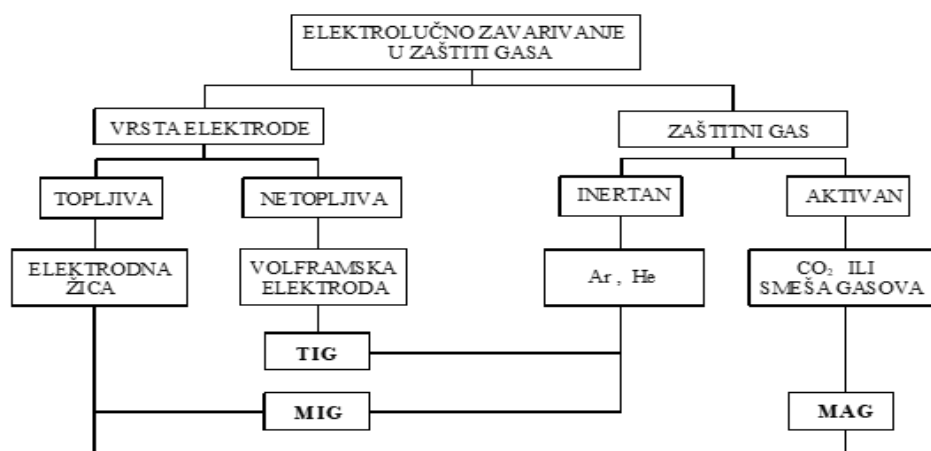
Предност у односу на РЕЛ јесте могућност механизације, аутоматизације и роботизације.

У зависности од врсте електроде или електродне жице као и примењеног заштитног гаса разликују се: ТИГ, МАГ и МИГ- заваривање (слика 5.20).

Назив ТИГ је скраћеница од Tungsten-Inertan-Gas, према називу за волфрам у англосаксонским земљама.

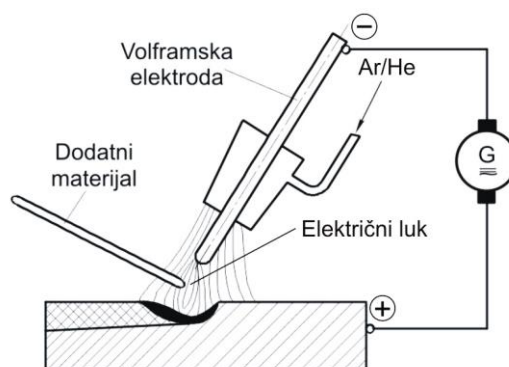
Специфичност ТИГ поступка јесте у томе што се електрични лук одржава између нетопљиве волфрамске електроде и основног материјала (слика 5.21). Рубни шавови

добијају се стапањем посувраћених страница завариваних лимова, а остали шавови уз помоћ додатног материјала. ТИГ се може механизовати помоћу посебних аутомата за довођење додатне жице пречника до 2.5 mm.



Слика 5.20 Поступци заваривања у заштитној атмосфери [6]

Аргонски се спајају сви заварљиви метали, али се због високе цене ТИГ-ом највише заварују високолегирани челици, нежелезни метали и њихове легуре, а нарочито алуминијум и његове легуре. Електрични лук се код савремених уређаја успоставља помоћу високофреквентних јонизатора, тј. посебног извора струје високог напона. Лук се може успоставити и додиром врха електроде и основног материјала, али се тиме прља електрода и убрзава њено трошење.



Слика 5.21 Шематски приказ ТИГ заваривања [6]

МАГ (Метал Активан Гас) или CO_2 – поступак заваривања спада у електролучне поступке заваривања топљењем који одликује, пре свега, велика брзина заваривања и могућност аутоматизације процеса. Опсег коришћених пречника електродних жица је $0.8 \div 2.5$ mm. CO_2 је активан гас јер се у току заваривања, на високој температури ($T > 1600^\circ\text{C}$) разлаже на CO и O_2 . МАГ поступак се користи за заваривање нискоугљеничних и нисколегираних челика најчешће дебљине $0.8 \div 30$ mm.

Основне карактеристике МАГ поступка су [6]:

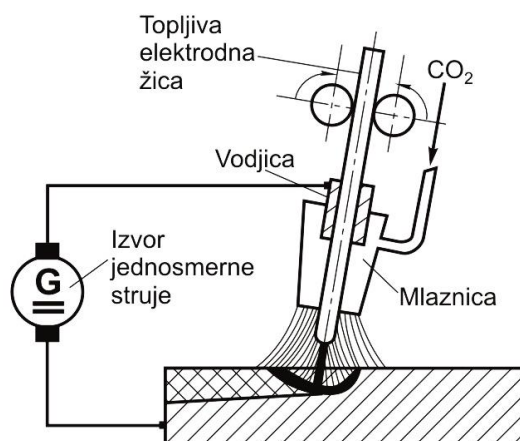
- заваривање је могуће у свим положајима;
- струја заваривања је у опсегу: $I = 40 \div 500 \text{ A}$;
- напон заваривања је у опсегу: $U = 16 \div 35 \text{ V}$;
- брзина заваривања од $v_z = 16 \div 60 \text{ m/h}$;
- спољна карактеристика извора: равна (пад 2 V на 100 A), $U \approx \text{const}$.
- струја заваривања: једносмерна обрнутог поларитета ($E+$).

МИГ (Метал Инертан Гас) поступак је сличан МАГ-у, с тим што се користи други заштитни гас – аргон и нешто другачији пиштољ. Највише се примењује за заваривање легираних челика и нежелезних метала дебљине до 20 mm , помоћу електродне жице пречника $1 \div 2.5 \text{ mm}$.

Основне карактеристике овог поступка су [6]:

- заваривање је могуће у свим положајима;
- струја заваривања је у опсегу: $I = 150 \div 500 \text{ A}$;
- напон заваривања је у опсегу: $U = 20 \div 30 \text{ V}$;
- брзина заваривања од $6 \div 90 \text{ m/h}$;
- проток аргона: $Q = 20 \text{ l/min}$, струјање ламинарно;
- спољна карактеристика извора: равна (пад 2 V на 100 A), $U \approx \text{const}$.
- струја заваривања: једносмерна обрнутог поларитета ($E+$).

С обзиром да се као заштитни гас користи аргон, заштита металног купатила је потпунија него са угљен-диоксидом, једини проблем је виша цена али се то компензује добијањем повољних механичких карактеристика које обезбеђује МИГ поступак.



Слика 5.22 Шематски приказ МАГ/МИГ заваривања [6]

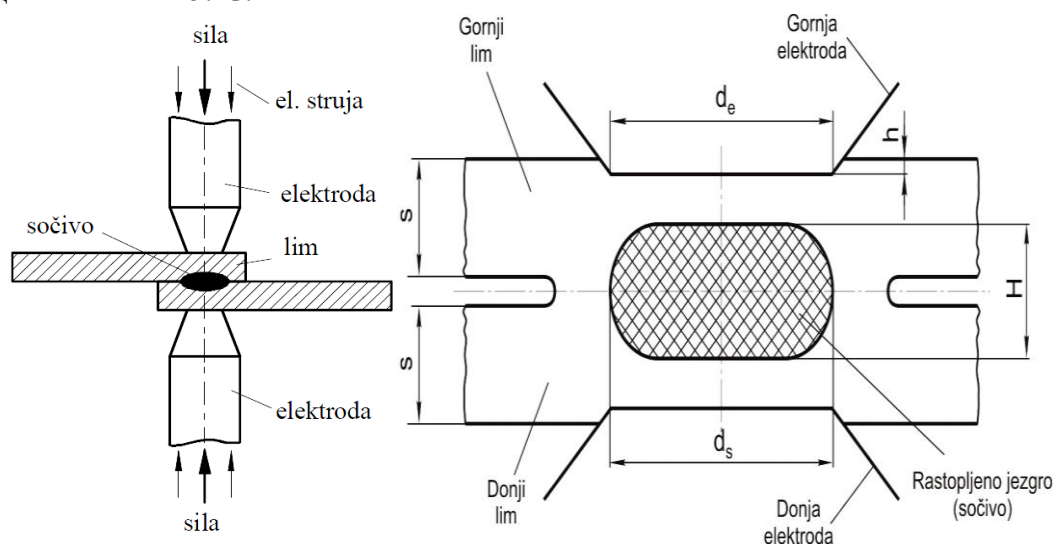
5.2.5 Тачкасто заваривање

Електроотпорско тачкасто заваривање има највећу примену при изради шкољки аутомобила, кабина камиона и других лимених производа. Поступак се сврстава у термо-механичке начине заваривања, јер се чврст спој између преклопљених делова остварује комбинованим дејством топлоте и силе притиска (слика 5.23). Мада се највише израђују спојеви од два лима, могуће су и комбинације са више лимова. У сваком случају се кроз делове пропушта електрична струја велике јачине, напона ($U < 10 \text{ V}$), у току веома кратког времена (0.06-3 s). Када се струја искључи, "формирање сочива" - растопљеног језгра - се завршава под још укљученом силом притиска [6].

