

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Пројектили и упаљачи

Предмет: Технологија прераде пластичних маса

Број индекса: 515/2012

Вукашин М. Лабовић

Примена полимера и полимерних композита у аутомобилској индустрији

дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Ред. проф. др Богдан Недић-Ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Крагујевац, 2018.

У оквиру овог завршног рада треба извршити прикупљање и систематизацију података о примени полимера и полимерних композита који се користе у аутомобилској индустрији. Описати карактеристике и области примене полимера и полимерних композита. На крају рада извршити моделирање примера примене пластичних маса.

Крагујевац, јул 2018.

Ментор:
др Богдан Недић, дипл. инж.

Садржај

РЕЗИМЕ:	5
1. УВОД	6
2. ОСОБИНЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА	8
2.1 ОПШТЕ О ПОЛИМЕРИМА	8
2.2 САСТАВ ПЛАСТИЧНИХ МАСА	11
2.3 ПОДЕЛА ПЛАСТИЧНИХ МАСА.....	12
3. ПРЕРАДА ПОЛИМЕРНИХ МАТЕРИЈАЛА	16
3.1 ЛИВЕЊЕ.....	17
3.2 ПРЕСОВАЊЕ	18
3.3 БРИЗГАЊЕ.....	18
3.4 СИНТЕРОВАЊЕ	20
3.5 ЕКСТРУЗИЈА (ИСТИСКИВАЊЕ).....	20
3.6 КАЛАНДРОВАЊЕ.....	21
3.7 ДУВАЊЕ ИЛИ ЕКСТРУЗИОНО ДУВАЊЕ.....	22
3.8 ТЕРМИЧКО ОБЛИКОВАЊЕ.....	23
3.9 ТЕХНОЛОГИЈА НАНОШЕЊА ЗАШТИТНИХ ПРЕВЛАКА.....	24
4. ПОЛИМЕРНИ КОМПОЗИТИ	25
4.1 ДУРОМЕРИ.....	25
4.2 ЕПОКСИДНЕ СМОЛЕ.....	26
4.3 ПОЛИЕСТЕРСКЕ СМОЛЕ.....	26
4.4 ВИНИЛ ЕСТЕРИ	27
4.5 ФЕНОЛНЕ СМОЛЕ.....	27
4.6 БИЗМАЛЕИМИДИ (БМИ).....	27
4.7 ПОЛИАМИДНЕ СМОЛЕ.....	27
4.8 ЦИАНАТНЕ СМОЛЕ.....	28
4.9 ПЛАСТОМЕРИ	28
4.10 ПОЛИКЕТОНИ	28
4.11 ПОЛИФЕНИЛЕН СУЛФИД (ПСС).....	28
5. ДОБИЈАЊЕ КОМПОЗИТА СА ПОЛИМЕРНОМ ОСНОВОМ	29
5.1 НАМОТАВАЊЕ	29
5.2 ЛИВЕЊЕ.....	30
5.3 ЛИВЕЊЕ ПОД ПРИТИСКОМ („RTM - RESIN TRANSFER MOLDING“)	31
5.4 ПУЛТРУДИРАЊЕ	32
5.5 НАПРСКАВАЊЕ.....	33
5.6 РУЧНО ПОЛАГАЊЕ	34
5.7 ВАКУУМСКО СПАЈАЊЕ.....	35
5.8 ПРЕПРЕГ	36
5.9 ОЧВРШЋАВАЊЕ	37
5.10 ИНФУЗИЈА СЛОЈА СМОЛЕ	38

6. ПРИМЕНА ПОЛИМЕРНИХ МАТЕРИЈАЛА У АУТОМОБИЛСКОЈ ИНДУСТРИЈИ	39
6.1 Усисни колектори (гране) мотора	41
6.2 Спољашњи елементи каросерије	41
6.3 Браници као спољашњи елементи каросерије.....	42
6.4 Елементи ентеријера	44
6.5 Електрична опрема.....	46
6.6 Систем за гориво	47
7. ИСТОРИЈА ПРИМЕНЕ ПОЛИМЕРНИХ МАТЕРИЈАЛА У АУТОМОБИЛСКОЈ ИНДУСТРИЈИ	48
8. ПРИМЕР МОДЕЛИРАНОГ ДЕЛА.....	54
8.1 Полиамиди	55
8.2 Воџица клизача вентозе	58
8.3 Моделирање.....	59
9. ЗАКЉУЧАК	67
ЛИТЕРАТУРА	68

Резиме

Због све веће тежње да се метални делови замене материјалом мање тежине, отпорнијим на корозију, лаким за израду, јефтинијим и притом да се обезбеде исте карактеристике односно исте функције, почела је израда делова од полимера и полимерних композита. Развој хемијске индустрије последњих година 20-тог века, посебно у области полимерних материјала довео је до развоја читавог низа нових производа и масовне производње најразличитијих материјала специфичних механичких и других карактеристика. У раду је приказана примена полимера и полимерних композита у аутомобилској индустрији. Представљене су основне карактеристике полимера и полимерних композита, својства и подела. Приказани су основни делови који се израђују од полимерних композита у аутомобилској индустрији, њихова намена коју обављају у самом аутомобилу. Приказани су делови од полимера који се користе и у процесу производње у аутомобилској индустрији, најчешће од полиамида за разне зупчанике и вођице. Приказан је пример моделирања дела од полиамида и његове карактеристике.

Кључне речи: полимер, композит, аутомобилска индустрија, полиамид.

Abstract

Due to the increasing tendency for metal parts to be replaced with lightweight materials, resistance to corrosion, easy to produce and cheaper and thereby to provide the same characteristics and the same functions, has started production of parts made from polymer and polymer composites. The development of chemical industry in recent years of the 20th century, especially in the field of polymeric materials has led to development of a whole range of new products and mass production of various materials with specific mechanical and other characteristics. This paper presents the application of polymers and polymer composites in automotive industry. Basic impression are the parts made by polymer and polymer composites, properties and divisions are presented. This paper presents the basic parts are made of polymer composites in the automotive industry, their purpose and construction in the car, also presents parts of polymers used in production process in the automotive industry, most often of polyamides for various gears and guides are attached. It will be an example of modeling part of polyamide and his characteristics.

Keywords: polymer, composite, automotive industry, polyamide.

1. Увод

Примена полимерних материјала у аутомобилској индустрији се константно повећава и очекује се да ће се овај тренд наставити. Кључни фактори у одабиру полимерних материјала у односу на друге материјале који се примењују у аутомобилима су њихова функционалност и економичност производње, као и смањење потрошње горива. Иако је смањење масе делова главни разлог избора полимерних материјала, будући раст њиховог коришћења резултираће новим применама у аутомобилима који се односе на удобност, безбедност и обновљивост самих материјала. Примена полимерних материјала омогућава више слободе у дизајну, а у многим случајевима само ови материјали могу омогућити безбедно геомтеријско или економско решење за конструкцију делова.

Делови аутомобила који су направљени од полимерних материјала подељени су у четири категорије и приказани су на слици 1.1:

- унутрашњи делови аутомобила (ентеријер);
- спољашњи делови аутомобила (екстеријер);
- делови у моторном простору;
- каросерија и делови мотора.



Слика 1.1. – Делови аутомобила направљени од полимера [2]

Захваљујући могућности испуњења најразличитијих захтева, полимерни материјали налазе примену у прктично свим областима људске делатности. Развој хемијске индустрије последњих година 20-тог века, посебно у области полимерних материјала довео је до развоја читавог низа нових производа масовне производње најразличитијих материјала специфичних механичких и других карактеристика. Са појавом композитних материјала долази до нове технолошке револуције. Посебан значај добијају нови материјали на бази полимера применом у аутомобилској, авио, космичкој као и у војној индустрији [1]. Хемијска влакна се први пут срећу у старој Кини, где се свила добијала на вештачки начин, цеђењем секрета из свилених буба, који се састојао од смеше два протеина: фиброина и серицина.

Развој машинске технологије полимерних влакана је започео тек почетком 20 века. Термин *полимер* први је увео *Барцелијус*. 1909. године др Хендрик Бекеланд је успео после многобројних покушаја да добије контролисану реакцију између фенола и формалдехида. Материјал који је након тога добијен назван је *бакелит* по свом проналазачу. То је била прва синтетичка смола и предсављало је почетак индустрије синтетских пластичних материјала.

Врло брзо после бакелита уследило је добијање других полимерних материјала. Проналаском *полиетилена* у Енглеској начињен је пробој у индустрији паковања. Након многобројних истраживања откривене су нове технологије за добијање потпуно нових материјала, као и проширење примене постојећих.

Производња пластичних маса у свету се сваке године вишеструко увећава. Данас производња знатно пролази 100 милиона тона, док је 1950. године износила испод милион тона. Овакав раст производње није забележен ни код једног другог материјала, тако да је производња пластичних маса превазишла производњу свих метала заједно.

Проналаском веома јаких, стабилних и трајних композитних материјала, топлотно издржљивих арамидних влакана, високоеластичних еластомера и биокомпатабилних материјала, крајем 20-тог века учињен је значајан напредак у индустрији полимера. Због широке примене ових материјала, њихов обим производње значајно премашује производњу свих метала заједно. Основна њихова предност се налази у ниској цени и малој специфичној тежини [1].

У оквиру другог поглавља даје се опис пластичних маса, уопштено о полимерима, састав пластичних маса и њихова подела. Треће поглавље садржи опис прераде пластичних маса, класификацију и примену. Четврто поглавље садржи уопштено опис полимерних композита. У наставку четвртог поглавља је дата њихова класификација и кратак опис. У петом поглављу је дат опис добијања композита са полимерном основом, њихова класификација, предности и мане. Пошто је тема примена полимера и полимерних композита у аутомобилској индустрији, у шестом и седмом поглављу говори се о њиховој примени, класификацији делова аутомобила и историји примене полимерних материјала. Пример моделираног дела од полимера приказан је у осмом поглављу. Девето поглавље је закључак рада.

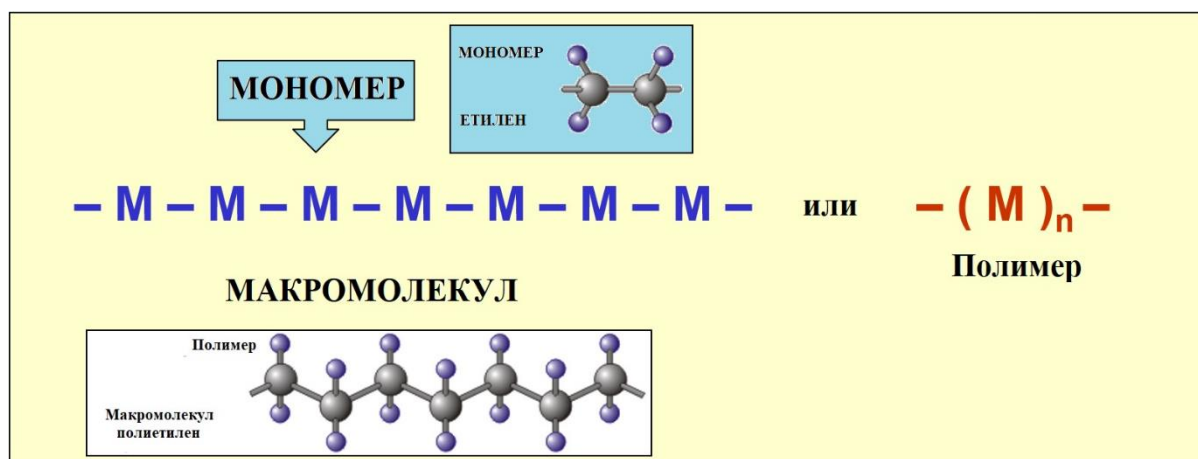
2. Особине пластичних маса

Пластичне масе су материјали код којих је основна компонента полимер. Термин *полимер* (настао од грчког предлога *poli* – много и именице *meros* – део) је синоним за макромолекулска једињења. Развојем хемијске индустрије последњих деценија, дошло је до изузетно брзог и значајног продора њихове примене у машинству [1].

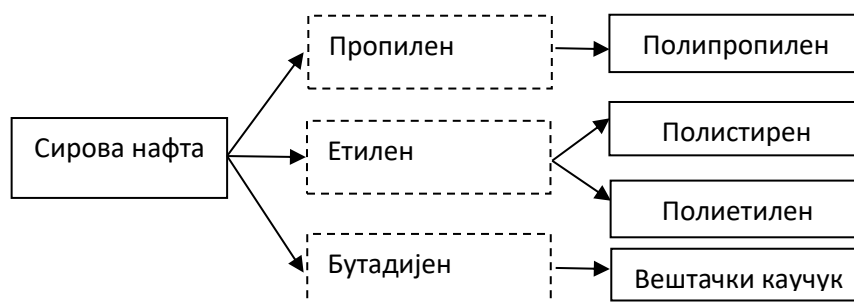
2.1 Опште о полимерима

Једномолекуларна једињења – мономери имају својство да се под одређеним условима (одговарајућој температури и притиску) у присуству катализатора, спајају у макромолекуларна једињења која се називају *полимери*.

Полимери су дугачки ланци молекула, а називају се и макромолекули или циновски молекули. То су супстанце настале међусобним повезивањем молекулских једињења (мономера), који се обично понављају по неком правилу, у велике молекуле (макромолекули). Настају у реакцији полимеризовања, односно хемијским повезивањем мономера. На слици 2.1 је приказана молекуларна структура полимера, а на слици 2.2 шематски су приказане врсте производа и полупроизвода који се добијају из сирове нафте [3].

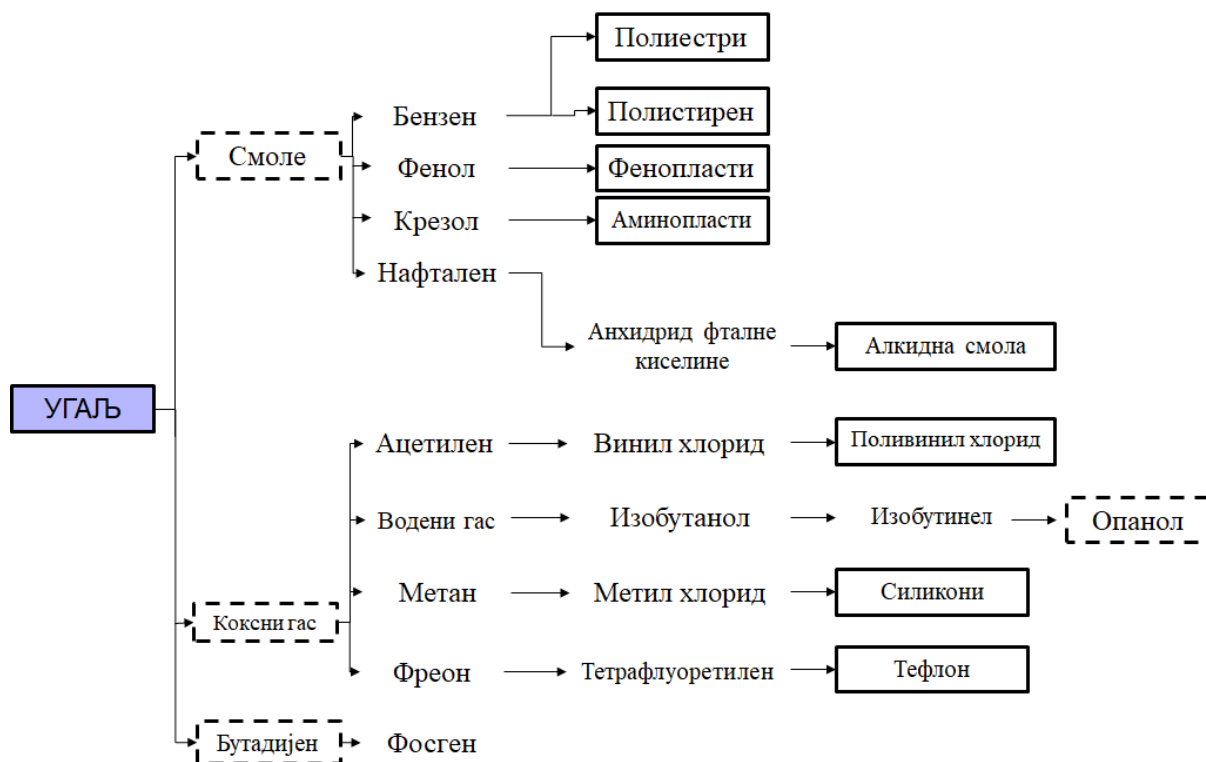


Слика 2.1. - Молекуларна структура полимера [3]



Слика 2.2. - Врсте производа и полупроизвода који се добијају из сирове нафте [4]

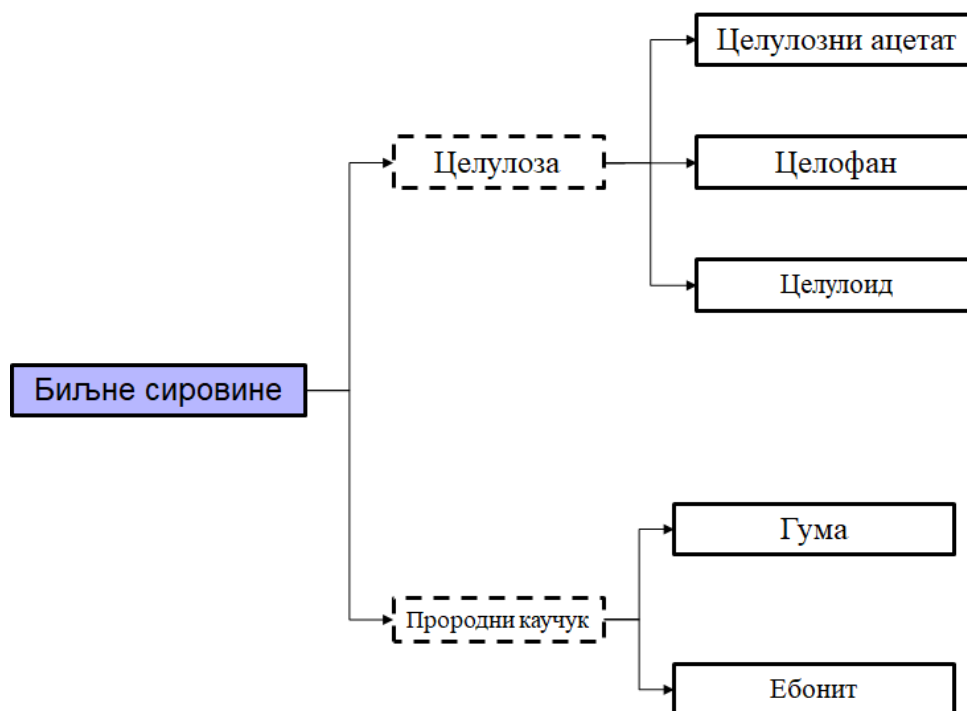
Из угља се могу добити различита хемијска једињења, а остварује се путем тзв. „суве дестилације“ (коксовања). Она се заснивају на загревању угља без приступа ваздуха при температури $1100 \div 1300^{\circ}\text{C}$. У том процесу настају гасни производи, течни производи (тзв. смоле) и чврсти производи (кокс) [4]. На слици 2.3 дат је приказ полимерних производа добијених из угља.



Слика 2.3. - Шематски приказ полимерних производа добијених из угља [4]

Синтетичке, вештачке материје које имају аморфну макромолекуларну структуру чине велику групу конструкционих материјала који се једном речју називају **пластике**. Полазне сировине за производњу пластика могу бити минералног и органског порекла. Минералне сировине су нафта, угаљ и земни гас, од којих се најпре израђују основна хемијска једињења за даљу прераду. Ова се једињења различитим процесима преводе у полупроизводе који могу бити у облику гранула, праха, течности, смола, таблета. Даљи процеси прераде ових полупроизвода у финалне производе (ливењем или пресовањем) утичу не само на промену облика и структуре, већ такође и на промену хемијских веза које чине основу материје.