Електроде за тачкасто заваривање имају сасвим другу улогу него електроде код других поступака. Основна улога електрода је затварање струјног електричног кола, провођење електричне струје, преношење силе заваривања и одвођење топлоте. Због тога су електроде изложене високим механичким оптерећењима и заморним термичким циклусима. Израђују се од легура: Cu-Cr, Cu-Cr-Zr и у најновије време на бази дисперзно отврднутих материјала-дисперзно ојачани бакар.

Основни параметри тачкастог заваривања (јачина струје I_z , сила притиска F_z , време заваривања t и пречник врха електроде d) бирају се тако да пречник растопљеног језгра (сочива) одговара приближно пречнику врха електроде односно подацима са слике 5.24. Зависност пречника језгра од еквивалентне дебљине завариваних делова приказана је на слици 5.25. Пречник врха електроде де усваја се према еквивалентној дебљини лима (s) и у зависности од врсте завариваних материјала.

Пречник врха електроде за случај тачкастог заваривања два или три лима једнаких или различитих дебљина, одређује се на основу тзв. еквивалентне дебљине лима, према подацима са слике 5.25.



Слика 5.23 Шематски приказ тачкастог заваривања [6]

Čelici sa sadržajem C ≤ 0.2%*		Lake legure	
Ekvivalentna debljina limova, s, mm	Prečnik jezgra, mm	Ekvivalentna debljina limova, s, mm	Prečnik jezgra, mm
$s \leq 1$	$4 \cdot \sqrt{s}$	$s \leq 3$	$4 \cdot \sqrt{s}$
$1 < s \leq 3.5$	$5 \cdot \sqrt{s}$	$s > 3$	$5 \cdot \sqrt{s}$
$3.5 < s \leq 5$	$5.5 \cdot \sqrt{s}$	-	-
$s > 5$	$6 \cdot \sqrt{s}$	-	-

* za čelike sa sadržajem C > 0.2% moraju se primeniti posebna, projektna i tehnološka uputstva.

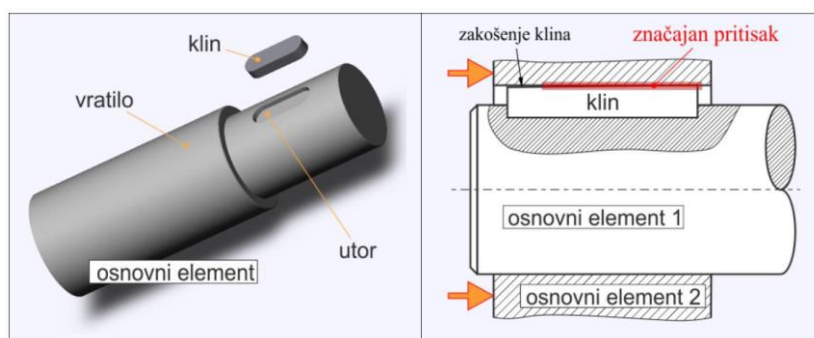
Слика 5.24 Избор пречника језгра за различите метале и дебљине [6]

A = B Ekvivalentna debljina = A	A < B Ekvivalentna debljina = A $\max \frac{A}{B} = \frac{1}{4}$	A = B = C Ekvivalentna debljina = A	C > A > B Ekvivalentna debljina = A $\max \frac{A}{C} = \frac{1}{2.5}$	B > C > A Ekvivalentna debljina = C $\max \frac{A}{C} = \frac{1}{2.5}$
C > B > A Ekvivalentna debljina = B $\max \frac{A}{C} = \frac{1}{2.5}$	A = C > B Ekvivalentna debljina = A	B = C > A Ekvivalentna debljina = B $\max \frac{A}{C} = \frac{1}{2.5}$	A = C < B Ekvivalentna debljina = A	A = B < C Ekvivalentna debljina = A $\max \frac{A}{C} = \frac{1}{2.6}$

Слика 5.25 Одређивање еквивалентне дебљине за заваривање [6]

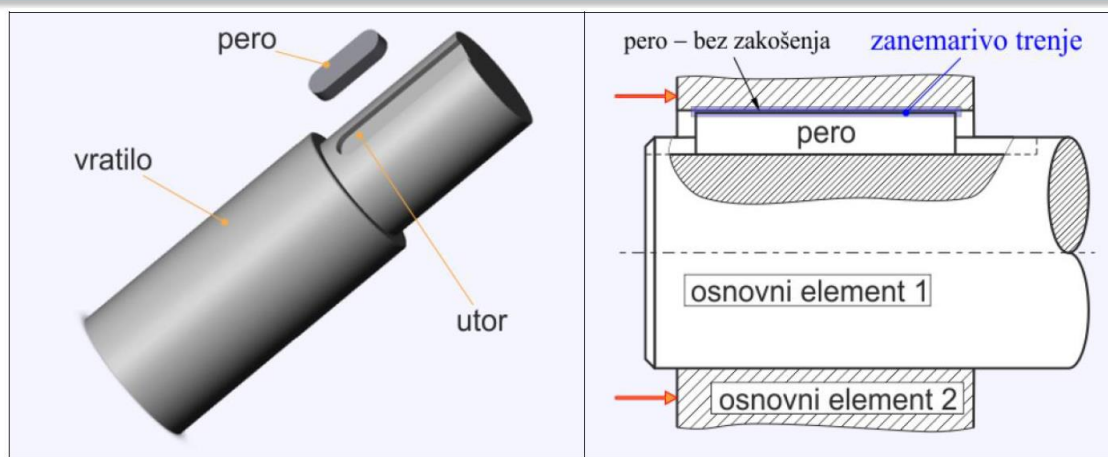
5.3 Спојеви с клиновима и перима

Спојеви с клиновима су растављиви аксијално непомицни спојеви основних елемената с помоћним елементима – клиновима (слика 5.26). При спајању клин се поставља у утор једног елемента (основни елемент 1) након чега се спој формира навлачењем другог елемента (основни елемент 2) уз уклизавање клина у утор другог елемента. Навлачења се завршава уз значајан притисак (узајамно механичко деловање крутих површина). Спојеве с клиновима треба осигурати од аксијалног помицања у смеру супротном од смера навлачења [7].



Слика 5.26 Клин и вратило [7]

Спојеви с перима су растављиви аксијално помицни обликовни спојеви елемената с помоћним елементима – перима (слика 5.27). При спајању (перо се поставља у отвор једног од елемената након чега се спој формира увлачењем елемента уз клизање пера у отворе. Навлачења се одвија без значајне силе. Спојеве с перима треба осигурати од непожељног аксијалног помицања, у једном или оба смера.



Слика 5.27 Перо и вратило [7]

Спојеви с клиновима су [7]:

- растављиви (могу се раставити без разарања спојених елемената),
- непомични (спојени елементи не могу се узајамно радијално померати),
- посредни (за спајање основних елемената користи се помоћни елемент – клин),
- тарно-обликовни (елемент за спајање спречава узајамно савијање спојених елемената: 1. Силом изазваном еластичном деформацијом и 2. обликом споја).
- еластично деформацијски (при спајању се клин и спојани елементи еластично деформишу).

Вратило – елемент машине који носи машинске елементе (нпр. зупчаник, ременица), преноси окретни момент и обрће се.

Главчина – део окретног елемента (нпр. зупчаник, ременица) преко кога се елемент спаја с вратилом.

Супротно од пера, клинови преносе оптерећење доњом и горњом површином док је на боковима присутан мали зазор. Према томе, окретни се момент у бити преноси трењем, а како је то недовољно и обликом.

Спојеви с перима су [7]:

- растављиви (могу се раставити без разарања спојених елемената),
- непомични (спојени елементи се не могу узајамно померати) или помични (спојени елементи се могу узајамно аксијално померати)
- посредни (користи се помоћни елемент за спајање – перо),
- обликовни (перо спречава узајамно окретање спојених елемената обликом споја),
- уклизни (при спајању перо уклизава у отвор без појаве деформација).

Користе за спајање главчина с вратилима у преносима окретних момената када се не смије дозволити појава ексцентричности (нпр. зупчани преносници).

5.4 Лемљење

Лемљење је процес спајања метала у чврстом стању помоћу истопљеног додатног материјала – лема, чија је температура топљења знатно нижа него основног материјала. Чврст спој се остварује, пре свега, узајамном дифузијом између састојака истопљеног лема и чврстих загрејаних страница радних предмета, и у мањој мери адхезијом.

Лемљењем је могуће спајати:

- све врсте угљеничних и легираних челика,
- сиви лив,
- темпер лив,
- не челичне метале и
- њихове легуре као и племените метале.

У односу на заваривање, лемљење је јефтинији начин спајања, лакше га је изводити и може се применити за спајање веома танких лимова и жица. Структура и механичке особине основног метала се при лемљењу готово не мењају, јер је температура загревања релативно ниска. Из тог се разлога термички напони и деформације елемената могу занемарити.

Мана лемљења, у односу на заваривање, јесте мања чврстина споја. Она у великој мери зависи од врсте лема, дифузионих процеса и температуре лемљења. И поред тога се лемљењем спаја велики број делова у аутомобилској и прехранбеној индустрији, термотехници, у електроници и електротехници, радио и телевизијској техници.

Суштина процеса лемљења објашњава се [6]:

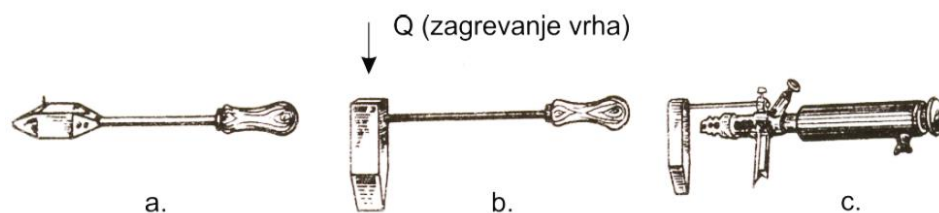
Квашењем метала истопљеним лемом; "квашење" наступа ако се танак слој течног лема не прекида, већ се равномерно разлива по површинама припремљеним за лемљење. Разливање настаје деловањем привлачних сила између течног лема и загрејаног основног материјала:

- Капиларним силама које истопљени лем подижу, па он испуњава сваки зазор и прслину реда величине 0.012 до 0.05 mm;
- Дифузијом растопљеног лема у основни материјал и делимичном ерозијом основног материјала.

Најстарији и најједноставнији начин лемљења је помоћу лемилице уз примену додатног материјала и топитеља.

Лемилице (слика 5.28) се састоје из врха (радног дела), челичне шипке и дрвене дршке. На радном врху лемилице, израђеном од кованог бакра или шиљате бакарне шипке, акумулира се довољна количина топлоте за загревање основног материјала и

топљење лема. Маса радног дела може бити од 0.1-1 kg, што зависи од намене лемилице, тј. величине делова које треба лемити и основног материјала. Радни врх се може загревати на више начина: течним горивом, гасним пламеном и ужареним ђумуром. Топлота за загревање врха лемилице доводи се са супротне стране од клинасте радне површине [6].



Слика 5.28 Лемилце: обичне (а, б) и бензинске (в) [6]

За лемљење ситнијих делова меким лемовима примењују се лемилице са сопственим извором топлоте, познате под називом електричне лемилице.



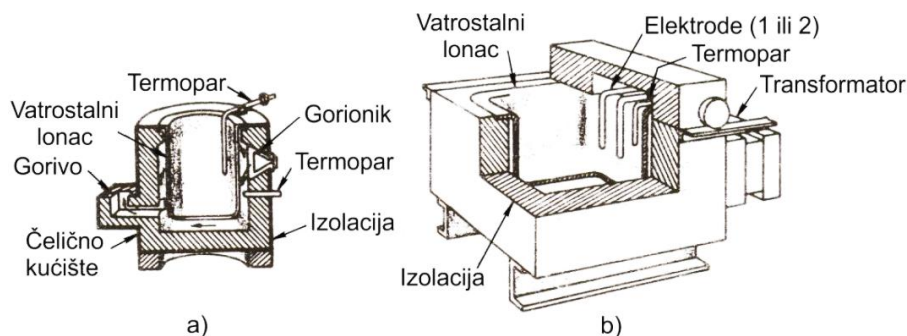
Слика 5.29 Уређаји за лемљење [4]

У масовној производњи ситних склопова користи се лемљење у пећима. Практично се изводи тако што се чврсти лем поставља на место спајања пре лемљења и задржава тај положај у току процеса. За лемљење предмета од угљеничних челика употребљавају се лемови на бази бакра, и ређе, сребрни лем. Пећи имају заштитну атмосферу која челичне предмете штити од оксидације и разугљеничења у току лемљења и хлађења. Одговарајућа заштитна атмосфера омогућава добро "квашење" радних површина па нису потребни топитељи [6].

Технологија лемљења у пећима (слика 5.30) обухвата: чишћење делова, позиционирање и учвршћивање, лемљење и хлађење. Чишћењем се одстрањује уље употребљено при претходној машинској обради; најефикасније се то постиже ацетоном, бензином или трихлоретиленом. Сам процес лемљења започиње у тренутку кад температура у пећи надвиси температуру топљења лема. Истопљени лем почиње да "кваси" површине припремљене за спајање и да се разлива продирући у спој дејством капиларних сила [6].

Истопљени лем продире у загрејани основни материјал па се образује легура типа чврстог раствора и тако формира лемљени спој. Време загревања потребно за

остваривање чврстог споја износи 10-15 минута. После тога се склоп пребацује у комору за хлађење која има исту заштитну атмосферу као и комора за загревање. Делови се хладе у пећи до температуре од приближно 150°C, а потом се ваде и даље хладе на ваздуху.



Слика 5.30 Пећи за лемљење потапањем: а) пламене и б) електричне [6]

Лемљење сивог лива, нодуларног и темпер лива разликује се од лемљења челика из два разлога: а) морају се применити специјални начини чишћења да се одстрани графит са површина које се леме и б) температура лемљења мора да буде што је могуће нижа да би се спречило погоршање особина основног материјала (тврдоће и јачине). Ливено гвожђе се лемим на исти начин као и челик: у пећима, гасним пламеном, индукционим намотајима и у соним купатилима. С обзиром на нижу температуру лемљења ливеног гвожђа него челика, додатни материјали су искључиво сребрни лемови.

5.5 Лепљење

Лепљени спој настаје дејством адхезионих и кохезионих сила као и хемијским реакцијама које доводе до образовања макромолекуларних веза. У лепљеним спојевима изведеним специјалним лепковима могу се добити спојеви непропустљиви за течности и гасове.