Назив пластичне масе (пластике) потиче отуда што су у некој фази прераде оне биле деформабилне; код једних врста пластика деформабилност се стално задржава, а производи се могу рециклирати, док се код других деформабилност трајно губи при завршној преради (дуропласти) [4]. Поред наведених минералних сировина, у индустрији полимерних материја употребљавају се биљне и животињске сировине од којих се добијају финални производи приказани на слици 2.4.



Слика 2.4. - Шематски приказ производа добијених од биљних сировина [4]

Разликују се природни полимери, који су састави део биљака и животиња, нпр. целулоза, скроб, беланчевине, каучук као и једињења у облику силицијум диоксида и др. и синтетички полимери добијени хемијском прерадом и синтезом нискомолекуларних једињења (мономера).

Синтетички полимери се добијају синтезом мономера, а основне методе су: полимеризација, поликондензација и полиадиција.

Полимеризација је стварање макромолекула спајањем мономера без издвајања споредних продуката и регруписавања атома у молекулу. Процес полимеризације се не сме прекидати, јер се не може на исти начин и наставити. Посебан случај синтезе је полимеризација различитих мономера која се назива *кополимеризација*, при којој се стварају макромолекули састављени од основног састојка који се у полимеру углавном правилно понављају. Својства добијеног полимера се битно разликују од својстава компоненти (мономера), или од својстава њихове смеше.

Поликондензација је метода синтезе већег броја мономера у макромолекуле, уз издвајање споредних продуката, најчешће воде, амонијака и др. Синтеза при поликондензацији се може изводити ступњевито, па и са прекидима, који се могу у одређеним условима наставити.

Полиадиција је метода синтезе која се одликује одуством издвајања споредних продуката и могућношћу извођења у ступњевима, што указује да је то метода синтезе која се налази између полимеризације и поликондензације [4].

2.2 Састав пластичних маса

Пластичне масе, у највећем броју случајева, се састоје из полимера – синтетичких смола као основних компоненти и у мањем или већем обиму додатних материјала као што су пластификатори, пунила, боје, а понекад и мазива, стабилизатори и очвршћивачи. Такође, пластична маса може бити састављена само из полимера [1].

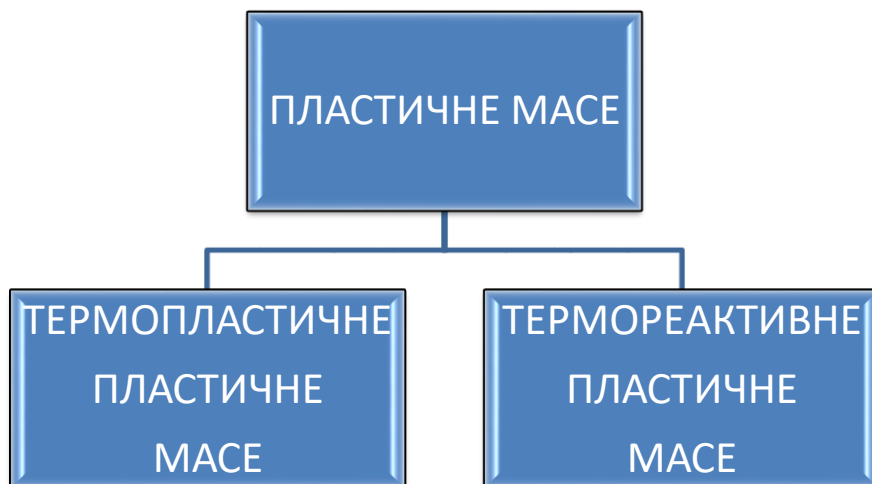
Пластификатори, омекшивачи, су материје у којима се полимери растварају, односно набубре, што изазива промену њихових својстава, првенствено повећавање еластичности на рачун затезне чврстоће и тврдоће, као и измену неких физичко-хемијских својстава, у првом реду снижења температуре топљења. По хемијском саставу пластификатори су сложена органска једињења, нпр. Камфор, трикрезол сулфат, трибутил фосфат и др., а према агрегатном стању су најчешће уљасте течности високе температуре кључања, али могу бити и у чврстом стању слично воску и каучуку.

Пунила се пластичним масама додају како ради побољшања механичких својстава, тако и због смањења цене коштања пластичних маса. Неорганска пунила маси утиче на измену одређених својстава, нпр. електро проводности, када се маси додаје метални прах, односно ако се жели добра изолациона својства додаје се лискун. Органска пунила делују првенствено као очвршћивачи. Као пунила користе се дрвено брашно, азбест, текстилна влакна, стаклена вуна, графит и др. Извесне пластичне масе, као што су органско стакло, целулоид и др. немају пунила.

Боје се пластичним масама додају према потреби, а задатак им је да поред обојености масе, утичу и на хемијску и термичку стабилност.

Стабилизатори се додају пластичним масама у циљу продужавања, тј. очувања отпорности на топлоту и штетно зрачење, чиме се донекле смањује опасност од старења и пропадања. Средства за лакшу прераду облика уља, воскова, металних сапуна и др. додају се према потреби. Овим средствима припада мазиво које се додаје пластичним масама ради побољшања пластификације и ради одстрањивања лепљења за калуп. У ову сврху најбољи су парафин, стеарин и калцијум – стеарат [1].

2.3 Подела пластичних маса



Зависно од понашања на повишеним температурама пластичне масе се деле на: термопластичне и термореактивне [1].

Термопластичне пластичне масе се одликују могућношћу поновне еластичне деформације у загрејаном стању. Ове пластичне масе углавном не садрже пунила, осим средстава за бојење и пластификатора којим се постиже измена својстава чврстоће.

Основне одлике термопластичних пластичних маса су:

- осетан утицај повишене температуре на својства чврстоће;
- оптичка провидност код многих пластичних маса је висока;
- могућност бојења углавном неограничена;
- ниска цена обликовања за производњу великих серија, а отпатци се могу поново употребити;
- могу се неограничено обликовати и
- могу се спајати на топло, али углавном са лепљивим раствором.

Термоактивне пластичне масе се одликују тиме да повишењем температуре очвршћавају услед структурних промена, а поновним загревањем не омекшавају. Ове пластичне масе скоро увек садрже пунила, очвршћиваче и стабилизаторе са циљем да се побољшају својства садржане смоле путем хемијских реакција. Основне одлике термоактивних пластичних маса су:

- повећана температура нема велики утицај на механичка својства;
- ниска оптичка провидљивост;
- могућност бојења ограничена;
- висока цена обликовања, а отпатци се не могу поново користити и
- неспојиви су на топло и нелепљиви са раствором.

Анализа пластичних маса изводи се праћењем општих карактеристика, начина обликовања, додатних материја као и њихов задатак, најзначајнија класификација пластичних маса је према главним хемијским фамилијама и према њиховој природи што је дато у табели 2.1.

Табела 2.1. Преглед основних врста пластичних маса [1]

Врста пластичне масе	Фамилија-Хемијска природа	Врста пластичне масе	Фамилија-Хемијска природа
Термопластичне пластичне масе	Полиетилени	Термопластичне пластичне масе	Феноли
	Полипропилени		Аминопласти
	Поливинилхлориди		Епоксидне смоле
	Полистироли		Полиестри
	Полиамиди		Урелици
	Полиформалдехиди		
	Поликарбонати		
	Целулозе		
	Метакрили		
	Политетрафлуоретилени		
	Ацетати		

Опште карактеристике зависе од тога да ли је пластична маса термопластична, односно термореактивна. Карактеристична својства термопластичних маса дата су у табели 2.2, а термореактивних у табели 2.3.

Табела 2.2. Карактеристике термопластичних пластичних маса [1]

Општи подаци	Карактеристике	Утицај
Пластичне масе које не трпе неку хемијску промену приликом обликовања	Механичка својства	На које утиче температура
	Обликовање	Са могућношћу понављања
	Трошкови обликовања	Мали за велике серије
	Могућност бојења	Обично добра
	Провидност	Обично добра због полимера*
	Заваривање	Обично је могуће топљењем**
	Лепљење	Обично помоћу растварача
	Рециклажа	Отпатци се могу поново користити

* Додатак кополимера стирол-акрилонитата и поликарбоната и метакрила

** Могуће је ултразвучно заваривање

Табела 2.3. Карактеристике термореактивних пластичних маса [1]

Општи подаци	Карактеристике	Утицај
Пластичне масе које трпе неку хемијску промену приликом обликовања	Механичка својства	Мало утиче температура
	Обликовање	Не може се понављати
	Трошкови обликовања	Већи због пресовања са сабијањем
	Могућност бојења	Обично добра
	Провидност	Никаква
	Заваривање	Не могу се заваривати*
	Лепљење	Само специјални лепкови
	Рециклажа	Отпатци се не могу поново користити

* Практично нерастворљива под дејством топлоте и разних растварача.

Додатни материјали, које пластичној маси побољшавају одређена својства, су веома бројни и њима се број применљивих квалитета пластичних маса знатно увећава. Главни додатни материјали у термопластичним пластичним масама дати су у табели 2.4, а за термореактивне у табели 2.5 [1].

Табела 2.4. Главни додатни материјали за термореактивне пластичне масе [1]

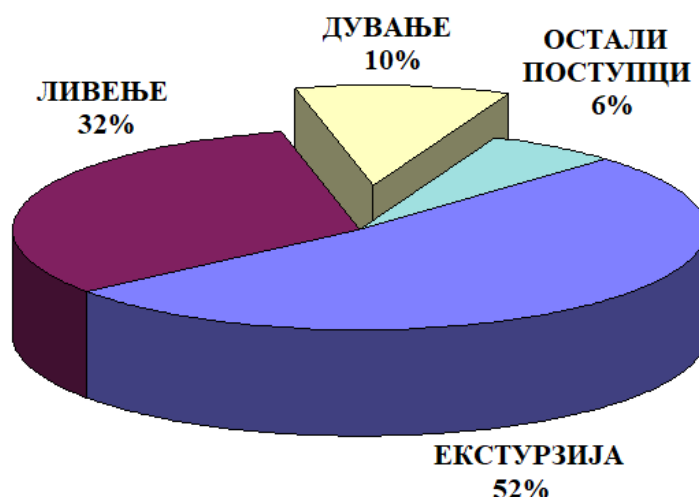
Општи подаци	Карактеристике	Утицај
Пластичне масе које трпе повратне хемијске трансформације при обликовању	Струготина	Општа примена
	Мешавина органско-неорганске материје	Ради побољшања електричних карактеристика
	Органска влакна	Побољшавају ударну жилавост
	Органске тканине	Побољшавају ударну жилавост, а имају добре механичке и електричне карактеристике
	Лискун	Мали губици при високој фреквенцији
	Азбест	Велика термичка отпорност
	Стаклена влакна	Одличне механичке, термичке и електричне карактеристике

Табела 2.5. Главни додатни материјали у термопластичним пластичним масама [1]

Општи подаци	Карактеристике	Утицај
Пластичне масе које не трпе повратне хемијске трансформације при обликовању	Калцијум-карбонат	Ради побољшања димензионалне стабилности у зависности од температуре
	Силикати	
	Талк	
	Азбестна влакна	Ради побољшања одређених механичких и термичких карактеристика
	Стаклена влакна	
	Графит	Ради побољшања коефицијента трења
	Политетрафлуоретилен	

3. Прерада полимерних материјала

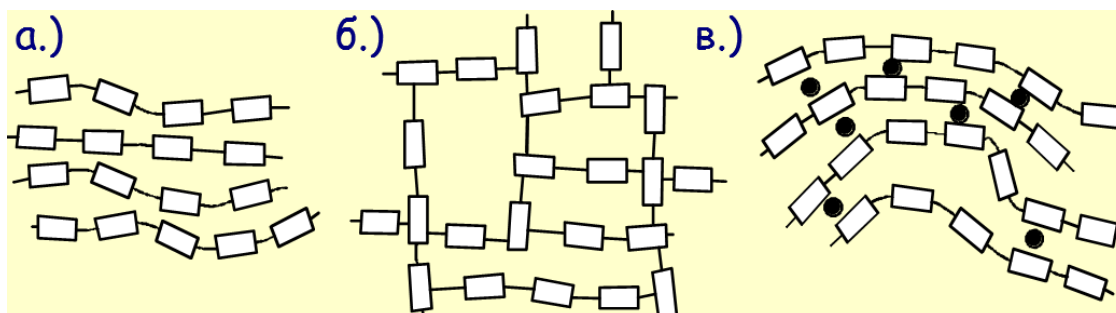
Најважније методе прераде вештачких материја јесу: пресовање, ливење, синтеровање, истискивање, каландровање, бризгање (ињекционо пресовање), извлачење, дување, термичко обликовање. На слици 3.1 приказани су процентуални удели појединих поступака у преради полимера [3].



Слика 3.1. – Удео појединих поступака у преради полимера [3]

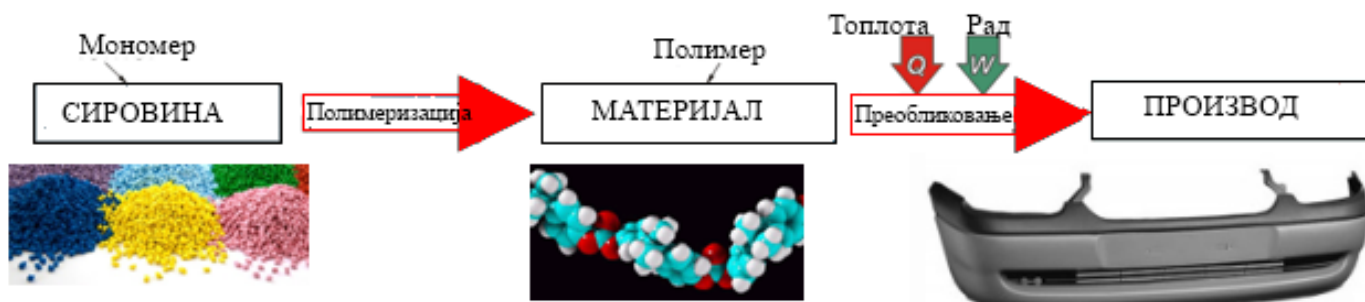
Са тачке гледишта понашања у току даље прераде разликују се:

- *Термопластичне масе (термопласти)* – омекшавају при сваком загревању и могу се лако обликовати на топло, а при хлађењу очвршћава и задржавају задати облик (имају структуру простих ланаца – слика 3.2.а).
- *Термореактивне масе (дуропласти)* – под дејством повишених температура или хемијских фактора неповратно отврдњавају задржавајући задати облик, док накнадно загревање доводи до пропадања, тј. хемијског разлагања производа (имају умрежену структуру – слика 3.2.б).
- *Вулканизационе масе (каучук)* – одликују се променом ланчасте структуре у умрежену у току прераде, јер додатни атоми (нпр. сумпор) образују мостиће који бочно повезују суседне ланце (слика 3.2.в) [4] .



Слика 3.2. - Структура вештачких материјала. а) термопластичних (ланчаста), б) термореактивних(умрежена), в) вулканизованих (ланчаста са попречним мостићима)[3]

У току израде делова од полимера укључена је и хемијска реакција полимеризације сировине – мономера. На тржишту се могу добавити готови материјали (нпр. РЕ гранулат) или се чак директно полимеризацијом сировина могу израђивати производни. На слици 3.3 приказан је процес добијања финалног производа из сировине.



Слика 3.3. – Процес добијања финалног производа [3]

3.1 Ливење

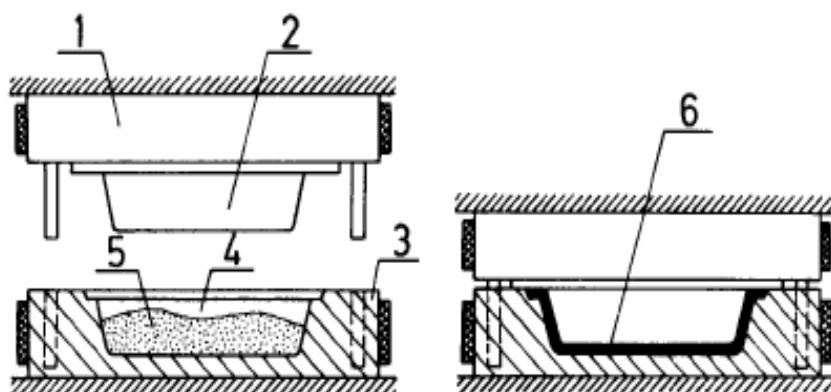
Ливење под атмосферским притиском – полимеризују се феноле смоле, акрилне смоле, епоксидне смоле као и полиестри, чиме се добијају готови производи. За процес полимеризације (или поликодензације) потребно је релативно дуго време (до неколико стотина сати) и повишена температура до око 100°C . Као резултат процеса, смоле подлежу потхлађивању те прелазе у чврсто стање. Ливење се примењује за израду предмета невеликих димензија из разлога великог скупљања пластике (до 6%). Калупи за ливење израђују се од силиконског каучука чија еластичност олакшава вађење одливка, приказано на слици 3.4. Користе се још и модификоване методе, као центрифугално ливење за добијање предмета облика шупљих цилиндара (посебно за мале серије) или фолија дебљине $0.03\text{--}0.15\text{ mm}$ [4].



Слика 3.4. – Поступак ливења и готов производ [3]

3.2 Пресовање

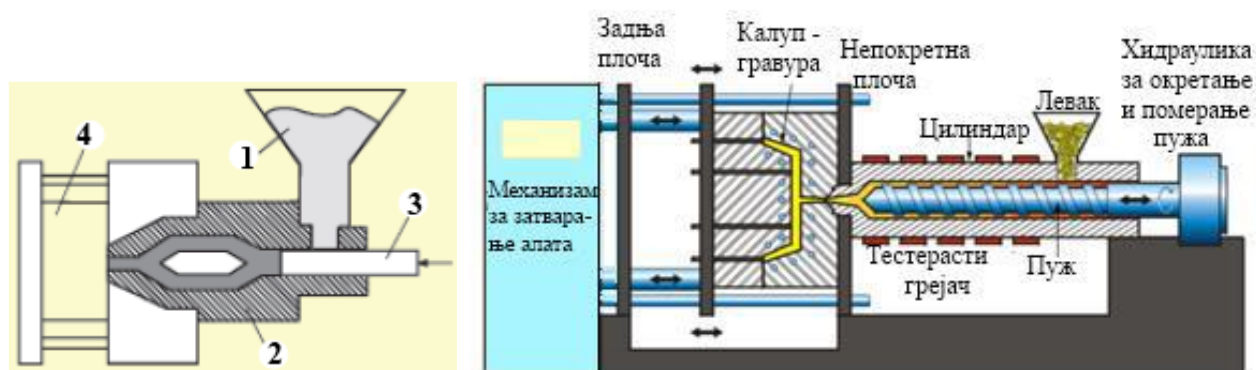
Пресовање – најчешће корићена метода прераде термореактивних смола (као што су фенолне и аминок смоле), као и неких термопласта. На слици 3.5 приказан је поступак пресовања. Разликује се обично пресовање (у матрици), посредно пресовање и пресовање плоча. *Обично пресовање* заснива се на обликовању производа у врућој металној форми (форма то јест калуп се загрева топлотом водом, паром или отпорски до 200°C), под притиском од неколико стотина MPa . Одабрани притисак мора деловати довољно дуго да би се омогућило да из калупа изађе ваздух као и гасови створени у току хемијских реакција: то је време, обично до 2.5 минута на 1 mm дебљине зида производа. *Посредно пресовање* се примењује углавном за термопласте – заснива се на пластификавању масе и загрејаном резервоару, па потискивању у затворену форму, где се маса сабија и отврдњава. На овај начин производе се у аутоматизованим уређајима делови машина као што су: зупчаници, завртњаци и навртке. *Пресовање плоча* заснива се на обликовању полупроизвода у виду плоча или профила у пресерском алату. Ова метода се примењује највише при изради вишеслојних предмета (ламината). У зависности од коришћеног полимера разликују се ламинати: фенолни, полиестерски или епоксидни, а према врсти пуниоца – метални, стаклени, азбестни, памучни, дрвени и други [4].