Лепљењем се може добити јачина споја која одговара техничким условима, а да при томе нема деформисања споја. Ови спојеви по потреби могу да испуне и друге захтеве нпр. за добру електричну, топлотну и звучну изолацију, а када се то посебно тражи спој може бити и електропроводљив или отпоран на корозију. Будући да се лепљење одвија на хладно, или уз незнатно загревање, то не долази до структурних промена у лепљеном материјалу, па се могу спајати и елементи који су већ термички обрађени или су завршно обликовани поступцима прераде на хладно.

Са технолошке тачке гледишта спајање лепљењем је једноставно и економично, а додатни материјал - лепак готово не повећава масу споја. Недостатак лепљених спојева је њихова мала постојаност на повишеним температурама (изнад 80°C), склоност ка старењу и пузању као и осетљивост на влагу, хемијски агресивне средине и локалну концентрацију напона.

Лепкови се углавном разврставају према температури предгревања радних предмета, која битно утиче на време лепљења.

Сви лепкови могу се сврстати у три групе [6]:

- Лепкови који очвршћавају при вишим температурама,
- Лепкови који очвршћавају при нижим температурама и
- Лепкови који очвршћавају при собној температури (без предгревања).

Сви лепкови, поред основних супстанци још садрже: пластификаторе, пуниоце и раствараче.

Технологија лепљења се састоји из следећих операција [6]:

- припреме површина за лепљење,
- припреме лепка,
- наношења лепка,
- очвршћивања лепка и
- контроле лепљеног споја.

Припрема масе за лепљење обавља се непосредно пре наношења лепка на радне површине, сходно упутствима произвођача.

Лепак се може нанети на радне површине четком, пнеуматским распршивачем, лопатицом, све зависно од облика лепљене површине и конзистенције лепка.

Време очвршћивања лепка пре склапања радних предмета условљено је брзином испаравања растварача, температуром и влажношћу околине, што све утиче на спорије или брже сушење нанетог слоја лепка. Радни предмети се склапају у тренутку кад лепак достигне најбољу лепљивост.

Процесни параметри лепљења (температура, време и притисак), зависе од врсте лепка с тим што је, по правилу, за вишу температуру потребно краће време. Радни предмети се загревају електричним пећима, грејним лампама или електроотпорским уређајима.

За успешно лепљење наноси се слој лепка одређене дебљине; треба имати у виду чињеницу да је јачина споја већа уколико је слој лепка тањи и без ваздушних мехурова, Практично радна дебљина лепка није почетна дебљина, већ она која се добија после дејства притиска у процесу лепљења.

5.6 Ливење

Процес монтаже ливењем обезбеђује сталне, поуздане монтаже тако што убацимо једну малу количину ливеног цинка или легуре олова, унутар и око компонената који су за спајање. Ливени метал се охлади и очврсне, што је праћено минутом скупљања који затвара убачени метал у компоненте. Овај метод се користи код монтирања ситних делова направљених од материјала као што су керамика, стакло, пластика, пресовани папир, еластомери (растегљиви материјали), влакна и метали. Ова техника може да се користи уместо лемљења, заваривања, закивања, спајања са пресовањем и савијањем [8].

Технологија ливења је део машинске технологије која проучава начине секундарне прераде металних полупроизвода тј. методе даље прераде железарских или топионичких производа. Поред ливења, у машинске технологије спадају: ковање, пресовање, обрада резањем, заваривање и сродни поступци и синтеровање. Примарна (металуршка) прерада метала: ливење ингота, ковање, топло и хладно ваљање, површинска заштита, обавља се у железари, односно у топионици. Од свих метода секундарне прераде метала (ван железаре и топионице) најстарије је ливење. [6].

Поступак ливења је следећи:

- Модел – Дрвени дводелни модел омогућује да се у ливачком калупу добије шупљина која је сагласна ливеном предмету (одливку). Димензије модела одређују се према мерама сировог одливка с тим што су увећане за величину ливачког скупљања коришћеног лива (1% за Сиви лив). Модел садржи и језгрене марке, које у пешчаном калупу остављају простор за ослањање језгра. Модел је прототип, копија одливка.
- Језгро – Пешчано језгро ојачано жицом се користи за добијање отвора у одливцима и понекада за добијање спољашњих контура одливка. Најчешће се израђује од мешавине песка и воденог стакла, ојачава жицом и пресушује угљен диоксидом.
- Калупнице – Горња и доња калупница служе за постављање горње и доње половине дрвеног модела и прављење горње и доње половине калупне шупљине.
- Спајање калупница и формирање калупне шупљине
- Постављање језгра у калупну шупљину – Калуп се израђује ручно или машински у калупници (кутији, шасији) од сивог лива, челика, алуминијумских легура, а понекад и од дрвета. Калупи су обично дводелни, а у обе половине калупа уграђује се уливни систем који доводи течан метал у шупљину калупа.
- Уливање течног метала – лива – Код овог начина ливења, течан метал потискује ваздух и гасове у горњи део калупне шупљине па се у горњем калупу мора изградити одушак. Насипање лива може се извести директним уливањем одозго кроз левак смештен у горњем калупу. Лив доспева у калупну шупљину слободним падом.
- Вађење и истресање одливка – После очвршћивања и хлађења одливка у калупу до одређене температуре (зависи од врсте лива) приступа се вађењу одливка из калупа, при чему се пешчани калуп мора разбити. Затим се избија језгро, одливак се чисти, одсеца уливни систем и “изгубљене главе” и по потреби одливак се термички обрађује или излаже природном старењу.
- Чишћење одливка – Одливак се после ливења чисти и истреса од песка. Уколико постоји потреба, одливак се шаље на машинску обраду скидања површинских слојева материјала.
- Контрола одливка – После ливења, чишћења и дораде одливка, изводи се контрола у циљу проналажења и идентификовања грешака. Грешке могу бити поправљиве и непоправљиве а најчешће се контролишу методама без разарања (визуелно, ултразвук, радиографија и др.).

СРМ–5 (слика 5.31) је полу-аутоматски систем одговарајући за једноставне и комплексне завршетке каблова. Позиција кабла се контролише током процеса тако обезбеђујући доследну скинућу чврстоћу. Податке машине показује монитор на додиривање [8].



Слика 5.31 СРМ-5 систем за монтажу ливењем [8]

5.7 Спајање пластичних маса механичким елементима везе

Пластичне масе представљају велику групу конструкционих материјала, коју чине вештачке синтетичке материје које имају аморфну макромолекуларну структуру. Примењују се у готово свим областима људске делатности, захваљујући својим могућностима прилагођавања. Као основну компоненту садрже полимерно једињење.

Понекад се морају саставити две или више компоненте да би се направио сложен део. Рано у фази развоја, дизајнери би требало да размотре како ће ефикасно спојити делове у функционалну целину. Технологије спајања могу да понуде исплативо, естетски допадљиво, структурно поуздано решење за дизајнирање и производњу сложених делова.

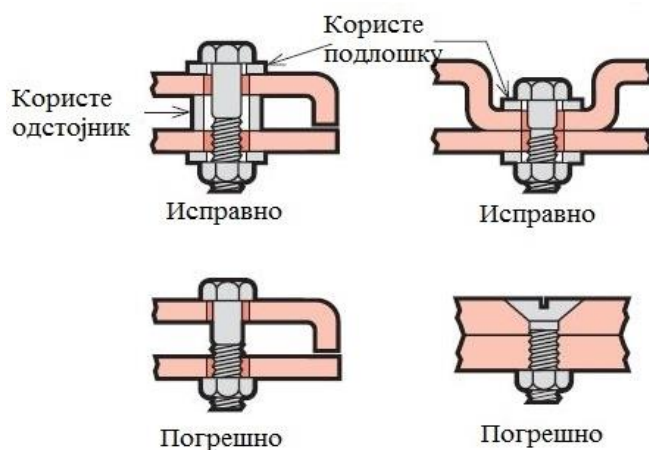
Механички затварачи (завртњи, завртњи са навртком и заковице), нуде један од најповољнијих, најпоузданијих метода спајања делова који морају бити одвојени одређени број пута.

Када користите заједничке методе коришћења за обезбеђивање делова, посебно обратите пажњу на главу завртња. Конус главе, зван равна глава, производи непожељна натезања у спојним деловима и требало би избегавати.

Увек треба проверити да ли има довољно размака између руба отвора затварача и руба дела. По правилу, треба да буде удаљена најмање за пречник од отвора или удебљано за два слоја дела.

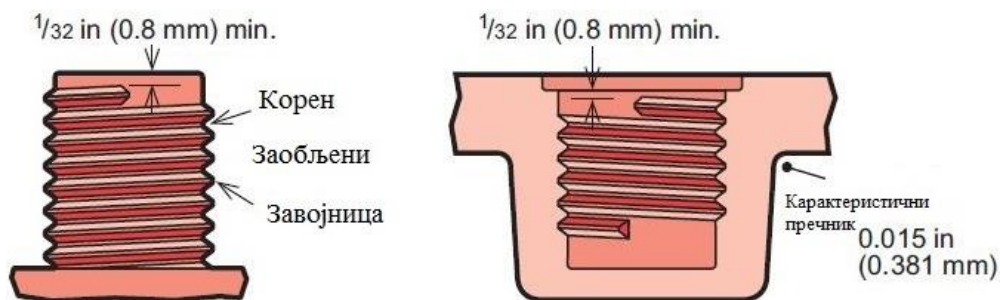


Слика 5.32 Уобичајени типови главе завртњева [9]



Слика 5.33 Механичко причвршћивање завртњима, навртакама и подлошкама [9]

Уколико програм захтева ретку монтажу и демонтажу, може се користити навој завртња за спајање термопластике са термопластичним деловима.



Слика 5.34 Спољашњи навој [9]

Битно је нагласити да је пожељно избегавати навоје када је у питању спајање термопластике са металом. Између ових материјала постоји велика разлика када је у питању крутост и термичко ширење, а може доћи и до великог оптерећења термопластичног дела. Почетно ангажовање и стезање ће довести до неке врсте оптерећења и требало би проверити како би се спречиле затезне појаве пукотина или ломљења. Премало оптерећење пластичних навоја такође може довести до губитка контакта, и евентуално до неуспеха са спајањем делова.

Елементи везе са навојем су погодни за примену код делова са довољно дебелим зидовима, на пример самоурезујући завртњеве код мекших материјала.

5.8 Примери монтаже

У овом поглављу биће описана процедура монтаже циркулационе пумпе Grundfos. У оквиру система за монтажу УПМ2 врши се склапање центрифугалних циркулационих пумпи. Наведени производи имају широку примену у грејним и расхладним системима. Већи део производње пласира се потрошачима који користе циркулационе пумпе као подсклоп већих производа (соларни и санитарни бојлери, пећи за етажно грејање, итд.), док се мањи део пумпи пласира на тржиште као готов производ за финалну уградњу у домаћинствима и другим објектима.

Основни типови пумпи које се склапају на посматраном систему за монтажу носе ознаку: УПС, УПР и УПМ2. На слици 5.35 приказане су циркулационе пумпе типа УПС и УПМ2 које се најчешће склапају.

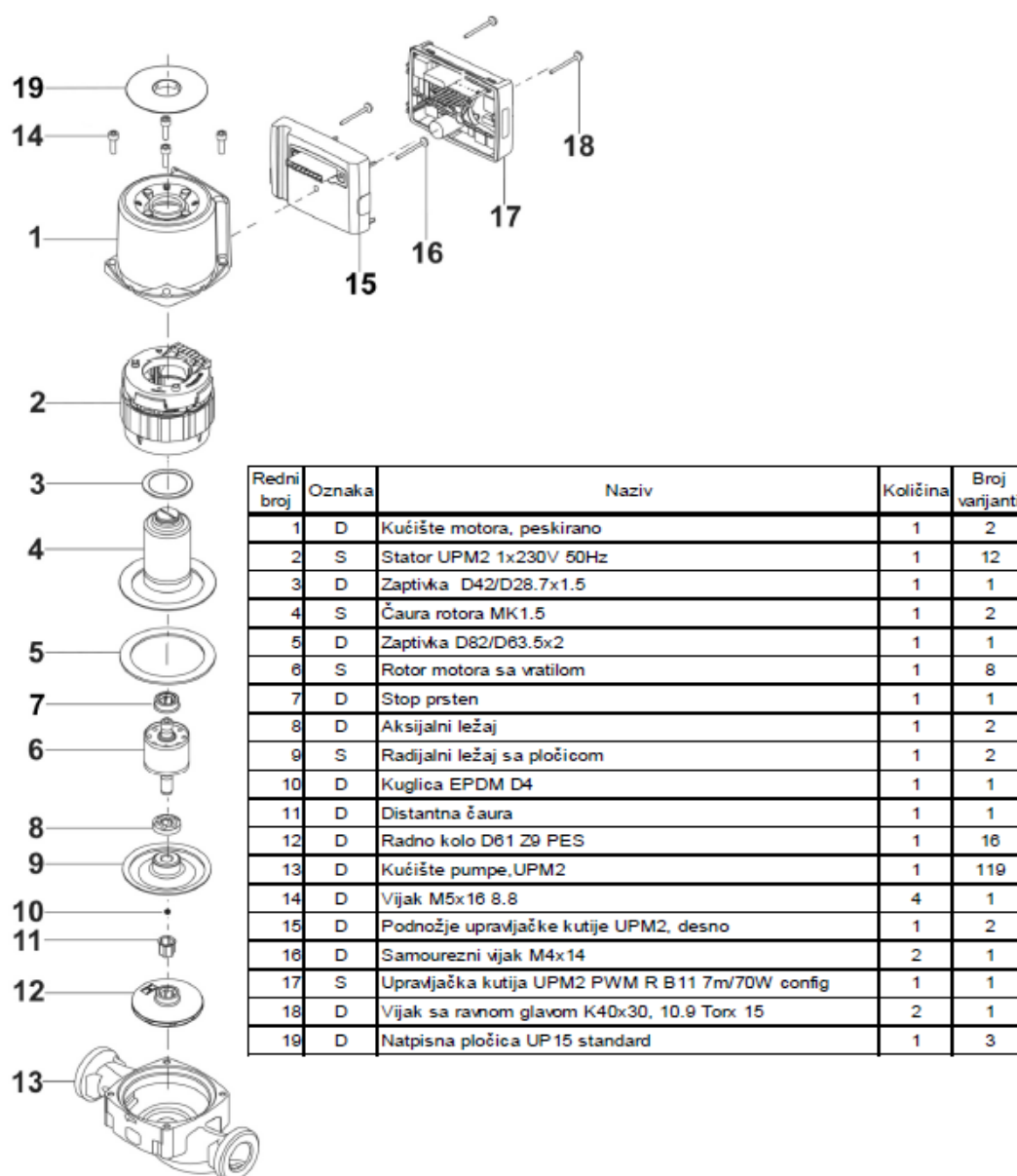


Слика 5.35 Циркулациона пумпа тип УПС (лево) и УПМ2 (десно) [11]