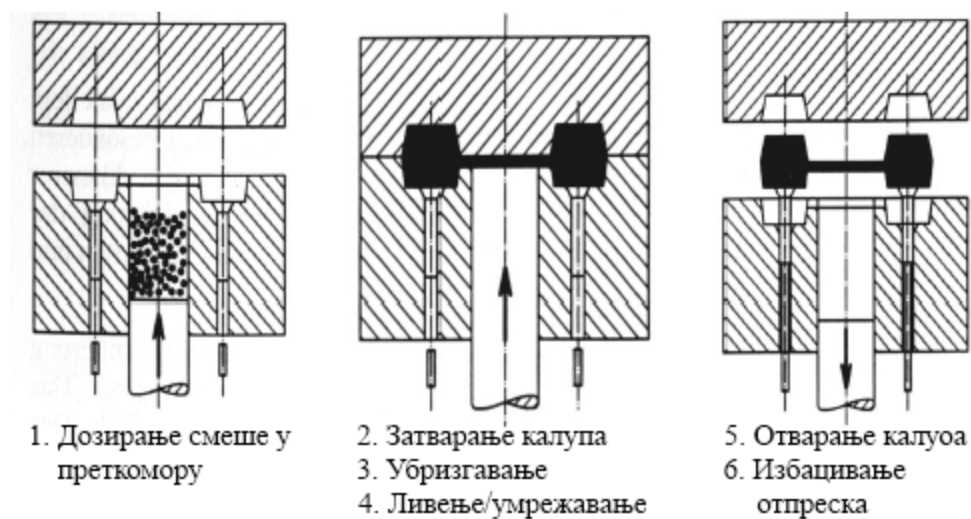
Слика 3.5. – Поступак пресовања пластичних маса: 1. држач обликача, 2. обликач, 3. матрица калупа, 4. гнездо калупа, 5. материјал за пресовање, 6. предмет обраде [3]

3.3 Бризгање

Бризгање (шприцање) се заснива на омекшавању припремљене масе у загрејаном цилиндру и њеним периодичним убризгавањем у хладну форму, у којој настаје отврдњавање производа. Метода се примењује у производњи различитих елемената и производа од термопласта као што су полиамид, полистирен, поливинил хлорид. Притисак шприцања износи неколико стотина MPa , а радна температура зависи од температуре омекшавања сировине. На слици 3.6 приказана је машина за бризгање, док је на слици 3.7 приказан стандардни поступак бризгања посредног ливења [4].



Слика 3.6. – Шематски приказ машине за бризгање полимера: 1 – резервоар, 2 – цилиндар, 3 – клип, 4 – калуп [3]



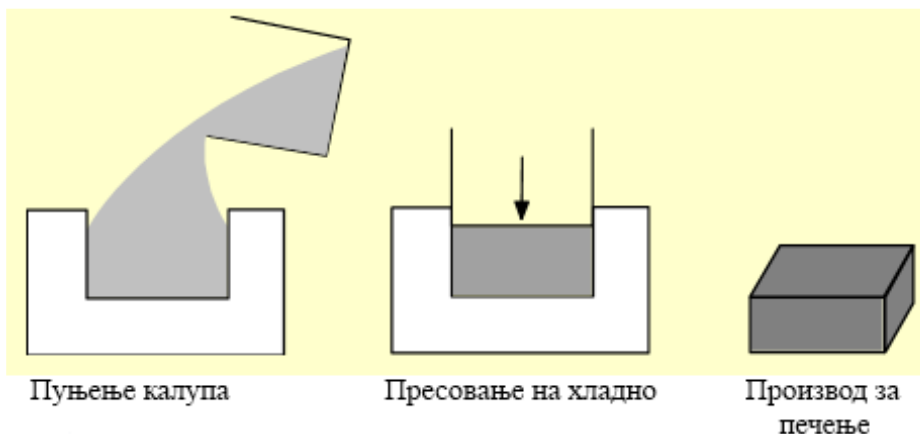
Слика 3.7. – Бризгање посредно ливење – стандардни поступак [3]



Слика 3.8. – Машина за бризгање полимерних материјала [5]

3.4 Синтеровање

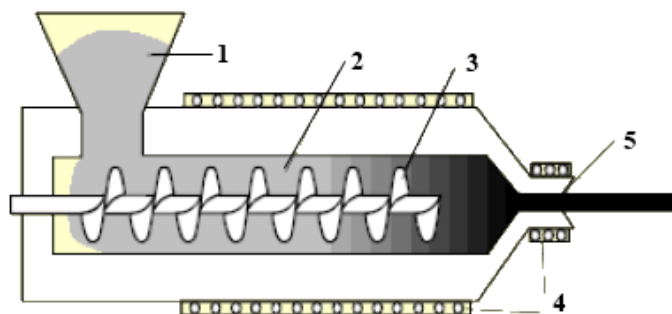
Синтеровање – најчешће се користи за израду елемената од полиамида, који има релативно већи удео кристалних облика у структури, а тиме и боље особине, углавном већу отпорност на хабање (слика 3.9). Полиамидна сировина у облику ситног прашка приказаног на слици 3.9, димензија зрна 4-10 μm сипа се у калуп, а потом пресује се на хладно под притиском од 400 МПа. Друга је операција синтеровање које се заснива на спором загревању отпреска у уљу у току 2.5 часа, а затим веома спором хлађењу до око 90°C [4].



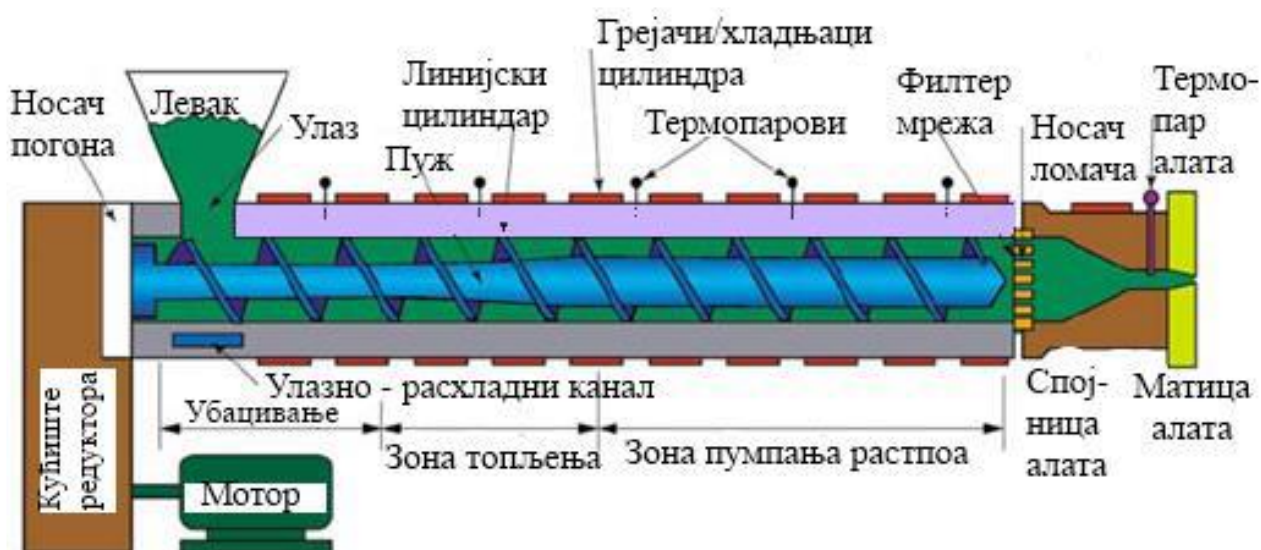
Слика 3.9. – Шематски приказ поступка синтеровања [3]

3.5 Екструзија (истискивање)

Екструзија (истискивање) – је у суштини метода континуалног бризгања подешена за производњу профила, штапова и цеви. На слици 3.10 приказан је шематски приказ екструдера, а на слици 3.11 детаљно је појашњен приказ. Сировина која се непрекидно доводи из резервоара (1), омекшава се у загрејаном цилиндру (2). Континуалним кретањем пужног преносника (3) долази до истовременог мешања масе и њеног транспорта ка излазу из цилиндра. Маса се даље уводи у профилисани отвор матрице (5) где се додатно загрева у мањем цилиндру. На излазу из матрице производ континуирано очвршћава, задржавајући дати пресек. Метода се примењује за продукцију профила од полистирена, полиетилена, поливинил хлорида, полиметакрилата, целулоида и других [4].



Слика 3.10. – Шематски приказ екструдера [3]



Слика 3.11. – Детаљни приказ екструдера [3]



Слика 3.12. – Приказ екструдера у погону [6]

3.6 Каландровање

Каландровање – основна метода израде фолија. Грануле доведене у загрејани резервоар постају упластичене и тако доспевају у простор између обртних ваљака чији размак одређује дебљину фолије. За спречавање слепљивања још недовољно охлађених фолија користи се помоћни лепак (слика 3.13). Каландровање омогућује производњу фолија дебљине 0,08-0,6 mm. Поступак каландровања се изводи помоћу машине која се назива каландер (слика 3.14). Производња на каландеру је континуална и користи се у масовној производњи, када је потребно производити велике количине. Три основне врсте каландера су каландери за: извлачење фолија, пеглање и утискивање дезена [4].

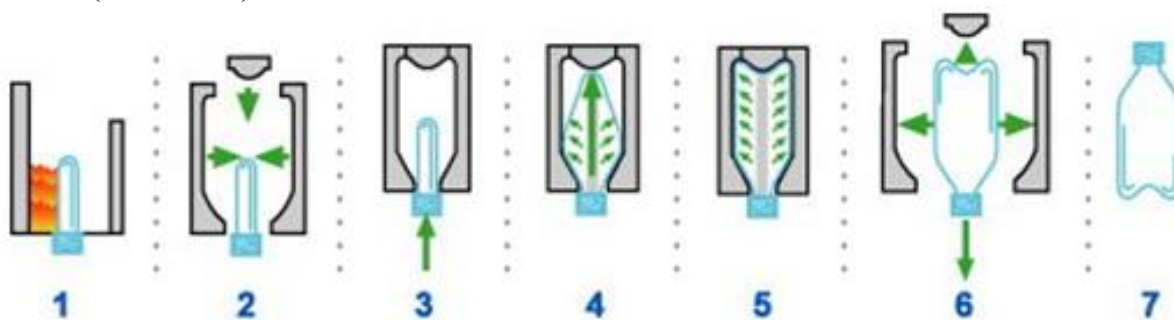


Слика 3.13. – Процес каландровања [3]

Слика 3.14. – Машина – каландер [3]

3.7 Дување или екструзионо дување

Дување или екструзионо дување – користи се за израду танкозидних судова од пластике (боца, пластичних канти, и слично). Најпре се у загрејани екструдер сипа гранулат тако да се на излазу формира меко црево. Оно се уводи у отворени дводелни калуп, калуп се потом затвара и у црево доводи загрејани ваздух под притиском кроз цевчицу. Тако се пластика потискује уз зидове калупа попримајући његов унутрашњи облик (слика 3.15) [4].



Слика 3.15. – Дување боца из екструдираниог црева: 1 – глава екструдера, 2 – отворен калуп, 3 – екструдирано црево, 4 – проводник за довођење ваздуха под притиском, 5 – затворени калуп, 6 – калуп се отвара, 7 – готов производ, боца [3]



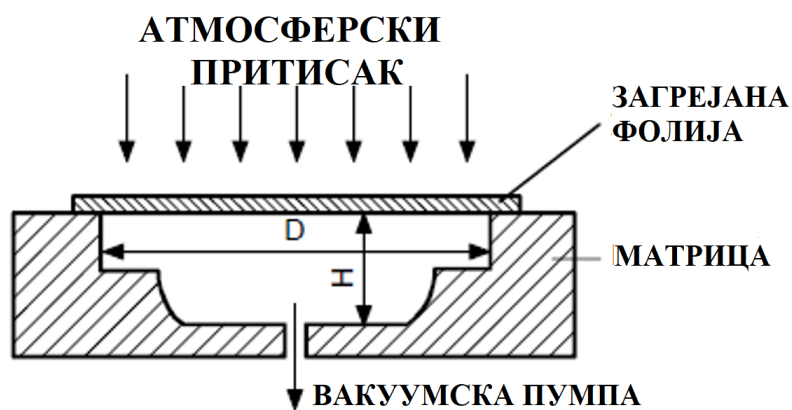
Готови производи

Машина за екструзионо дување

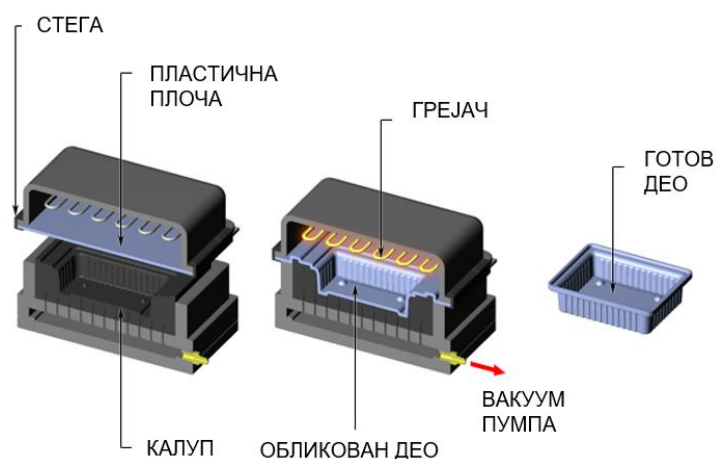
Слика 3.16. – Машина за екструзионо дување [4]

3.8 Термичко обликовање

Термичко обликовање – остварује се помоћу вакуумске пумпе, тако да се под дејством атмосферског притиска, загрејана фолија сама увлачи и наслања на зидове гравуре матрице (слика 3.17) [4].



Слика 3.17. – Термичко обликовање пластике [3]



Слика 3.18. – Поступак добијања производа термичком обрадом [3]

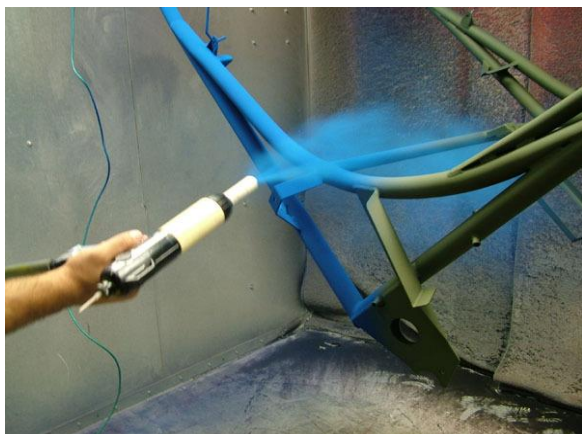


Слика 3.19. – Готови производи добијени термичком обрадом пластике [3]

3.9 Технологија наношења заштитних превлака

Технологија наношења заштитних превлака – овакве превлаке често су неопходне на уређајима хемијске индустрије, галванотехнике (куке за вешање делова, каде итд.), затим код средстава за складиштење хемикалија, као и у електротехничкој индустрији (изолационе превлаке). За антикорозионе превлаке и електроизолациону заштиту најчешће се употребљавају полиамид, полиетилен, поливинил хлорид, полиметаакрилат, полистирен, епоксидне и силиконске смоле. На слици 3.20 приказани су примери примене технологије наношења заштитних превлака. Зависно од облика пластифицираних предмета и врсте пластичне масе користе се различите методе наношења превлака:

- прилепљивање готових табака или отпресака од пластике на штићену површину, што је најпогоднији начин за заштиту већих равних површина;
- набризгавање растопљене пластике на штићену површину специјалним пнеуматским пиштољем – начин најпогоднији за заштиту малих и средњих предмета релативно простог облика;
- урањање предмета у пасту (у растопљену пластику) – начин који омогућује аутоматизацију и континуалан рад уређаја, посебно за наношење изолационих превлака од поливинилхлорида на електричне проводнике и
- флуидизационо прекривање загрејаног предмета спрашеном пластиком која се уноси млазом компримованог ваздуха, а затим пече [4].



Слика 3.20. – Примена технологије наношења заштитних превлака [3]

4. Полимерни композити

Реч композит односи се на од два или више делова при чему сваки од тих делова садржава своја својства а заједно граде нови материјал са новим својствима. Састоје се од полимерне смоле као матрице и ојачивача углавном у облику влакана. Типично садрже релативно чврста, крута влакна у дуктилној или жилавој полимерној смоли. Врло често композити стакленог и угљеничног ојачања садрже крута и чврста, али крта влакна уграђена у полимерну матрицу. Када је реч о полимерима, они се деле у две велике групе: дуромере и пластомере [7].

4.1 Дуромери

Дуромери при загревању стварају иреверзибилне хемијске везе међу полимерним ланцима који су међусобно снажно умрежени. При поновном загревању они не мењају стање, већ остају крути све док се под деловањем високе температуре потпуно не разграде. Ово указује и на велики проблем при њиховој примени, који је данас све важнији: није их могуће рециклирати размекшавањем матрице већ само механички уситнити чиме се добијају ситне грануле које у себи садрже и влакна и матрицу. За разлику од њих, пластомери имају својство да се при хлађењу стврдњавају, али се при поновном загревању размекшавају те их је могуће поново обликовати. Ово омогућује поправљање делова који су израђени од ових композита, као и њихово делимично рециклирање. Код пластомера је могуће одређена кристаличност, док су дуомери искључиво аморфни. Кристаличност је узрокована усмереношћу ланца. Они делови полимера (или они полимери) који су кристалични имају већу густину, али и боља механичка својства и отпорност при утицају растварача (што је узроковано смањеном молекуларном активношћу, односно већем уређеношћу молекула).

Дуромери су полимери који се најчешће користе у производњи композита због релативно ниже цене, ниских производних температура, ниске вискозности при производњи и доброг квашења влакана. Од њих, за композите високих механичких својстава, у ваздухопловним конструкцијама најчешће су коришћена епоксидне смоле због лаког коришћења, ниске цене, због својих извршних механичких својстава, добре хемијске постојаности. Добро реагују са већином врста влакана. Будући да при производњи пролазе кроз период врло ниске вискозности, то им омогућава врло широке технике производње. Епоксиди су најчешће двокомпонентни, при чему се у процесу производње додаје очвршћивач који постаје саставни део структуре матрице. Након мешања епоксида и очвршћивача, под деловањем топлоте долази до стврдњавања што се догађа неколико сати. Коначна својства епоксидне матрице показују изразиту крутост, што доводи до знатне осетљивости обзиром на појаву пукотина. Да би се побољшала ова својства, као и отпорност на влагу и топлотну стабилност, данас се епоксидима додају еластомери као и други типови полимера [7].

Друга врста дуомера која се све више користи због отпорности на повишеним температурама јесу **адитиони полиамиди**. Међу њима су најпознатији бизмалеимиди (БМИ) који поседују добре производне карактеристике, али је његов главни недостатак

повишена крутост која се може смањити додавањем одговарајућих једињења. Друге врсте ових једињења јесу ПМР-15 полиимида са ГТТ (енгл. Glass Transition Temperature, ГТТ, дефинисање тачке преласка из вискозног у чврсто стање матрице) од готово 300°C. Цианати су такође дуромери који су погодни за примену на високим температурама који имају ГТТ око 290°C. Одликују их добре карактеристике при примени у топлим и влажним условима и висока тврдоћа. Врло су често коришћене и незасићени полиестери, најчешће у комбинацији са стакленим влакнима. Представник ових полимера су винил естери који су врло популарни због своје цене, отпорности на влагу, брзине и једноставности у изради композита [7].

4.2 Епоксидне смоле

Епоксидне смоле спадају у групу аморфних полимера које карактерише појава гуме (гел) фазе на вишим и стакласте фазе на нижим температурама. Епоксиди који полимеризују на собној температури погодни су за коришћење на температурама до 50°C док се зависно од типа очвршћивача остале врсте епоксида обрађују на температурама између 120°C и 180°C. Хемијске реакције које се при полимеризацији догађају јесу егзотермне па употреба велике количине очвршћивача (катализатора) или превисока температура полимеризације може довести до топлотне деградације матрице, а тиме и самог композита. Ово је разлог због којег се посебна пажња мора посветити изради калупа, посебно ако је реч о дебљим или већим деловима.

Да би им се променила механичка својства, епоксидима се могу додати различите материје у сврху смањења вискозности приликом обраде, повећања издужења уз смањење модула еластичности, побољшање отпорности ширењу, пукотина, промена густине и др. Њихов основни недостатак је инхерентна (природно спојив, нераздвајив) кртост испраћена великом чврстоћом што се често побољшава додавањем пластимера. Главне предности епоксида јесу могућност подешавања својстава према постављеним захтевима, могућност контроле жилавости, лака и сигурна производња због мале количине штетних материја које се при томе ослобађају, мало скупљање, добра хемијска отпорност, добра димензиона и топлотна стабилност. Главни недостаци јесу виша цена производње у односу на нпр. полиестере (посебно специјалне врсте епоксида које се користе у ваздухопловству), осетљивост на влагу, споро полимеризовање, мала отпорност на нека органска једињења (нпр. органским киселинама и фенолима), и релативно ниска температура примене [7].

4.3 Полиестерске смоле

Полиестерске смоле такође припадају дурометрима, а производе се егзотермним хемијским реакцијама при којим се незасићени полиестри мешају са релативно малом количином иницијализатора (катализатора). Као код епоксида, и овде материјал при полимеризацији прелази из течне, преко гел до чврсте фазе. Главне предности ових материјала јесу мала почетна вискозност, мала цена полазних сировина, једноставна производња, отпорност атмосферским утицајима. Са друге стране, полимеризација је врло егзотермна с високим скупљањем чиме се у процесу производње уносе значајна заостала напрезања, кртост, слаба хемијска отпорност неких једињења.

4.4 Винил естери

Винил естери су по својствима између епоксида и полиестера. Полимеризација се догађа на релативно ниским температурама (као код полиестера), а коначна својства дају добру хемијску отпорност, као код епоксида, уз једноставну производњу, боља механичка и боље везе између влакна и матрице у односу на полиестере. Ови материјали имају знатно веће трошкове производње него полиестери, знатно веће скупљање у односу на епоксиде.

4.5 Фенолне смоле

Фенолне смоле настају полимеризацијом фенола уз помоћ нпр. формалдехида под посебним условима. Ови полимери исказују добру отпорност високим температурама као и отпорност горењу, која је последица аблативних својстава ових смола (при горењу изгарају слојеви материјала одређеном брзином стварајући слој угљеника) што им и јесте највећа предност при употреби. Недостаци су високи притисци при производњи потребни за полимеризацију, као и велик број шупљина што знатно снижава механичка својства [7].

4.6 Бизмалеимиди (БМИ)

Бизмалеимиди (БМИ) су високо умрежени полимери, по производњи врло слични епоксидима, иако могу имати нижу вискозност и боље квашење влакана. ГТТ им је између 180 – 320°C док је максимална температура при којој се могу користити до 150°C. Ови материјали су изворно крути што се побољшава помоћу адитива. У односу на епоксиде, предност им је знатно боља топлотна стабилност што је важно у ваздухопловној примени код борбених авиона високих перформанси који лете великим брзинама и на великој висини. Основни недостатак је знатно виши трошкови производње у односу на епоксиде. Данас БМИ композити у ваздухопловним конструкцијама све чешће замењују композите са угљеничном матрицом.

4.7 Полиамидне смоле

Полиамидне смоле имају предност врло високе температурске примене коју нема ни једна друга врста полимера будући да је ГТТ између 200 – 400°C. Зависно од технологије производње, могу бити дуромери (адицијски полиимиди), као и пластомери (кондензацијски полиамиди). Процеси производње су често врло комплексни јер укључују високе температуре и притиске па захтевају строго праћење параметара процеса како не би дошло до стварања експлозивних материја. Технологија производње укључује употребу препрега или РТМ (RTM – Resin Transfer Molding). У ваздухопловним конструкцијама користе се за кућишта млазних мотора или за конструкционе елементе ловачких авиона високих перформанси. Најквалитетнији од свих полимера имају ГТТ већу од 270°C, процесну температуру од преко 370°C, дуготрајну топлотну стабилност и одлична механичка својства на високим

температурама, високог квалитета произведених компоненти, отпорност према већини хемикалија, док је недостатак цена и сложеност производње [7].

4.8 Цианатне смоле

Цианатне смоле полимеризују помоћу катализатора реалтивно брзо при температурама од 170 – 250°C и са врло малим скупљањем. Након полимеризације, карактеристике су добра чврстоћа и тврдоћа на повишеним температурама, врло мало упијање влаге, иако дуготрајна изложеност влази узрокује смањење својстава, што им представља проблем за коришћење у ваздухопловним конструкцијама.

4.9 Пластомери

Пластомери су најшире класификовани као аморфни и кристалични, мада сви испољавају кристаличност у већој или мањој мери. Кристалични еластомери показују знатно бољу отпорност утицаја горива, хидрауличних флуида и др. у односу на аморфне. Кристалични пластомери својство кристаличности поседују због веће или мање усмерености полимерних ланаца, мада комплетну кристаличност није могуће постићи. При загревању, кристаличне фазе се мешају и матрица постаје аморфни, вискозни флуид. Производни услови битно утичу на степен кристаличности, што је већа брзина хлађења кристаличност је мања [7].

4.10 Поликетони

Поликетони су група кристаличних пластомера који имају изврсну топлотну отпорност. Међу њима се истичу полиетеркетон (ПЕК), полиетеркетонкетон (ПЕКК) па најчешће коришћени полиетеретеркетон (ПЕЕК). ПЕЕК има степен кристаличности до 40%, добра механичка својства, отпорност према разређивачима и киселинама са изузетком концентрисане сумпорне киселине. Основни недостатак је врло висока цена производње. Пластомери могу бити произведени знатно брже, јер повишену температуру није потребно одржавати дуже време. Неки од њих имају знатно више ГТТ, затим температуру примене од епоксида или бизмалеимида. Код пластомера је уочљиво течење и знатна деформација при лому, тиме и знатно већа жилавост.

4.11 Полифенилен сулфид (ПСС)

Полифенилен сулфид (ПСС) је високо кристалични полимер (степен кристаличности до 60%) са одличном топлотном стабилношћу, хемијском и отпорношћу на ватру што га чини атрактивним материјалом за авионске ентеријере. Материјал задржава добра својства на температурама до 200°C када почиње постепено смањивање механичких својстава. Задржавају добра механичка својства и у условима повишене температуре и влаге. Самогасиви су, стварају врло малу количину дима [7].

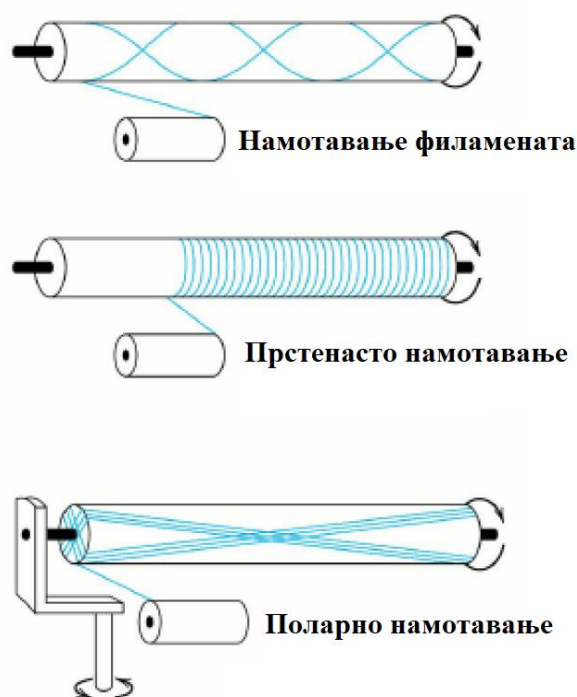
5. Добијање композита са полимерном основом

Влакнима ојачани композити полимерне матрице могу се добијају различитим методама, од којих су најчешће: намотавање, ливење, убризгавање у калуп, полтрудирање, напрскавање, ручно полагање, вакуумско спајање [8].

5.1 Намотавање

Намотавање је поступак при којем се континуална влакна која служе као ојачивач намотавају на модел тако да обликују шупљи део (слика 5.1). Влакна се најпре воде кроз течност која садржи смолу, а затим се континуално намотавају на цилиндрични модел, често применом аутоматизоване опреме за намотавање. Постоји више типова намотавања:

- навртањем;
- прстенасто и
- поларно [8].



Слика 5.1. – Приказ намотавања [8]

Предности:

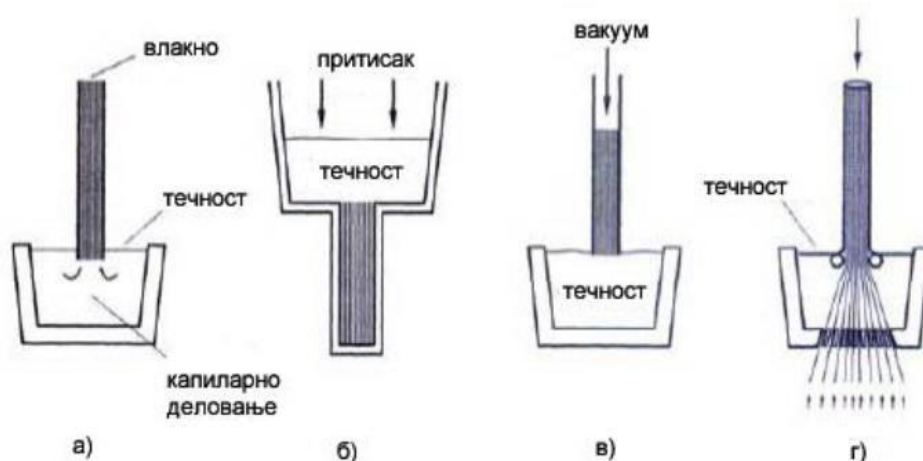
- врло брза и економична метода;
- контрола брзине намотавања;
- може се регулисати удео смоле на влакнима;
- трошкови су мањи због тога што се троше појединачна влакна и
- могу се добити одлична механичка својства композита, ако се влакна слажу у смеру деловања оптерећења.

Недостаци:

- облици производа који се добијају су ограничени;
- поређати влакна на различите облике није увек лако, посебно уздужно;
- трошкови дела на који се намотава могу бити високи у случају израде великих делова;
- спољашња површина производа није увек естетски прихватљива;
- причично неодређена спољашња површина делова искључиво конвексног облика [8].

5.2 Ливење

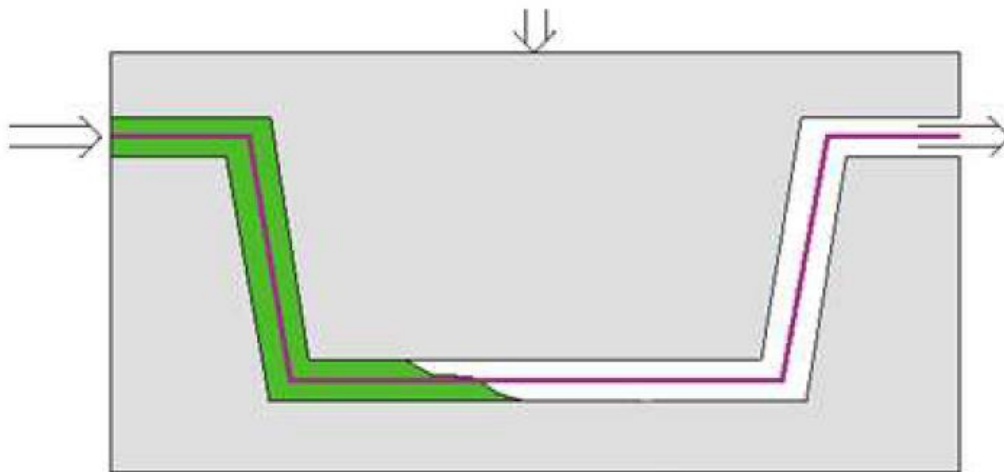
Полимерни композити могу се добити различитим поступцима ливења. У зависности од начина како се течност полимерне смоле уноси међу влакна разликује се капиларно ливење, ливење под притиском, вакуумско инфилтрирање или континуално ливење (слика 5.2).



Слика 5.2. – Производња композита ливењем: а) капиларно ливење, б) ливење под притиском, в) вакуумско инфилтрирање, г) континуално ливење [8]

5.3 Ливење под притиском („RTM - Resin Transfer Molding“)

На слици 5.3 приказан је начин ливења под притиском познат као „RTM“ поступак. Полимерна смола улива се под млазом у калупну шупљину и распоређује око ојачивача, а након полимеризације постављене загревањем, калуп се уклапа и добија се производ готовог облика.



Слика 5.3. – Процес ливења под притиском [8]

На овај начин могу се изливати епоксидне, полиестерске, винилестерске и фенолне смоле, а као ојачивачи користе се разна влакна.

Предности „RTM“ технике су:

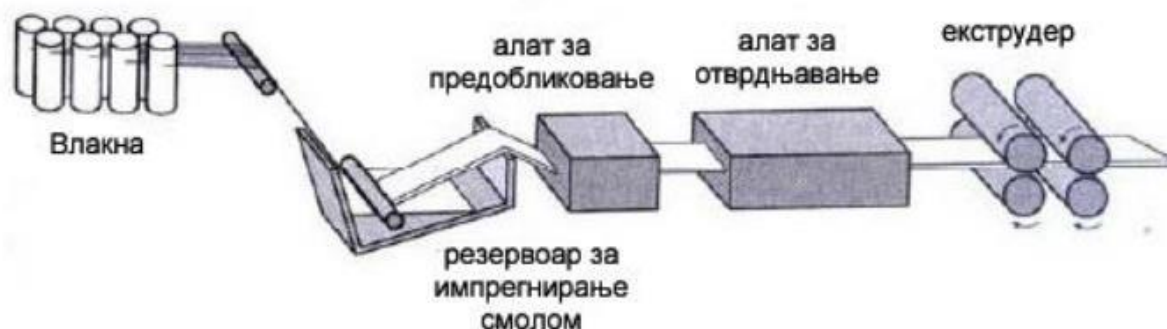
- велики запремински удео ојачивача;
- ниски садржај ваздуха;
- добри радни услови као могућност аутоматизације процеса и
- одличан изглед завршне површине.

Недостаци:

- веома сложен и велики алат;
- висока цена алата и
- ограничење на производе малих димензија [8].

5.4 Пултрудирање

Пултрудирање се примењује за производњу композитних производа константног попречног пресека. Овим поступком, шематски приказаним на слици 5.4, сноп континуалних влакана претходно натопљен дуромерном смолом провлачи се кроз алат одговарајућег облика и након тога следи отврдњавање чиме се добија коначан облик. Уређај за извлачење вуче производ кроз алате и тиме одређује брзину процеса.



Слика 5.4. – Шематски приказ поступка пултрудирања [8]

Применом одговарајућих алата могу се произвести цеви, шупљи елементи или други различити производи константног облика. Главни ојачивачи су стаклена, угљенична и арамидна влакна. Најчешће се као матрице користе полиестерске, винилестерске и епоксидне смоле.

Предности:

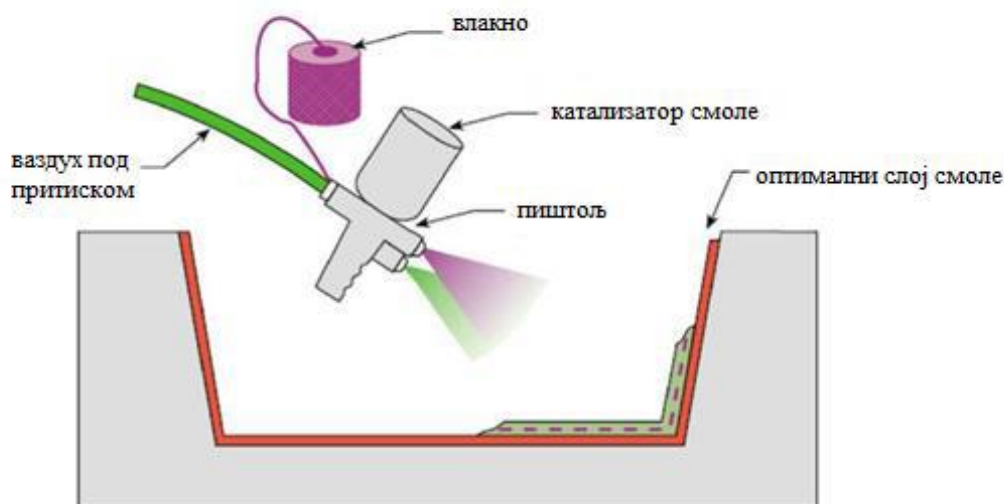
- брз, економичан поступак;
- хомоген материјал и својства;
- висока чврстоћа и добра мехничка својства у смеру влакана;
- хемијска постојаност и
- погодност обраде одвајањем честица;

Недостаци:

- израда искључиво профила;
- ограничена површина у попречном смеру и
- висока цена алата (велика улагања у опрему) [8].

5.5 Напрскавање

На слици 5.5 је приказан поступак напрскавања, како влакно улази у ручни пиштољ у којем се сече на мање комадиће и додаје у струју текуће смоле. Таква се мешавина напрскава у калуп где очвршћава у атмосферским условима. Као материјал матрице се углавном користе полиестери, док се за ојачавање користи искључиво стаклени ровинг [8].