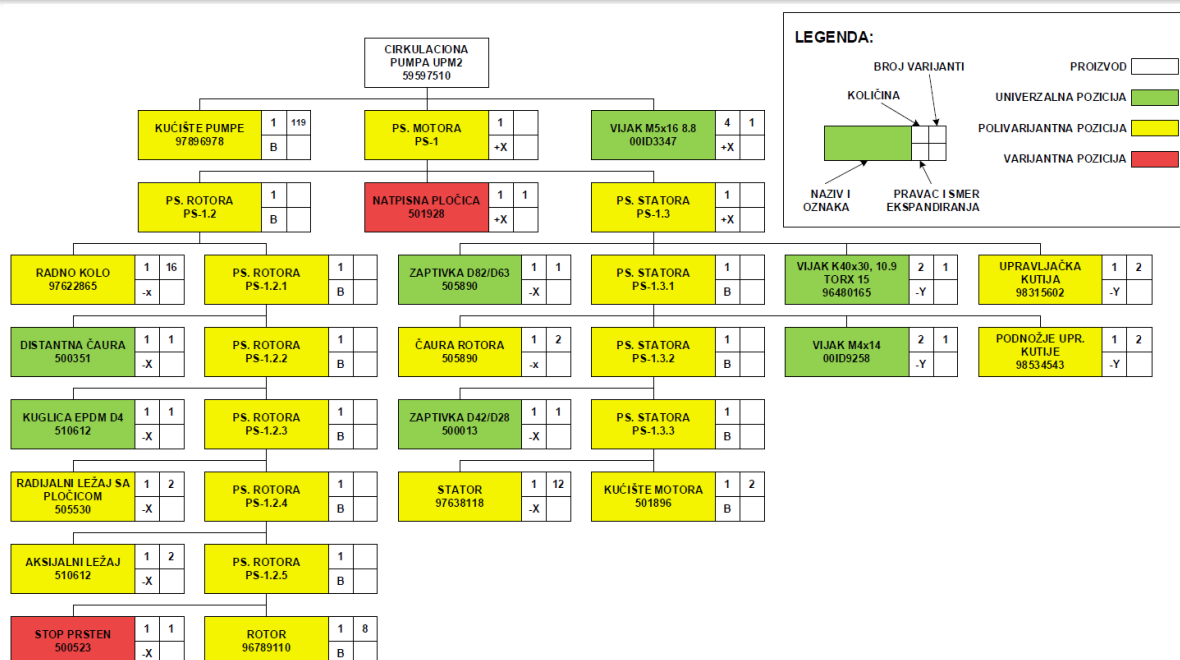
Циркулациона пумпа типа УПМ2 захтева највећи број активности у процесу производње што условљава кретање производа кроз сва радна места у оквиру посматраног система за монтажу. Поред наведеног, циркулациона пумпа типа УПМ2 има и значајно процентуално учешће у укупној производњи. Због свега тога, анализа посматраног система за монтажу базираће се на поменутом производу како би се обухватиле све активности које је потребно извршити током процеса монтаже.

Центрифугална циркулациона пумпа УПМ2 сачињена је од 19 различитих елемената. Наведени елементи представљају делове и готове подсклопове произведене у оквиру других система за монтажу. На слици 5.36 дат је списак свих елемената који се монтирају на систему за монтажу УПМ2.

На основу списка идентификовани су сви саставни елементи центрифугалне циркулационе пумпе типа УПМ2 чиме је створена подлога за разраду структурне саставнице производа. На слици 5.36 дат је експлодирани приказ пумпе УПМ2 где је јасно означен сваки од елемената који се монтира у оквиру посматраног система за монтажу. Уз поштовање усвојеног координатног система и праћење демонтаже производа, креирана је структурна саставница за пумпу УПМ2 (слика 5.37).



Слика 5.36 Приказ саставних делова пумпе [11]



Слика 5.37 Структурна саставница пумпе [11]

На основу претходно креиране структурне саставнице и дефинисања свих елемената који се монтирају на посматраном систему за монтажу, створена је подлога за формирање листе захвата и мрежног дијаграма. Слика 5.38 приказује листу захвата потребних за монтажу циркулационе пумпе типа УПМ2, као и време трајања сваког захвата. Спојеви, који се остварују током извођења захвата су: спојеви еластичном деформацијом, навојни спојеви и спојеви пластичном деформацијом.

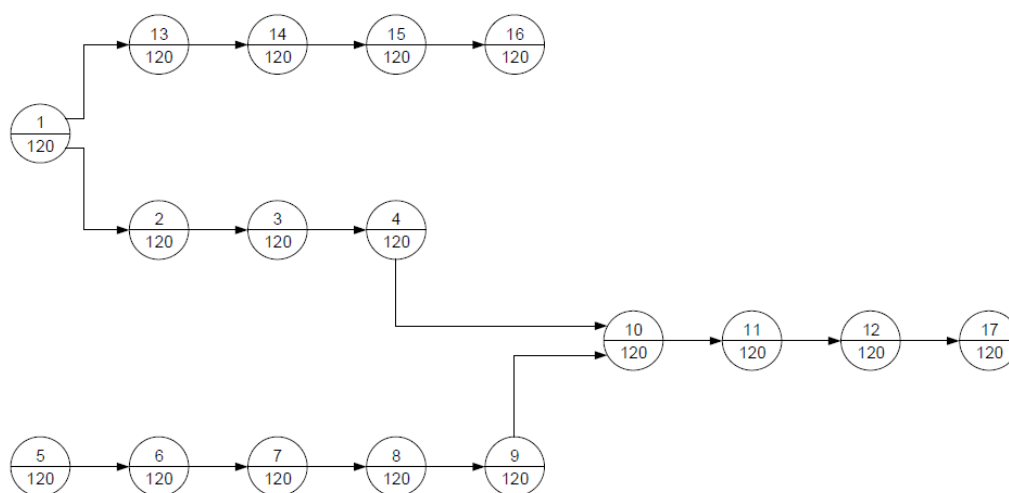
Redni broj	Zahvat	s/kom
1	Utiskivanje statora u kućište motora	6,5
2	Postavljanje male zaptivke	2,5
3	Utiskivanje čaure rotora u stator	2,5
4	Postavljanje velike zaptivke	2,5
5	Postavljanje aksijalnog ležaja na vratilo rotora	3,0
6	Postavljanje radijalnog ležaja sa pločicom na vratilo rotora	3,5
7	Postavljanje gumene kuglice u vratilo	3,0
8	Presovanje distantne čaure na vratilo rotora	3,5
9	Presovanje radnog kola na distantnu čauru	4,0
10	Postavljanje sklopa rotora u čauru rotora	4,5
11	Predmontaža kućišta pumpe	3,0
12	Uvrtanje 4 vijka i pritezanje kućišta pumpe	5,5
13	Predmontaža podnožja upravljačke kutije	2,5
14	Uvrtanje 2 vijka i pritezanje podnožja upravljačke kutije	5,5
15	Predmontaža upravljačke kutije	4,0
16	Uvrtanje 2 vijka i pritezanje upravljačke kutije	5,5
17	Utiskivanje natpisne pločice	2,0

Слика 5.38 Листа захвата за монтажу пумпе [11]

Претходно креирана структурна саставница (слика 5.4.2) и листа захвата монтаже (слика 5.38) дају потребне податке за креирање мрежног дијаграма (слика 5.39). Анализом мрежног дијаграма приказаног на слици 5.39 уочавају се следеће структуре:

- Разграната структура (захвати 13 и 2)
- Независна паралелна структура (захвати 4 и 9)
- Једноставна структура (захвати: 13-16, 2-4, 10-17, 5-9)