Слика 5.5. – Приказ поступка напрскавања [10]

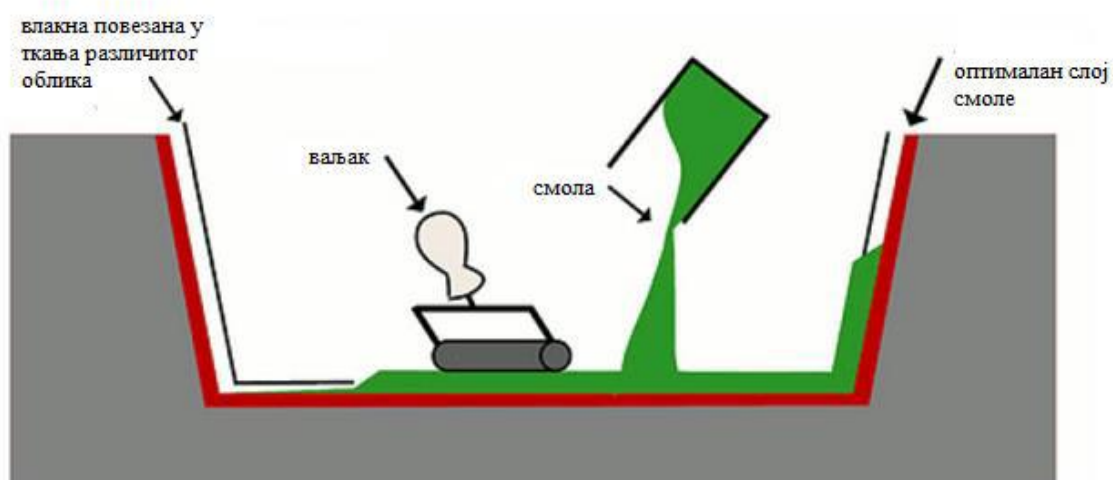
Недостаци поступка су да производ садржи нешто већу количину смоле тако да имају већу масу. За ојачање се користе само кратка и сечена влакна, тако да коначни производ има ограничена механичка својства. Смола мора имати малу вискозност како би се могле напрскати, а то најчешће иде на штету механичких и топлотних особина. Проблем може представљати и удео стирена који је у неким случајевима и законом ограничен.

Предност је у широкој примени поступка већ низ година, јер је овај поступак врло јефтин начин таложења влакана и смоле, а и мали је трошак израде алата [10].

5.6 Ручно полагање

Влакна повезана у ткања различитог облика стављају се у калуп. На њих се наноси смола која се импрегнира (натапа) у ојачања помоћу ваљака (слика 5.6). До очвршћивања долази при атмосферским условима.

Матрица: сви материјали – полестери, винил естри, епоксидне смоле, феноли. Проблеми се могу јавити једино у случају тежих арамидних влакана које је теже натопити ручно [7].



Слика 5.6. – Приказ поступка ручног полагања [12]

Недостаци:

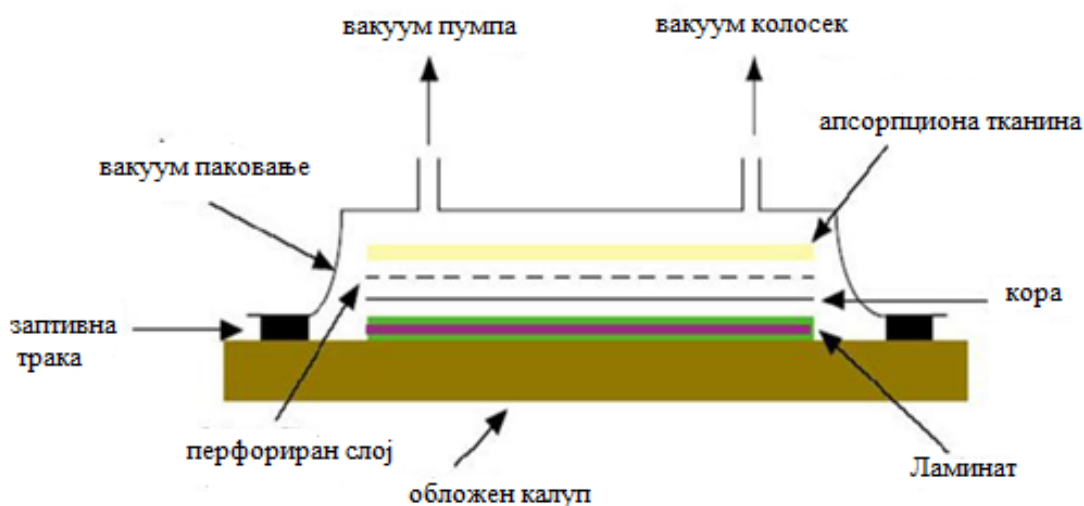
- квалитет поступака у великој мери зависи од способности радника;
- смоле обично имају мању молекуларну масу, што значи да могу бити штетнији од производа са већом молекуларном масом и
- проблем је уклањање стирена насталог из полиестера и винил естера, морају користити смоле мале вискозности што знатно утиче на својства.

Предности:

- врло једноставан поступак који се примењује већ дуже време;
- мали трошкови израде алата;
- велики избор врста материјала и добављача и
- удео влакана је већи [7].

5.7 Вакуумско спајање

На слици 5.7 је приказан поступак вакуумског спајања. Ручно се слажу све компоненте композита након чега се на њега ставља полимерни покривач. Помоћу вакуумске пумпе се уклања ваздух и подпритисак врши усисавање течне матрице којом се врши спајање елемената композита. Матрице могу бити фенолне и епоксидне смоле. Проблем може да представља повећана екстракција стирена. Могу се користити све врсте влакана [11].



Слика 5.7. – Приказ поступка вакуумског спајања [11]

Недостаци:

- процес је нешто скупљи и захтева прилично велику вештину оператера.

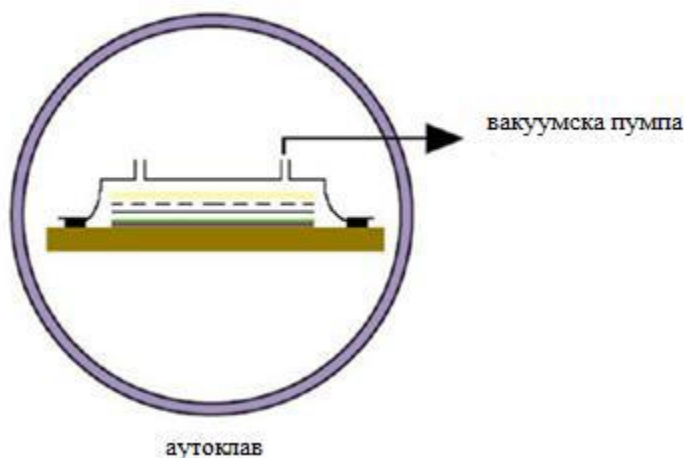
Предности:

- производња композита са већим уделом влакана;
- мање пукотина у материјалу;
- боље је квашење влакана и проток смоле кроз ојачања због деловања повишеног притиска и
- вакуумски покривач смањује количину изветрелих штетних материјала током очвршћивања [11].

5.8 Препрег

Различита влакна или ткања се предимпрегнирају смолом. Тако добијени облици се најчешће замрзавају како би се могли лакше складиштити дуже време. Смола која се користи није потпуно у чврстом стању тако да је препрег на додир мало лепљив (слика 5.8). Након тога се препрези аутоматски полажу у калуп, вакуумски се пакују и загревају на 120 – 180°C. Ако је за постизање бољих својстава композита потребан нешто виши притисак све се то ставља у аутоклав [11].

Матрице су епоксидне смоле, полиестри, феноли и високотемпературни пластомери као што су полиамиди.



Слика 5.8. – Приказ поступка [11]

Недостаци:

- трошкови материјала су већи и
- материјал се укрути у аутоклавама које су прилично скупе и ограничених су димензија.

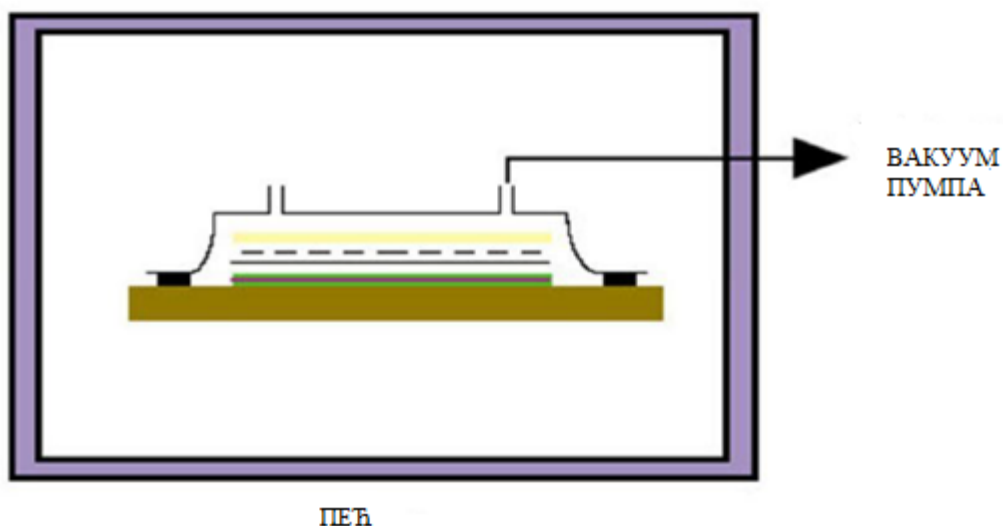
Предности:

- могуће је врло прецизно подешавање удела влакана и смоле;
- материјали су потпуно еколошки прихватљиви;
- могуће је натапање и смола високе вискозности чиме се значајно утиче на механичка и топлотна својства композита и
- могућа је аутоматизација целог процеса [11].

5.9 Очвршћавање

Користе се хемијски додаци који омогућавају очвршћавање при нешто нижим температурама 60 – 80°C. Могућа је примена само вакуумског паковања без аутоклаве (слика 5.9) [11].

Матрице су углавном епоксидне смоле, док као ојачање могу послужити све врсте препрега.



Слика 5.9. – Препрег при нижим температурама [11]

Недостаци:

- већа цена материјала;
- потребна је опрема и
- алат мора издржати температуре од 60 – 100°C.

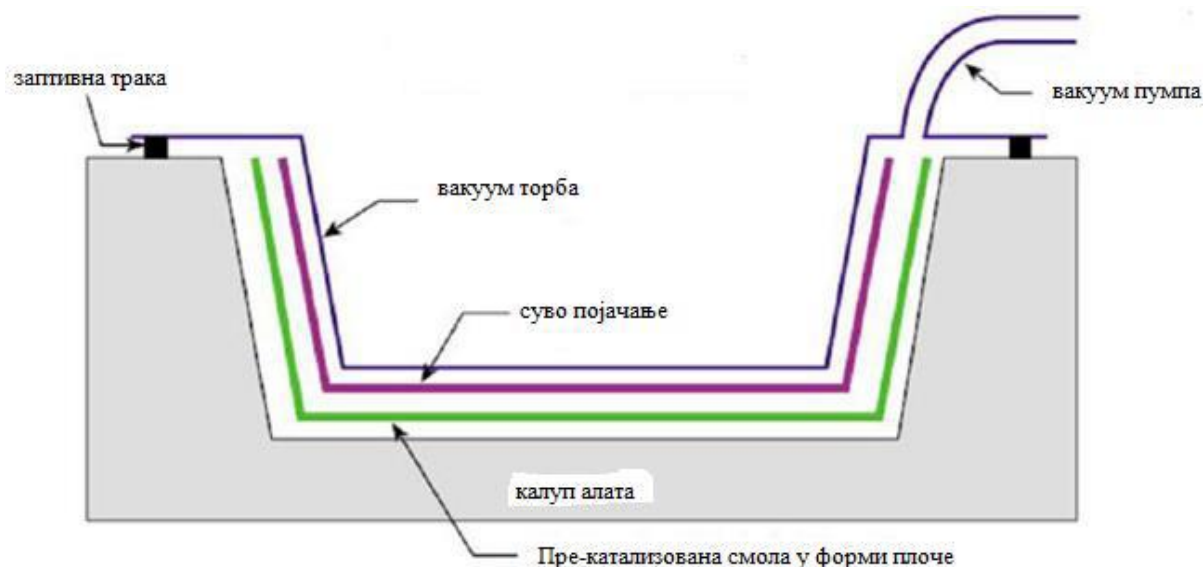
Предности:

- могу се користити јефтинији материјали за израду алата, будући да су температуре за крутост нешто ниже;
- због релативне једноставне опреме могућа је израда делова већих димензија и
- мањи трошкови енергије.

5.10 Инфузија слоја смоле

У калуп се убацују сува ојачања између којих се постављају слојеви смоле која је у полукрутом стању. Смола се налази на специјалном папиру. Помоћу вакуум пумпе се извлачи ваздух након чега следи загревање чиме се смола доводи у текуће стање и даље испуњава простор између ојачања. Приказ поступка је дат на слици 5.10.

Користе се све врсте влакнастих ојачања и епоксидних смола [11].



Слика 5.10. – Приказ поступка инфузије слоја смоле [11]

Недостаци:

- примењује се једино у авио индустрији;
- потребна је пећ и вакуумско паковање и
- алат мора издржати од 60 – 100°C.

Предности:

- производња еколошки прихватљивих композита са великим уделом влакана;
- добра механичка својства која се приписују крутом иницијалном стању полимера;
- мањи трошкови него у случају препрегова и
- мања је могућност појаве подручја која нису испуњена смолом [11].

6. Примена полимерних материјала у аутомобилској индустрији

Аутомобилска индустрија, као једна од најзначајних великосеријских производних система, све више се ослања на полимерне материјале – чак и на местима које су „до јуче“ била резервисана за примену високолегираних и издржљивих металних материјала, најчешће челика. Просечан аутомобил има уобичајно велики број изузетно одговорних делова: делове електроинсталације, разне клизне лежајеве, фрикционе плоче на кочионим и преносним системима, као и мање одговорних делова: унутрашње облоге, пресвлаке седишта, начињених од разних полимерних материјала.



Слика 6.1. – Делови каросерије путничкох аутомобила направљени од полимерних материјала [13]

Треба истаћи да се од полимерних материјала израђују: делови каросерије, комплетне каросерије, кочионе облоге, кочиони дискови, делови мотора (блок, клипњаче), волани, браници, решетке хладњака, вратила трансмисије, опруге, резервоари за плин, шасије, зглобови огибљења, навлаке, кабине, седишта, аутоцистерне, хладњаче, приколице. Такође, полимерни материјали су саставни делови производних линија у аутомобилској индустрији, разни делови аутоматизације за производњу: роботи, делови робота, зупчаници и многи други делови.

У данашњем тренутку, захтеви инжењера су усмерени ка софистицираном дизајну, безбедности, комфору, ниској потрошњи горива и емисији издувних гасова уз неизбежни економски моменат. Само током раздобља од 70-их до 90-их година прошлог века, учешће пластике у аутомобилској производњи је порасло за 114%. Пластични материјали комбинују различитост облика без утицаја на безбедност, сигурност или комфор путника (слика 6.2). Дуготрајност пластичних делова помаже да и експлоатациони век возила буде дужи захваљујући отпорности на корозију. Може се навести груба процена да 100 kg пластике може да замени око 200 до 300 kg масе који би били израђени од конвенционалних материјала. Како су временом аутомобили еволуирали у електронски, контролисане машине, потреба за пластиком се додатно повећала због немогућности или непрактичности коришћења металних делова због особина електро и топлотне проводљивости као и отпорности на хемијска једињења[11].



Слика 6.2. – Различити унутрашњи делови путничкох аутомобила направљени од полимерних материјала [11]

6.1 Усисни колектори (гране) мотора

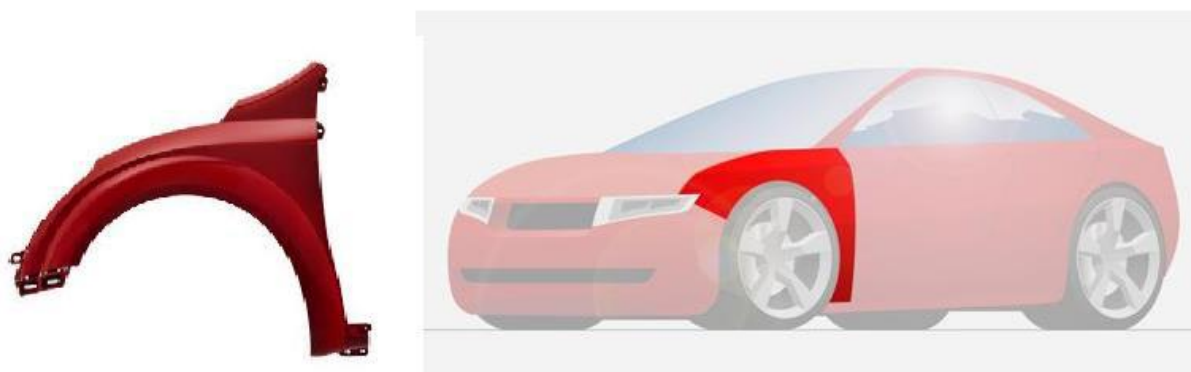
У последњих 10 година металне усисне гране су замениле усисне гране од пластике. Крајем 90-их година тај однос је био 50:50 док је 10 година касније тај однос 75:25 у корист пластике. Коришћење пластике уместо метала за израду усисних колектора има неколико предности (слика 6.3). Пластика не оксидира, уштеде у маси су осетне, а могућа је већа флексибилност приликом конструисања и израде. Такође, у предности се набрајају смањене вибрације и изолација буке. Материјали морају да издрже температуре од 130-200°C. Ови елементи се углавном израђују ливењем, а ако је потребно и варе се.



Слика 6.3. – Делови каросерије путничкох аутомобила

6.2 Спољашњи елементи каросерије

У ове елементе убрајамо хаубу, кров, поклопце пртљажног простора, врата, блатобране, одбојнике. Како су ови елементи најчешће непосредно видљиви на возилу, они морају да имају врло добро обрађену површину, која мора са лакоћом да прима слојеве боје, што значи да мора да прође роботизовану линију за фарбање где ће температуре током процеса бити близу 200°C. Такође, при ниским температурама ови елементи морају да имају одређену дозу еластичности.



Слика 6.4. – Изглед дела каросерије произведен од „Noryl GTX“ термопласта [18]

Један од проблема је што произвођачи морају да инвестирају велике суме новца да би се променила технологија уместо металних делова користили пластични, али у будућности је извесно да ће расти број пластичних елемената због смањења масе, што за последицу има смањење потрошње и емисије издувних гасова. Код Рено Клиа друге генерације, уштеда у маси на предњим блатобранима је јасно видљива и изосни 850 g масе пластичног блатобрана према 2 kg металног [11].

6.3 Браници као спољшњи елементи каросерије

Браници морају да одговарају разним правилницима који се по регионима разликују. У САД је потребно да браници задовоље правило да се при ударима мањим од 4km/h не десе озбиљна оштећења. У европи прописи који се тичу браника нису били оштри, међутим ступањем на снагу нових правилника који се односе на сударе са пешацима долази до промена и конструкција браника се мења. Непосредно иза браника не смеју да буду крути објекти. Произвођачи скупљих возила зато носаче браника израђују од алуминијума или пластичних маса. У будућности ће произвођачи тежити да носачи браника буду од пластичних материјала чиме би могли боље да прилагоде карактеристике материјала траженим нормама. Браници се најчешће израђују пресовањем или ливењем под притиском [11].



Слика 6.5. – Предњи браник аутомобила „Fiat 500L“ [15]



Слика 6.6. – Задњи браник аутомобила „Fiat 500L“ [16]



Слика 6.7. – Изглед предњег браника аутомобила „BMW- 3 Series“ [17]

6.4 Елементи ентеријера

У елементе ентеријера убрајају се и унутрашње оплате врата и крова, као и оплате прљажног простора. Елементи ентеријера морају имати пријатан изглед, да буду отпорни на лом, да се не ломе на оштре комаде, да се не магле у великој мери и да не испуштају мирисе у значајној мери. Раније су панели у унутрашњости били израђивани махом од лесонита са превлакама од текстила или вештачких материјала. Временом је технологија напредовала, па се данас користе облоге од пластичних материјала танког зида, са најразличитијим облицима са одговарајућим одељцима. Ситна дрвена прашина се ипак и даље користи као сировина и меша се са полипропиленом да би се добила смеша за изливање. У будућности се очекује све веће учешће пластичних материјала у унутрашњости, па и код текстилних материјала, а у интересу што једноставније рециклаже. Полипропилен код неких произвођача преузима примат, па се тако и основа израђује од тог материјала, а затим се исти ослојава слојем тканине од исте материје. Ради једноставније производње, често се користи и техника постављања превлаке (текстил или неки други материјал) у калуп, а затим преко тога улива пластични материјал. Произвиђачи се труде да што више компоненти обједине [11].



Слика 6.8. – Ентеријер аутомобила „Fiat 500L“ [20]



Слика 6.9. – Облога врата аутомобила „Mazda MX-5“ [19]



Слика 6.9. – Инструментал табла аутомобила „Audi A6“ [21]



Слика 6.10. – Инструментал табла аутомобила „Audi A6“ [22]

6.5 Електрична опрема

Код система паљења треба навести да су бобине најчешће у кућишту од епоксидне смоле, а затим оклопљене полиетиленом. Овде се од особина захтевају велике толеранције на температуру и димензиона стабилност. Што се нисконапонских каблова тиче, ту је изолација најчешће изведена од ПВЦ-а. Постоје и каблови у моторном простору који морају да трпе веома високе температуре, а уз то и да буду отпорни на гориво, уље и масти. Због тога се у те свхе користе силикон или флуороеластомери [11].

Временом се повећава и број конектора на кабловима, а данас је најзаступљенији материјал за израду ових елемената полибутилен терептлат (ПБТ), а за високе температуре се користе ароматични полиамиди (слика 6.11). За фиксирање инсталација се најчешће користе копче од полиамида. Штампане плоче се доста користе у изради електронских система у аутомобилима и то су најчешће плоче од круте епоксидне смоле као основе, али се све више користе и плоче које су флексибилне и чија је основа такође од пластичних материјала.

Умрежавање разних система у возилима је у некој мери успело да смањи количину проводника, конектора и сличних елемената, у супротном би на скупљим возилима настао проблем око смештаја електричних инсталација унутар возила. Приметан је и све већи број прекидача унутар возила, а њихов број ће и даље расти увођењем нових и сложених система. Ојачани полиамиди и термопластични полиестери се користе за мултифункционалне прекидаче за светла, показиваче праваца и брисаче. Захтеви за ове прекидаче су висока чврстоћа, мали степен деформације и отпорност на силу и хемијска једињења. За прекидаче који раде у нарочито неповољним условима, као што су прекидачи на вратима, пртљажнику или педали кочнице, користи се изузетно на хабање отпоран ацетал. Полиамид 46 се користи за прекидаче у изузетно тешким условима као рецимо у контакту са кочионом течностима или врелим мењачким уљем. Сензори у возилима су изложени температурама од -40°C до 170°C у екстремним случајевима када се налазе унутар мотора или мењала. За сензоре се све више уместо метала користе вештачки материјали и то најчешће ПА66 и ПБТ (за сензоре АБС-а), а у неким случајевима и ацетал (често за сензоре спољне температуре). У будућности се очекује даље димензионо смањење ових компоненти, ради лакшег смештаја у возило [11].



Слика 6.11. – Електронски конектори у аутомобилима од пластике [23]

6.6 Систем за гориво

Како се емисиони стандарди све више поопштравају, тако је и испуштање емисије угљоводоника у атмосферу све више ограничено. Водови за гориво морају да функционишу на температурама од -40°C до 100°C , и морају да буду отпорни на со и цинк хлорид који настаје реакцијом соли са превлаком на каросерији од цинка, а полиамид 12 се добро показао за ову намену.

Водови за гориво из резервоара до мотора су углавном фиксирани за каросерију па нема потребе за флексибилношћу, али је зато битно да буду отпорни приликом удеса. Данас се користе и водови од вишеслојних материјала или су оклоњени алуминијумским или челичним материјалом. Што се пластичних резервоара тиче они су први пут употребљени на „Porsche“-у 911 још 1967. године. Данас око 80% нових аутомобила у Западној Европи има уграђен резервоар од полиетилена велике густине.

Пластични резервоари омогућавају већу слободу при креирању облика од металних. Даље предности над металом су и нижа цена, могућност интеграције других делова у једну целину са резервоаром, отпорност на корозију, уштеда масе (слика 6.12). Резервоари се тестирају падом са висине од 6 метара, а напуњени су гликолом температуре -40°C и падају на бетонску подлогу. У овим условима не сме да дође до лома резервоара. По ЕСЕ правилнику резервоар мора да издржи изложеност отвореном пламену непосредно испод њега у трајању од 2 минута без цурења и веће деформације. Полиетилен велике густине има добру хемијску постојаност на разна горива, али нажалост, овај материјал пропушта угљоводонике, тако да резервоаре од ових материјала треба посебно третирати да би задржавали гориво унутар себе. Нетретирани резервоари могу да губе и до 20 грама горива дневно.



Слика 6.12. – Двослојни резервоар горива од пластике [24]

7. Историја примене полимерних материјала у аутомобилској индустрији

Историја примене полимерних материјала (композита) у аутомобилској индустрији почиње 1393. год. када је Хенри Форд конструисао први аутомобил у коме су употребљена стаклена и сојина влакна, влакна конопље у комбинацији са дурумерном матрицом (слика 7.1). У унутрашњости возила предњачили су композити са коксовим влакнима, који су у оно време били револуционарни. Полимерни композити преовладавали су каросеријом, блатобранима па и деловима мотора. Будући да се у том времену већина становништва САД-а бавила пољопривредом, Хенри Форд је хтео повезати агрикултуру са аутомобилском индустријом. Уз то био је и уверен да ће пластична конструкција каросерије бити сигурнија у сударима од челичне. Године 1939. почео је Други светски рат па је наступила несташица руда због потребе војске. Нажалост, Други светски рат уједно је прекинуо и развој тог аутомобила. Аутомобил је био масе 900 kg, тј. 450 kg од тадашњег „челичног“ аутомобила [25].



Слика 7.1. – Фордов аутомобил од дурамерног композита са конопљом [25]

Следећи аутомобил занимљив за историју полимерних материјала био је „Stout Scarab“, који је дизајнирао Вилијам Стаут (William Stout) 1936., а 1946. побољшао дизајн полиестерском каросеријом ојачаном стакленим влакнима. Седан са двоје врата, био је први аутомобил који је имао карасерију која је потпуно израђена од композита са стакленим влакнима. Иновације су биле и у моторном простору, јер је Фордов мотор „V8“ био смештен на задњој страни возила. Новост је било и варијабилно ваздушно вешање. Израда наведеног аутомобила била је само експеримент који је коштао 100 000 долара, а идеја каросерије од стаклених влакана остала је, нажалост, само идеја јер се аутомобил приказан на слици 7.2 није производио [26].



Слика 7.2. – „Stout Scarab 46“ [26]

Најдужи аутомобил од полимерних композита произведен је 1952. године. Реч је о „Maverick Sportster“-у. Дизајн је био јако необичан, јер аутомобил није имао врата ради повећања крутости каросерије и што бољих аеродинамичких карактеристика. Каросерија је тежила 99kg захваљујући полиестеру ојачаном стакленим влакнима, што је лимузина дугачка 5m у комбинацији са Cadillac-овим мотором „V8“ сматрала страшно брзим возилом. Произведено је укупно само 11 примерака аутомобила за потребу промоције компаније. Масовна производња овог раритета приказаног на слици 7.3 никада није почела [27].



Слика 7.3. – „Maverick Sportster“ [27]

Ниједан од наведених аутомобила није био намењен за свакодневну употребу и није се серијски производио, већ су сви били направљени у промотивне сврхе. Велики корак за даљим напретком било је возило „Chevrolet Corvette EX-122“ (слика 7.4) из 1953. године чију су делови каросерије били израђени од полипропилена ојачаног стакленим влакнима. Произведено је 300 примерака аутомобила, а 225 их је и данас у власништву аутомобилских ентузијаста и колекционара олд тајмера. Цена овог возила била је 3 700 долара, док данашња цена, зависно од стања возила и његове оригиналности, досеже до своте која износи чак 325 000 долара [28].



Слика 7.4. – „Chevrolet corvette EX“ - 122 30.06.1953. [28]

Европа је након Другог светског рата била у врло лошој економској ситуацији па се примена полимерних композита усталила због недостатка сировина. Компанија „Messerschmitt“ из Рогенсбурга произвела је 1953. године мали аутомобил „KR-175“ са тандемским смештеним седиштима испод крова аутомобила израђеног од полимера ојачаног стакленим влакнима. Аутомобил је тежио 210 kg и био је покретан слабашним двотактним мотором који је развијао 6,7 kW [29]. Лепота у очима посматрача није одушевљавала дизајном аутомобила, што се може видети на слици 7.5. Наследник овог популарног такозваног „микроаутомобила“ био је „KR-200“ са нешто јачим мотором од 7.4 kW и непромењеном каросеријом. Немци су одувек били синоними за поузданост што су и доказали 1955. када је „KR-200“ са минималном изменом на мотору возио 24 сата на Nockenheimring-у. Оборена су 22 брзинска рекорда у класи микроаутомобила па је нови рекорд износио 103 km/h [30].



Слика 7.5. – Аутомобил произвођача „Messerschmitt модел KR-175“ [30]

Нису само Немци и Американци производили пластичне аутомобиле. Први серијски произведен аутомобил у Норвешкој са каросеријом од материјала ојачаног стакленим влакнима био је „Troll“ (слика 7.6). Каросерија аутомобила била је оку угоднијег облика, јер је дизајн био необичнији, него немачки модел „KR-175“. Погонио га је двотактни мотор „Gutbrod“ од 22 kW са ниском потрошњом горива од 5 l/100km. Максимална брзина била је 130 km/h [31].



Слика 7.6. – „Troll“ из 1956.године [31]

Немачка компанија из Штудгарта произвела је 1956. године спортски аутомобил са каросеријом од дуромера ојачаног стакленим влакнима. Реч је о „DKW Monza“ (слика 7.7), чија је каросерија била дебљине 2.5 mm, а омогућила му је низ брзинских рекорда. На аутодрому „Nazionale Monza“ у Италији поставио је рекорд у непрекидно 48-сатној вожњи просечном брзином од готово 140 km/h. Произведено је око 230 примерака овог аутомобила, јер је каросерија од полимерног композита упркос својим очигледним предностима била прескупа за серијску производњу [32].



Слика 7.7. – „DKW Monza“ [32]

Након Другог светског рата Немачка је била подељена на Савезну Републику Немачку и Демократску Републику Немачку и међу њима је настао непремостив зид условљен борбом социјализма и капитализма као два потпуно различита погледа на свет. У Савезној Републици Немачкој постојало је неколико произвођача аутомобила чији су производи били врло скупоцени статусни симбол, док је на источној страни, у Демократској Републици Немачкој било другачије [33]. Аутомобил под именом „Trabant“ осмишљен је и конструисан у градићу Zwickau који је био у Источној Немачкој. Трабант, или популарно зван Траби (слика 7.8), био је многим купцима плићег џепа једина прилика да приуште себи аутомобил. Квалитет аутомобила био је упитан, а већи део каросерије је био израђен од дуромера ојачаним памучним влакнима. Произведена су три милиона примерака те је стога најпознатији историјски аутомобил направљен од полимерног композита. Трабант је у самом почетку производње био један од технолошки напредних аутомобила, него проблем је био што се од 1957. до 1991. године није мењао, нити унапређивао [34,35].



Слика 7.8. – Trabant [35]

Било је питање времена када ће се у аутомобилским гумама, тј. пнеуматичима примењивати стаклена влакна па је тако 1967. године компанија „Armstrong Rubber“ представила тај новитет. Почетком 70-их година 20. века осмишљено је директно пресовање осмољеног листа. Тих је година потреба за масом аутомобила резултирала широм применом полимерних композита за производњу структурних компоненти, а не само козметичких делова аутомобила као до тада. Од полимерних композита израђивали су се носачи хладњака мотора, делови преноса снаге и вешања. Први болид Формуле 1 чија је шасија у целости била сачињена од полимера ојачаног угљеничним влакнима је McLaren-ов „MP4/1“ из 1982.године (слика 7.9). Болид је био много чвршћи и лаганији него конкурентски болиди, тако да су успех и пробијање композита у мотоспорту обећавали. У историји Формуле 1, тиме је почело ново доба тзв. „доба угљеника“ [36].



Слика 7.9. – „McLaren MP4/1“ 1982.година [36]

Пластичним пресовањем 1984. године је произведена каросерија за „Pontiac Fiero“ [37]. „McLaren“ је био пионир што се тиче шасије од угљеничних влакана и у категорији друмских возила. Од 1992. до 1998.године произведено је 106 примерака модела „F1“ (слика 7.10). Био је уписан у књигу рекорда захваљујући лаганој шасији и мотору W12 са 468 kW. Угљенична влакна преовладала су и у унутрашњости аутомобила као и у моторном простору и вешању. Данас је теже пронаћи део који није направљен од композитних материјала. Нагласак се ставља у првом реду на безбедност човека, али и на заштиту животне околине, стога се спроводе бројна истраживања, како у лабораторији, тако и на тест стазама и све више расте употреба биполимера у композитима [38].



Слика 7.10. – Супераутомобил „McLaren F1“ [38]

8. Пример моделираног дела

У оквиру овог дела рада илустровано је моделирање вођице клизача вентозе од полимера и његова директна примена у једној од фабрика аутомобила. Део се налази на роботу који служи за раслојавање, подизање и пренос лима. (слика 8.1) Вођица клизача вентозе служи да фиксира померање челичног дела који емитује вибрације при свом кретању. Јако је битно да нема вибрација, јер то спречава да лим не падне, а самим тим да не дође до стопирања производње. На слици 8.3 приказан је поступак подизања лима помоћу вентозе, која захваљујући хидраулици прави вакуум на капи и омогућава подизање лима и његов пренос на следећу операцију дубоког извлачења.



Слика 8.1. – Машина за раслојавање лима помоћу вакуумских капа (вентоза) [39]

8.1 Полиамиди

Полиамидне пластичне масе представљају хетерогене смеше полимера линијске грађе које у себи садрже у основи ланац амидне групе. У пракси ови термопласти се називају најлони. Полиамиди по спољашњем изгледу су крупни гранулати од беле до светло крем боје, провидне у танком слоју. Неки полиамиди су прозачни, а то су мешани поламиди. Зависно од полазне грађе, од односа етилена и амидних група у полимеру, полиамиди се разлику по температури топљења и пропустљивости воде. Тако што је веће учешће полетилену у полиамидима треба очекивати нижу температуру топљења полимера, мању пропустљивост воде, нижу твдоћу, мањи модул еластичности, већу хемијску постојаност и боља електроизолациона својства.

Физичка и механичка својства мешаних полиамида (полиамида добијених кондензацијом две или више компоненти) се знатно разликују од својстава једнородних полимера. Они се јављају при нижим температурама и имају већу еластичност, нижу чврстоћу и нижи степен кристализације. Висока чврстоћа и еластичност, постојаност према хабању омогућују примену полиамида (најлона) за израду танких тканина, вештачке коже.

Далеко значајнија примена полиамида је за разне конструктивне делове у аутомобилској и авио индустрији, нпр. за израду зупчаника, вентилатора, делова електроизолације и остале делове, с обзиром на то да висока својства чврстоће, повећана отпорност према хабању, корозиону и хемијску постојаност, способношћу пригрушавања осцилација и добра обрадљивост резањем им то омогућује (слика 8.2). Елементи од полиамида могу радити без подмазивања или са врло slabим подмазивањем, што је од посебног значаја у текстилној и папирној индустрији, где су услови подмазивања тежи отежани. Оптерећења делова од полиамида су веома блиска оптерећењима нпр. од обојених метала и њихових легура [1].



Слика 8.2. – Зупчаници од полиамида PA6 [40]

Основно својство полиамида је отпорност према хабању, које је 6 – 10 пута веће од метала, а најбоља комбинација примена полиамида је у пару са окаљеним челиком. Примена полиамида у пару са алуминијумом и другим обојеним металима није дозвољена. Преглед неких полиамида дат је у табели 8.1.

Табела 8.1. Преглед својстава полиамида [1]

Својство	Полиамид 6.6	Полиамид 6	Полиамид 11	Полиамид 6.10	Полиамид 6.12	Полиамид 12
Густина, g/cm ³	1,1-1,15	1,18-1,26	1,03-1,05	1,07-1,10	1,06-1,08	1,01-1,02
Апсорпција воде, %	1,3-4	0,1-0,6	0,2-0,9	0,3-0,15	0,3-0,4	0,15-0,9
Температура, °C	225-266	218-221	185-188	210-216	208-212	175-180
Постојаност према топлоти, °C	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Темп. стабилн. Облика, °C	80-100	70-90	50-60	70-80	70-80	50-60
Затезна чврстоћа, daN/cm ²	500-900	500-850	400-550	700-950	450-700	400-600
Издужење, %	20-250	30-300	150-300	100-300	100-300	100-300
Модул еластичности, daN/cm ²	1200-3200	1000-3000	500-1500	1200-2600	1200-2600	1200-2600
Савојна чврстоћа daN/cm ²	650-1300	450-1200	450-750	600-900	600-900	450-700
Тврдоћа по Роквелу	R 112-121	R 110-120	R 105-105	R 105-118	R 102-118	R 103-108
Специфична топлота kJ/K kg	1,66-2,1	1,66-2,1	1,25-2,4	1,25-2,1	1,25-1,66	1,25
Коеф. линеарног ширења, 10 ⁻⁵ 1/K	7-12	7-12	9-12	8-10	9-11	9-12
Топлотна проводљивост, W/mK	0,16-0,22	0,16-0,29	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,19	0,16-0,19
Спец. запр. електрични отпор, Ω cm	10 ¹² -10 ¹⁴	10 ¹¹ -10 ¹⁴	10 ¹³	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹³ -10 ¹⁵
Спец. запр. Електрични отпор, Ω	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹¹ -10 ¹⁴	10 ¹² -	-	10 ¹¹ -10 ¹⁴
Диелектрична чврстоћа, kV/mm	30-50	30-50	28	50	-	33
Деилектрична константа, 10 ⁶ Hz	3-6	3-6	3-6	3-4	3-4	3-4

Ради експлоатационих својстава полиамида у њих се додају разне антифрикционе материје, нпр. графит, талк, баријев сулфат, дисулфид молибден и други. Додатак средства за ојачање до 10% нема утицаја на брзину процеса образовања полимера и нема нежељених бочних реакција. Међутим, додатак антифрикционих средстава преко наведене вредности (некад чак и до 90%) знатно мења процес полимеризације [1].

Полиамиди имају врло ниску проводљивост топлоте тако да је одвод топлоте из зоне трења отежан. Ради тога се препоручује да се делови од полиамида израђују са танким зидовима. Наведени недостатак одвођења топлоте се може отклонити, тако да се на металне делове наноси превлака од полиамидне пластичне масе, када се упоредно са одвођењем топлоте повећава стабилност димензија делова. Прах полиамида који се наноси на металне предмете се добија млевењем гранула полиамида, у посебним уређајима на сниженој температури. При томе могу се јавити бројни проблеми јер грануле полиамида имају високу чврстоћу и ударну жилавост.

Наношење превлаке од полиамида се изводи загревањем праха пламеним горионцима, за крупније делове, или наношењем праха дејством ваздуха под притиском и једновременим печењем, код делова малих димензија. Полиамидни слојеви се веома добро наносе на разним квалитетима челика, алуминијума и његових легура, сивог лива и слично. Наношење полиамида се може изводити и у случају потребе за репарацијом, јер нови слој се веома добро прихвата на претходни. Поред наведених својстава превлака од полиамида треба нагласити и :

- превлаке од ојачаног полиамида морају имати честице ситније од честица праха;
- први слој превлаке требало би да буде од једнородног полиамида, а тек у следећим слојевима ојачани полиамид;
- не користи превлаке од полиамида у влажним просторима, јер долази до бубрења и одвајања превлаке од метала;
- Може се добити и обојена превлака при чему се користе пигменти или боје које могу издржати високу температуру без разлагања. За белу боју додаје се титан диоксид, за црвену једињење кадмијума итд.