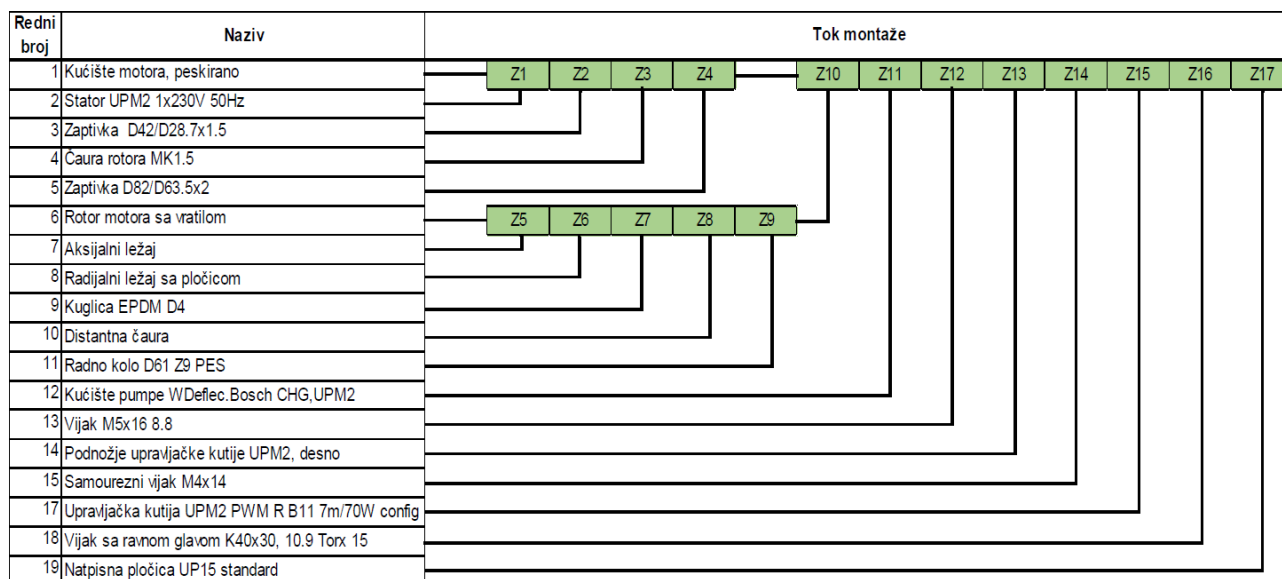
Након извршења захвата 1, јавља се разграната структура где се опционо може извршити захват 13, односно захват 2. Оваква разграната структура даје могућност одлучивања да ли се монтажа циркулационе пумпе, након пресовања статора у кућиште мотора, наставља монтажом подножја управљачке кутије или постављањем мале заптивке у кућиште мотора. Независна паралелна структура захвата 4 и 9 даје могућност њиховог истовременог извођења. С обзиром да захвати 5 до 9 чине једноставну структуру са одређеним везама јасно је да се монтажа подскопа ротора са радним колом може вршити паралелно са захватима 1 до 4. Групе захвата 2-4, 5-9, 10-17 и 13-16 чине једноставну структуру са одређеним везама где су за извршење сваког захвата потребни делови коришћени у претходном захвату.



Слика 5.39 Мрежни дијаграм [11]

Имајући у виду да се већина захвата може извршити на аутоматизованим и роботизованим системима, монтирани склопови треба да буду погодни за руковање и транспорт. Сходно наведеним критеријумима, извођење групе захвата 13-16 је погодније извршити након групе захвата 2-4 и 10-17, јер се каснијом уградњом управљачке кутије избегава њено оштећење током транспорта и манипулације.

На слици 5.40 приказана је карта тока монтаже циркулационе пумпе УПМ2 креирана на основу мрежног дијаграма са слике 5.39 и листе захвата са слике 5.38. Анализом карте тока уочава се да је могуће извршити 13 захвата у којима је кућиште мотора базни део. За преосталих пет захвата, базни део представља ротор мотора. Оваква структура карте тока монтаже указује да је циркулациона пумпа УПМ2 погодна за аутоматизовану монтажу с обзиром да се током процеса монтаже појављују два базна дела са минималним бројем допунских руковања у оквиру целокупног тока монтаже.

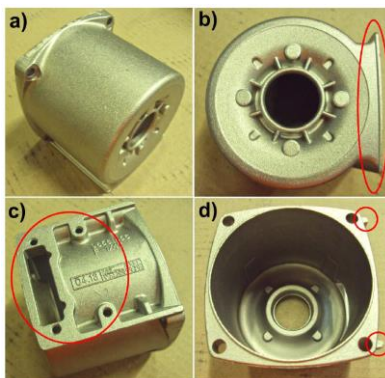


Слика 5.40 Карта тока монтаже [11]

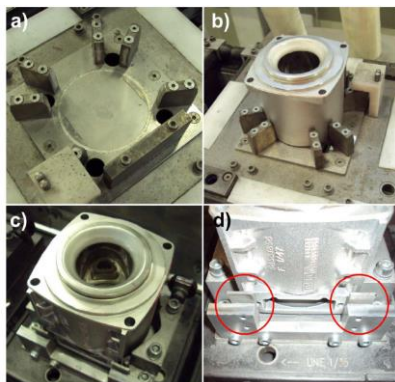
Највећи део захвата монтаже, у оквиру посматраног система, је аутоматизован.

На слици 5.41 приказано је кућиште мотора, које је један од саставних делова циркулационе пумпе УПМ2. У оквиру структурне саставнице (слика 5.37), кућиште мотора је проглашено базним делом на који се монтирају остали делови и подсклопови. Погрешна монтажа може бити узрокована лошим позиционирањем базног дела на носачу производа, па је због тога важно постојање карактеристичних површина и облика који обезбеђују једнозначно позиционирање. На слици 5.41 обележени су карактеристични облици појединих сегмената кућишта мотора који дају могућност његове једнозначне оријентације и позиције током процеса монтаже.

Позиција отвора за прикључак статора као и рупе у које се уврћу самоурезни вијци за притезање управљачке кутије (слика 5.41-ц) једнозначно дефинишу позицију и оријентацију прикључка управљачке кутије при његовој монтажи. Заравњена површина на коју се поставља управљачка кутија (слика 5.41-б) даје могућност једнозначног позиционирања кућишта мотора на носач производа током процеса монтаже (слика 5.42-д). Као што је приказано на слици 5.42, карактеристичан облик кућишта мотора и одговарајући граничници на носачу кућишта у потпуности елиминишу могућност неправилног позиционирања.



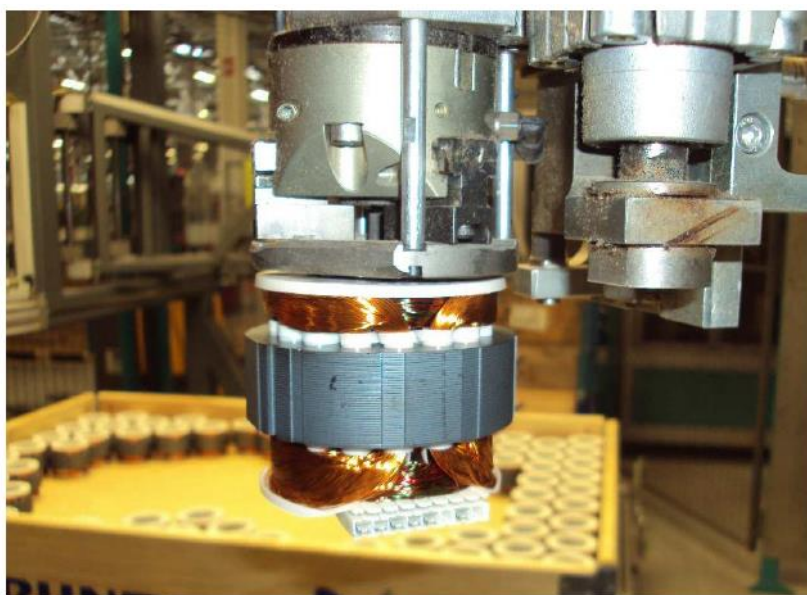
Слика 5.41 Кућиште мотора [11]



Слика 5.42 Кућиште мотора и носач кућишта [11]

5.8.1 Монтажа статора у кућиште мотора

Код посматраног система за монтажу, захват спајања статора и кућишта мотора је у потпуности аутоматизован. Постављање и позиционирање статора у кућиште мотора врши се помоћу роботизованих манипулатора који поседују одговарајуће хватаче прилагођене карактеристичном облику статора мотора. На слици 5.43 приказан је хватач за изузимање статора мотора са палете на којој се допремају статори. Приказани елемент представља паралелни тропрсти пнеуматски хватач који врши прихват са унутрашње стране статора ширењем три прста. Наведени хватач је погодан за ову намену с обзиром да без икакве измене алата (прстију хватача) може да прихвати све постојеће варијанте статора мотора.