Превлаке су веома отпорне према деловању реагенса, органским растворима, бензину, керозину, ацетону. Дебљина превлаке је од 50 до 150 μm [1].

8.2 Вођица клизача вентозе

Клизач је израђен од материјала полиамид РА6. Материјал је жилав са високом отпорношћу на хабање и ударе, добрих механичких својстава, а при апсорпцији воде јако повећава отпорност на ударе и вибрације. Нарочито је погодан за израду елемената изложених урадном напрезању. Примењује се за израду зупчаника, ланчаника, котурача, клизних тела у трансляцији и ротацији, спојница итд.

Карактеристике:

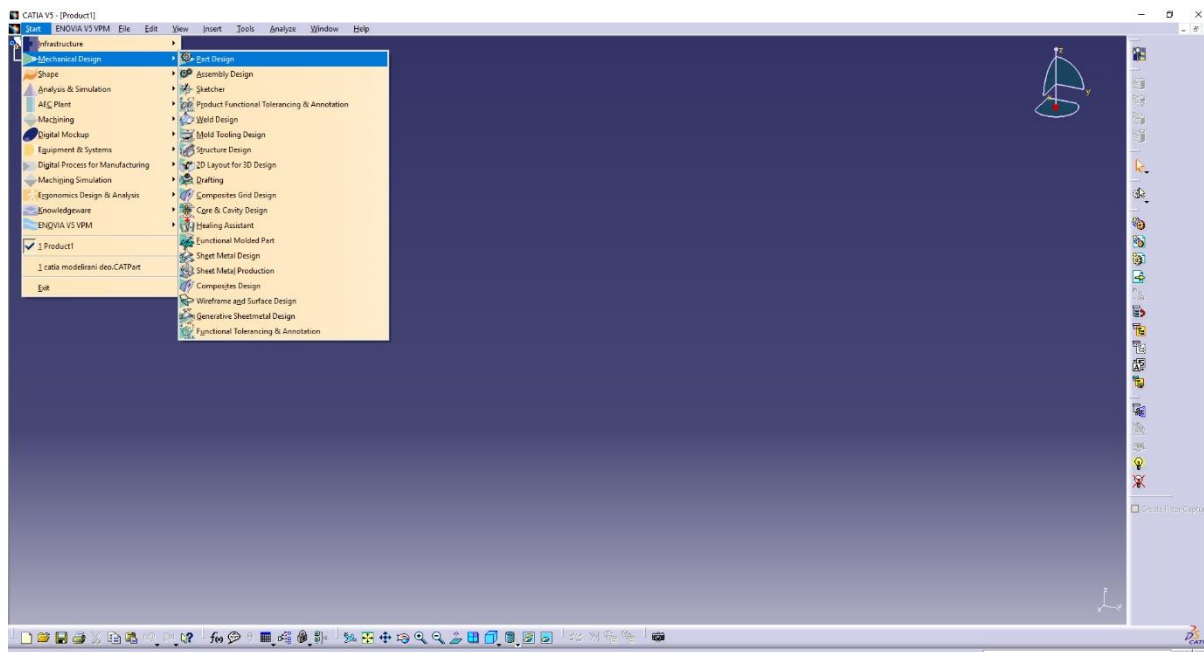
- лаган материјал у односу на снагу;
- сјајна отпорност на хабање;
- велика чврстина;
- сјајна жилавост;
- погодан за обраду;
- специфична густина $1,15 \text{ g/cm}^3$;
- температура: -50°C до $+120^\circ\text{C}$.



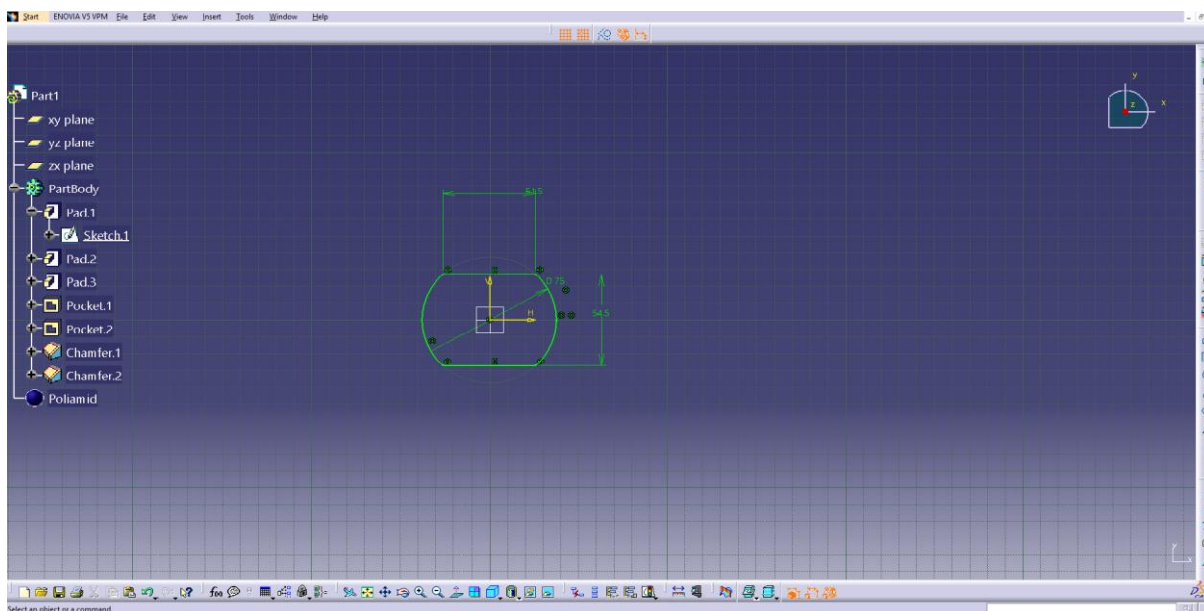
Слика 8.3. – Процес раслојавања и подизања лима помоћу вентозе (вакуумске капе).

8.3 Моделирање

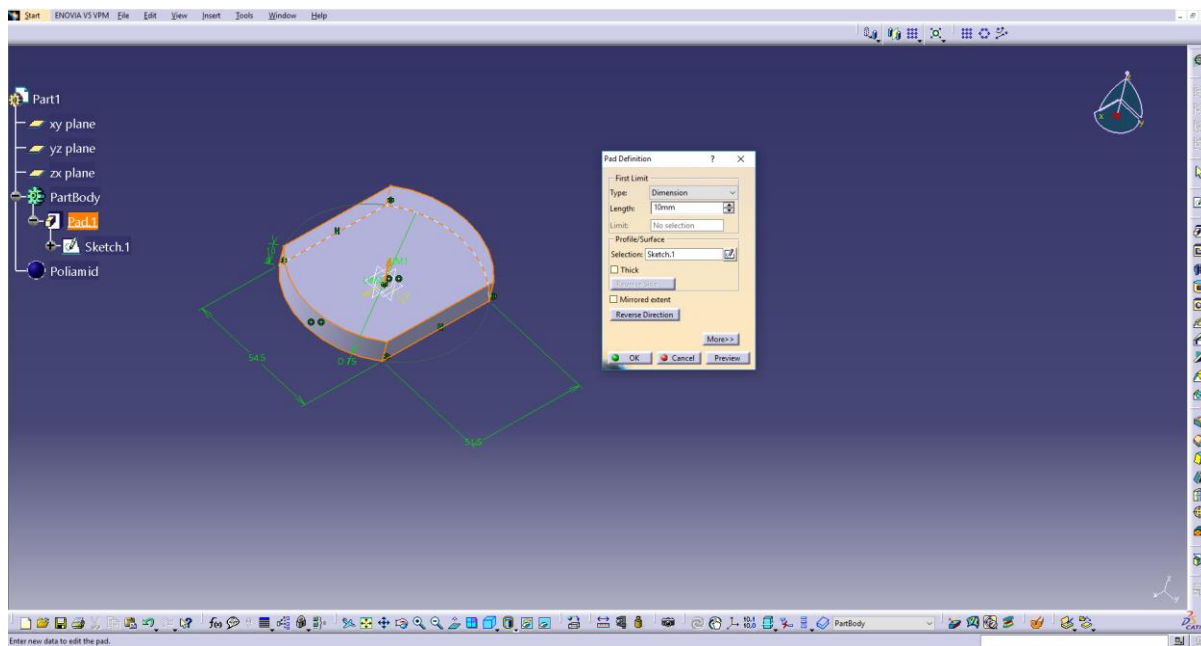
Процес моделирања је извршен у програму CATIA V5R21. Покретањем команде „Start“ отвара се падајући мени где се бира команда „Mechanical Design“, а након тога команда „Part Design“.



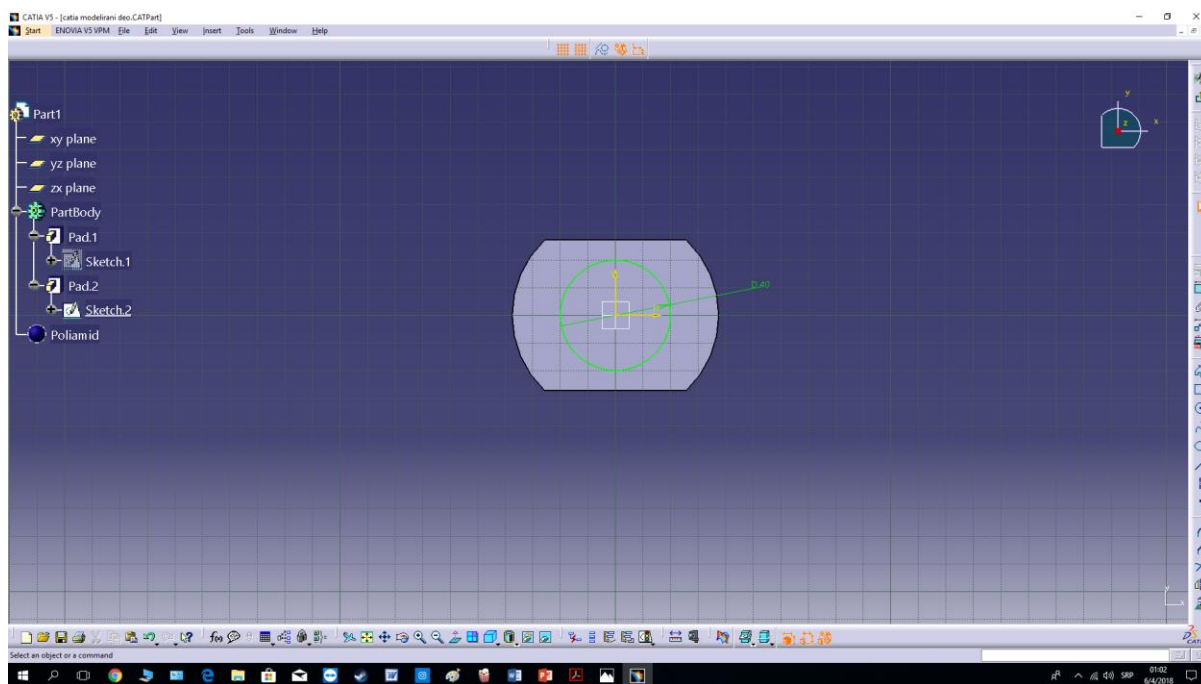
Слика 8.4. – Приказ почетног екрана програма „Catia V5R21“



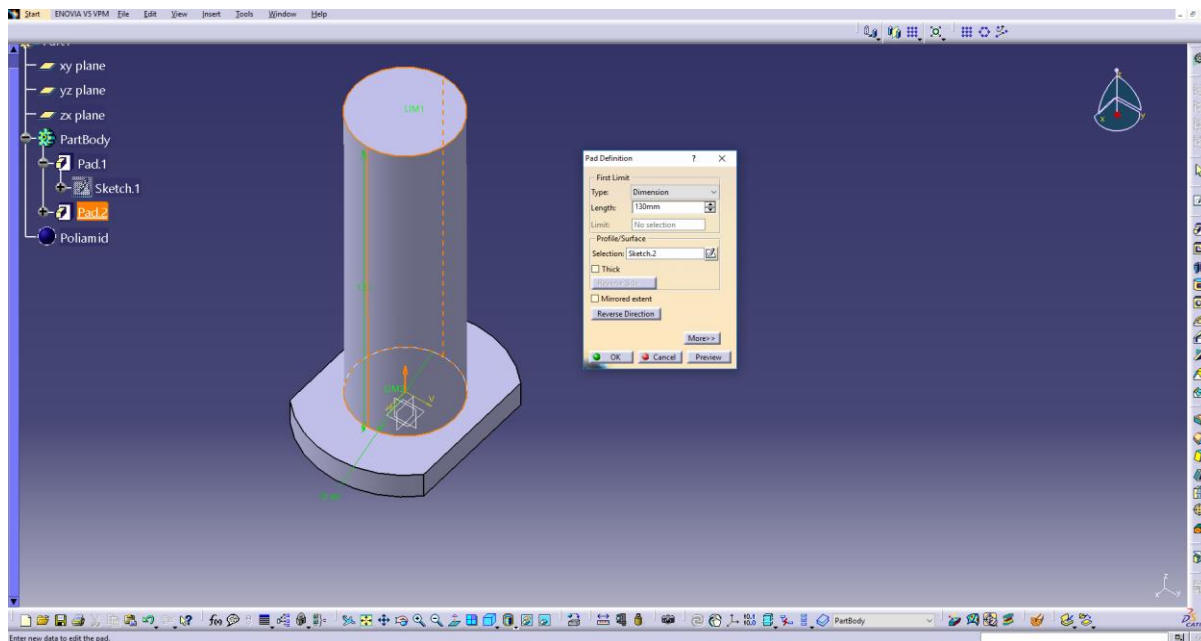
Слика 8.5. – Моделирање почиње отварањем „Sketch-a“ у XY равни у којој се црта контура првог дела



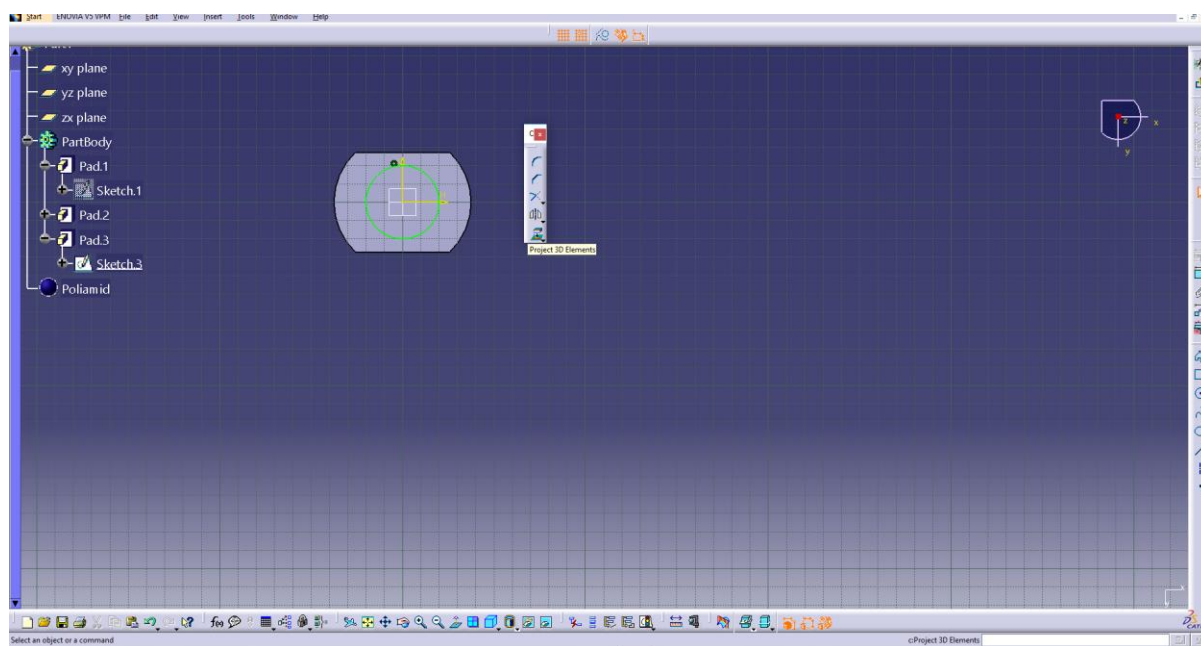
Слика 8.6. – Функцијом „Pad“ добијамо део од 10mm



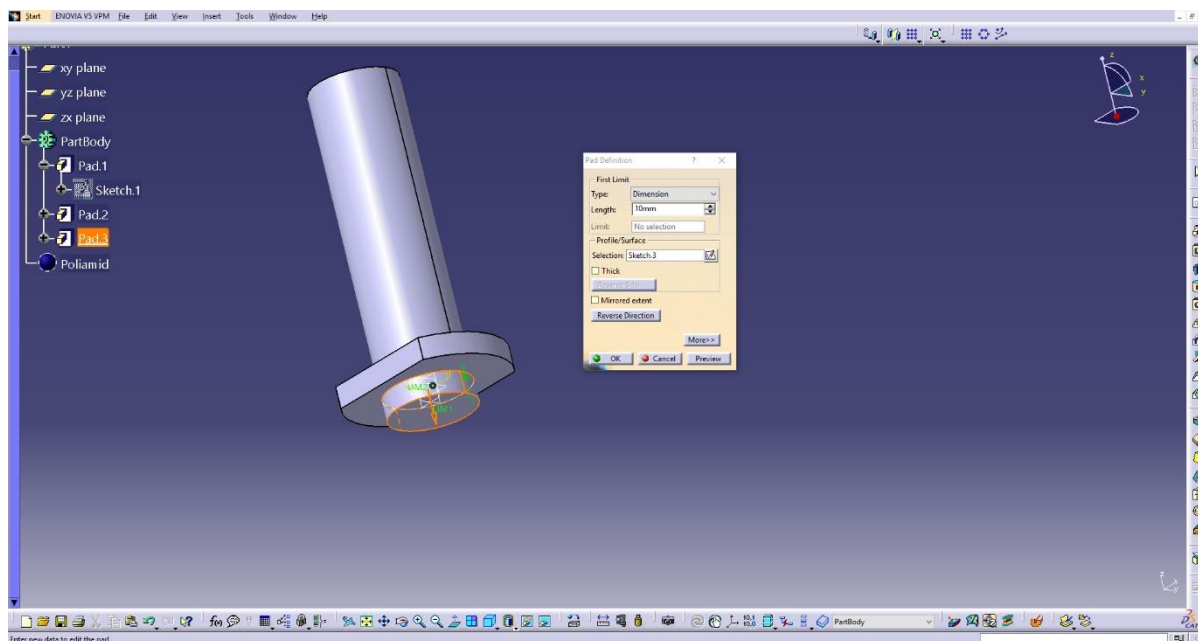
Слика 8.7. – На горњој површини која је претходно добијена цртамо круг пречника $\varnothing 40\text{mm}$