Слика 5.43 Хватач за изузимање статора мотора са палете [11]

При монтажи статора у кућиште мотора важно је обезбедити његову правилну позицију. Због тога је потребно користити адекватан алат прилагођен карактеристичном облику тела и димензијама статора како би се одржала његова правилна позиција при монтажи у кућиште мотора.

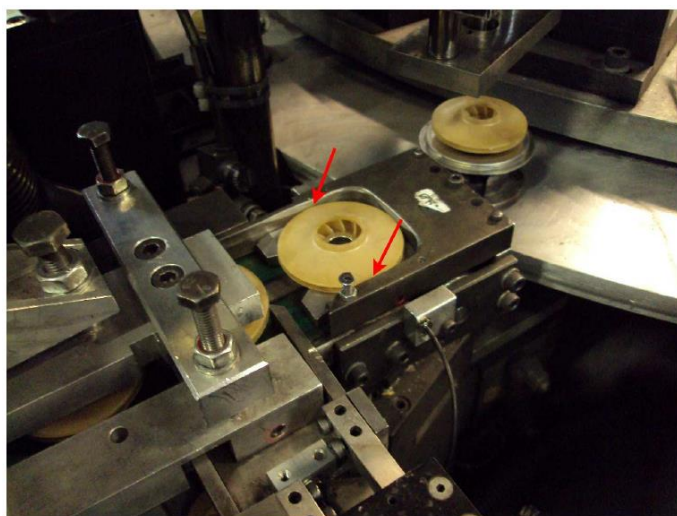
На слици 5.44 приказан је прибор за позиционирање статора при монтажи у кућиште мотора.



Слика 5.44 Прибор за позиционирање статора [11]

5.8.2 Монтажа радног кола на склоп статора

Као што је приказано у структурној саставници циркулационе пумпе УПМ2, постоји укупно 16 варијанти радног кола. Код наведених варијанти радног кола постоје одређене варијације у њиховом пречнику што значи да је у случају аутоматизоване монтаже потребно обезбедити адекватан прибор за прихват и позиционирање свих варијанти радног кола. На слици 5.45 приказан је постојећи прибор за прихват и позиционирање радног кола циркулационе пумпе.



Слика 5.45 Прибор за прихват и позиционирање радног кола циркулационе пумпе [11]

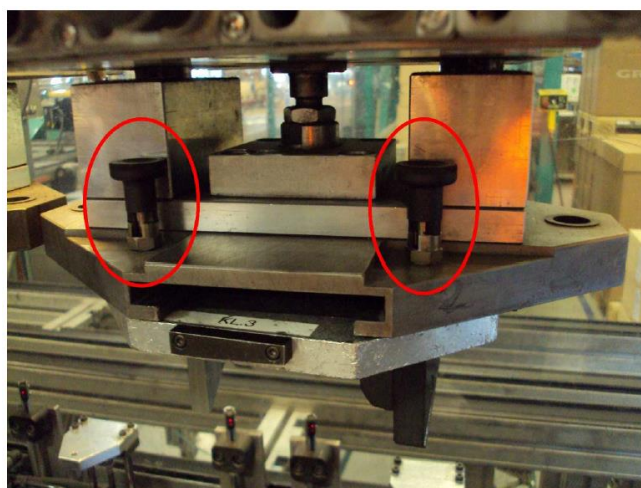
5.8.3 Монтажа кућишта

Кућиште циркулационе пумпе постоји у 119 варијанти. Предмонтажа кућишта пумпе на подсклоп мотора се врши ручно, док је захват увртања вијака и притезања кућишта аутоматизован. С обзиром да се геометрија кућишта разликује у зависности од варијанте циркулационе пумпе, потребни су различити прибори за фиксирање кућишта током притезања вијака (слика 5.46).



Слика 5.46 Различите врсте прибора за фиксирање кућишта пумпе [11]

Имајући у виду велику варијантност кућишта пумпе јавља се потреба за честом изменом прибора за фиксирање. Зато је важно обезбедити лаку и брзу замену у што краћем временском интервалу. На слици 5.47 приказан је систем клинова са опругом који обезбеђују брзу замену прибора за притезање кућишта пумпе. Приказани систем клинова не захтева употребу алата приликом замене.



Слика 5.47 Елементи за брзу измену прибора за фиксирање кућишта пумпе [11]

6. ЗАКЉУЧАК

Системи за монтажу представљају један од најзначајнијих елемената у многим индустријским гранама. Данас, модеран систем за монтажу мора истовремено да одговори на најмање три важна захтева: продуктивност, квалитет и цена.

У оквиру процеса монтаже сједињују се резултати свих претходних производних активности и кроз одговарајући квалитативни скок претварају у финални производ.

Процес монтаже производа је пресечна и кумулативна тачка укупног производног система. На овом нивоу се скупљају и постају видљиви сви недостаци и пропусти претходних фаза производног процеса. Процес монтаже, више од осталих производних процеса, изложен је поремећајима односно, дејству одступања реалних од номиналних услова. Процес монтаже је немогуће реализовати без техника спајања, најзначајнија и највише примењивана техника спајања у монтажи је заваривање.

Разрада поступка рада у монтажи је сложен и одговоран задатак и саставни је део технолошке припреме производње. Основни захтеви у пројектовању поступка рада у монтажи су: обезбеђење високог квалитета производа и постизање максималне ефективности процеса монтаже.

- Основе пројектовања технолошког поступка монтаже чине:
- избор оптималне варијанте процеса, поступка и редоследа захвата у операцији,
- избор и конструкција потребних алата, уређаја и опреме,
- одређивање техничких услова за монтажу елемената и производа по операцијама,
- избор метода и средстава техничке контроле квалитета монтаже,
- израчунавање времена за извршење операција монтаже,
- одређивање рационалних облика транспорта и складиштења елемената, полуфабриката и производа,
- избор и пројектовање транспортних и складишних средстава,
- разрада технолошкотехничке документације.

Модерна индустрија подразумева примену аутоматизованих система за монтажу великог капацитета што омогућује производњу великих количина производа у кратком временском року.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Недић Б.: Технологије спајања и монтаже, скрипта, Факултет инжењерских наука Крагујевац, 2014.
- [2] Зеленовић Д., Ћосић И.: Монтажни системи, Наука Београд, 1991.
- [3] Јовановић В.: Прилог аутоматизацији поступака пројектовања технолошких монтажних система, магистарска теза, Факултет техничких наука Нови Сад, 2006.
- [4] Ћосић И., Анишић З.: Технологије монтаже – поступци и уређаји за спајање, Факултет техничких наука Нови Сад, 2011.
- [5] Николић В.: Машински елементи, Машински факултет Крагујевац, 2004.
- [6] Јовановић М. Лазић В.: Технологија ливења и заваривања, Факултет инжењерских наука Крагујевац, 2015.
- [7] <https://www.ffri.hr/~mdundjer/Elementi%20strojeva%20I/06-RastavljiviSpojevi.pdf>, Приступљено: 18.07.2020.
- [8] Анишић З.: Производне технологије II – технологија монтаже, скрипта, Виша техничка школа Суботица, 2003.
- [9] Engineering Plastics Joining Techniques, LANXESS, Design Guide, 2006.
- [10] <http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/sr/studenti/nastavni-materijal/treci-godina-oas/projektovanje-tehnoloskih-procesa> Приступљено: 25.07.2020.
- [11] <http://nardus.mpn.gov.rs/bitstream/handle/123456789/9339/Disertacija.pdf?sequence=6&isAllowed=y> Приступљено: 31.07.2020.