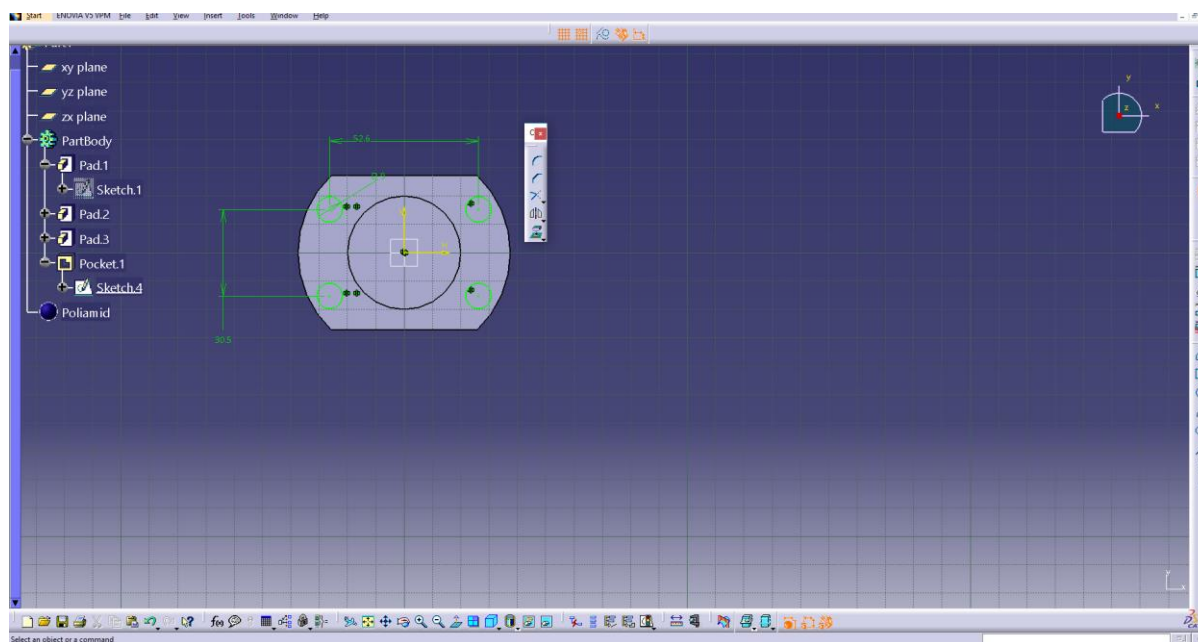
Слика 8.8. – Функцијом „Pad“ добијамо део од 130mm



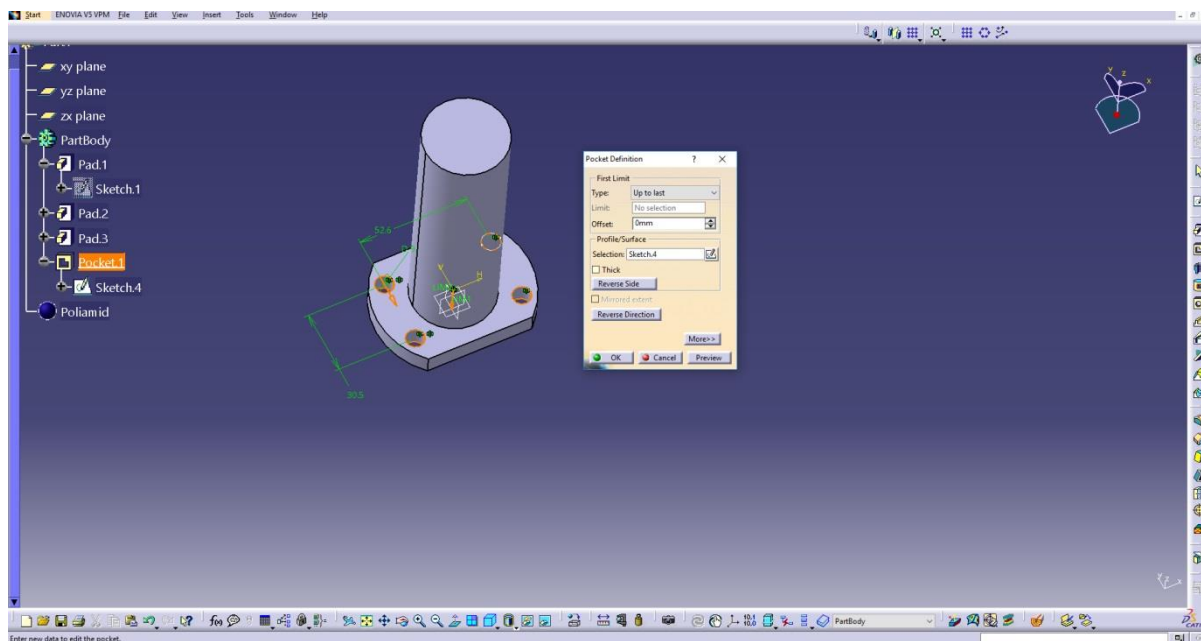
Слика 8.9. – На доњој површини која је претходно добијена користимо функцију „Project 3D elements“ како бисмо пројектовали круг Ø40mm



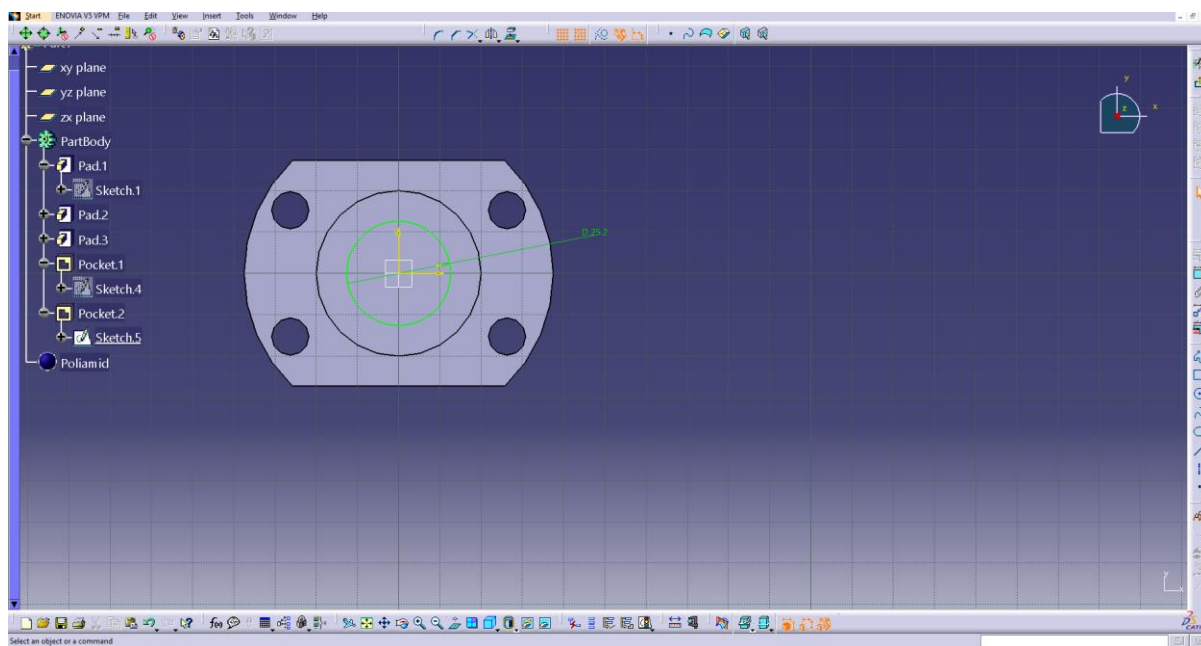
Слика 8.10. – Функцијом „Pad“ добијамо део од 10mm



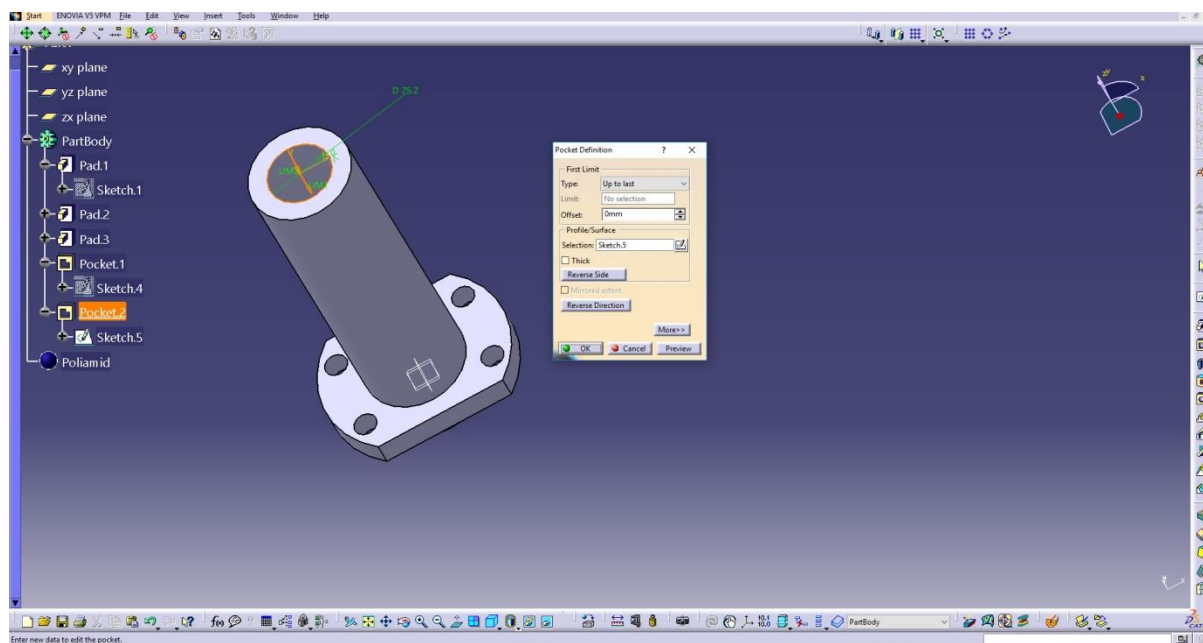
Слика 8.11. – У почетном делу на горњој површини отварањем „Scetch-a“ цртамо 4 круга пречника $\varnothing 9\text{mm}$



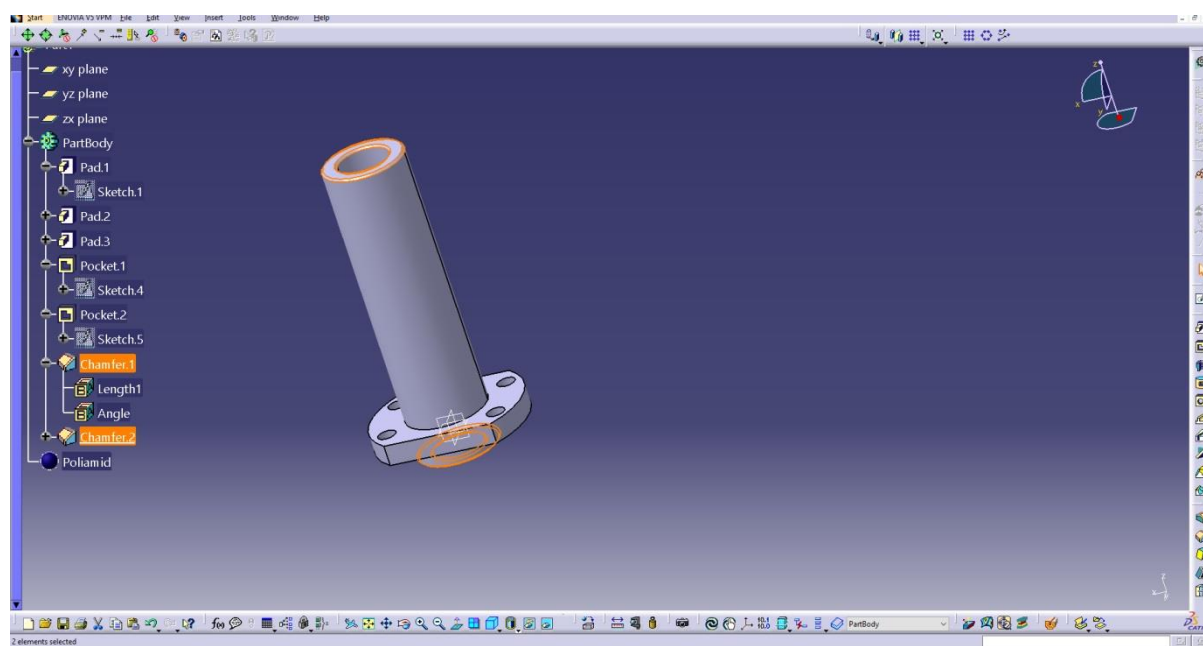
Слика 8.12. – Функцијом „Pocket“ добијамо отворе за фиксирање вођице



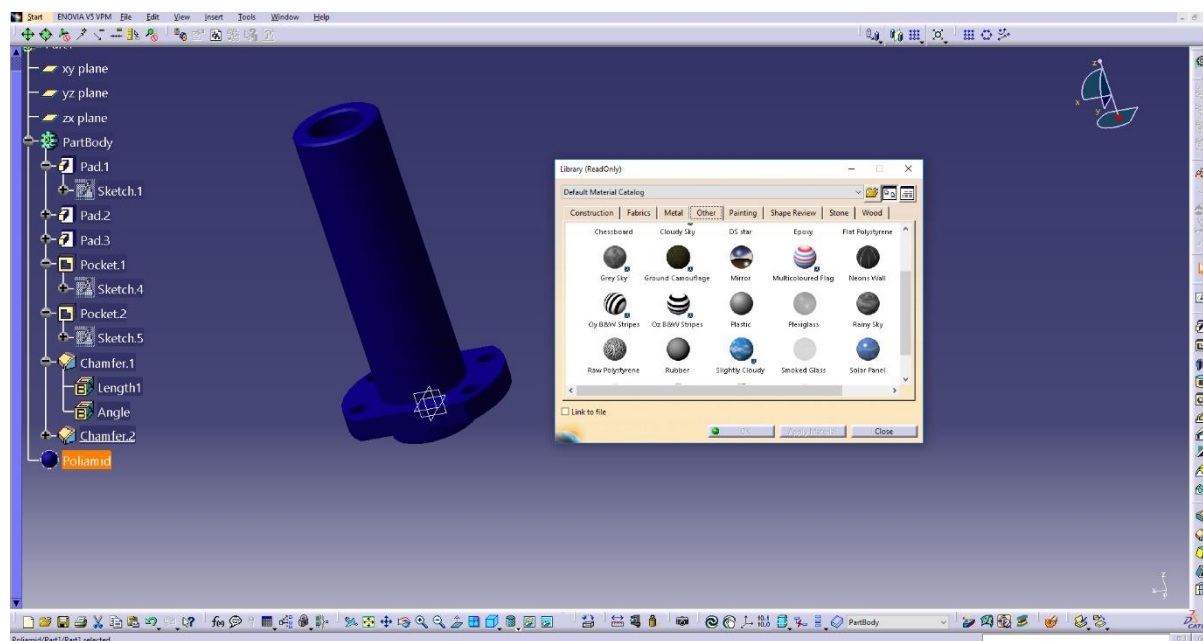
Слика 8.13. – У ваљкастом делу на горњој површини отварањем „Sketch-a“ цртамо круг пречника $\varnothing 21,2\text{mm}$



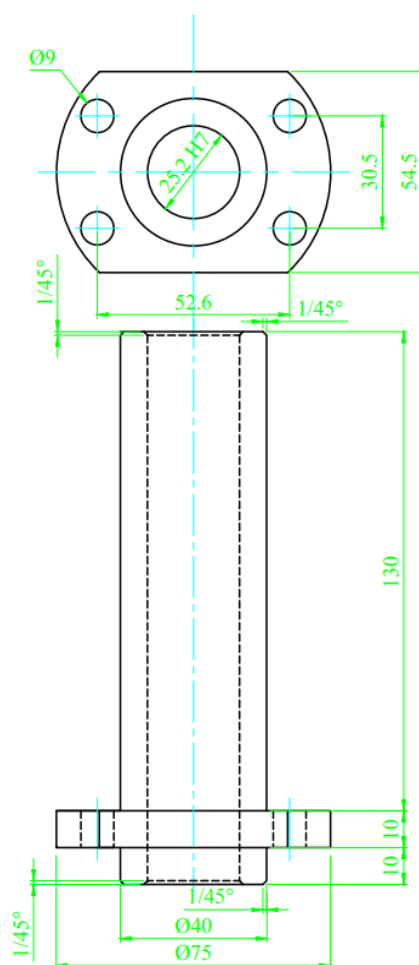
Слика 8.14. – Функцијом „Pocket“ добијамo отвор за клизач вентозе



Слика 8.15. – Функцијом „Chamfer“ оборили смо ивице 1 mm/45°



Слика 8.16. – Функцијом „Apply material“ изабрали смо материјал вођице клизача



Слика 8.17. – Технички цртеж вођице клизача вентозе

Након моделирања и прављења техничке документације, процес набавке дела може да почне. Приликом израде све мере морају бити задовољене, при чему је најважнија кота унутрашњег отвора 25.2 Н7, а такође су битни положаји отвора $\varnothing 9\text{mm}$ због саме монтаже вођице клизача вентозе на дестекеру. Овај цртеж задовољава мере уколико се део прави технологијом обраде резањем у малим серијама, уколико би се део правио технологијом бризгања, онда би на цртежу била дефинисана потребна заобљења и неопходни нагиби. У сваком случају отвор 25.2 Н7, мора накадно техничком обрадом отвора бити дорађен.



Слика 8.18. – Монтирана вођица клизача вентозе на роботу

Када готов производ од полиамида РА6 стигне у фабрику, врши се замена старих исхабаних вођица. На слици 8.18 извршена је замена старих исхабаних вођица црне боје, новим плавим вођицама, чиме се омогућује наставак производње без прекида.

9. Закључак

Од самог открића полимера па до данас њихово усавршавање и производња константно расту. Велика примена полимера и полимерних композита заступљена је у свим гранама индустрије тако и у аутомобилској индустрији, како за аутомобил и његове делове, тако и за компоненте робота, машина и других техничких ствари које су саставни део производње. У почетку су били скупи због компликоване производње, а такође нису много ни били истражени, али са усавршавањем технологије и додавањем одређених сегмената полимерима (полимерни композити) нашли су примену као основни делови за аутомобил.

Кључне предности полимера и полимерних композита у аутомобилској индустрији су:

- минилано одржавање;
- отпорност на корозију;
- само подмазивање;
- дуг век трајања;
- мала тежина;
- променљивост физичких својстава и
- јефтинији материјали од других.

Постоје и друге предности које су специфичне за поједине полимерне композите, а посебно зависе од ојачавајућих влакана која се користе.

Данас се све више тежи да се металне компоненте замене полимерима и полимерним композитима чиме се смањује тежина, која представља један од важних фактора у смањењу потрошње горива, а самим тим и смањењу загађења животне средине. У наредним годинама биће уложена огромна средства на развоју штедљивих и еколошки прихватљивих мотора и погона, одговарајућих сензора, још лакших гума, као и „LED“ светиљки и др. Све ове мере треба да допринесу смањењу укупне масе возила. Очекује се да ће развој нових и квалитетнијих полимерних материјала значајно допринети остварењу овог циља. Примена лаких полимерних материјала уместо стакла и метала у производњи се перманентно повећава.

У раду је приказан пример моделираног дела, вођице клизача вентозе који је од полиамида, како би се показало да су полимерни материјали битни не само као саставни део аутомобила, већ и компоненти, односно машина робота који учествују у самој производњи. Вођица служи да фиксира део који се трансляторно креће, при чему полиамид због својих својстава омогућава нормално функционисање.

Литература

- [1] Богдан Недић, Владислав Ђукић, „Пластичне масе“, Машински факултет, Крагујевац, 2004. године (у рукопису)
- [2] http://repozitorij.fsb.hr/4773/1/Dobrilovi%C4%87_2015_zavrsni_preddiplomski.pdf, приступљено 23.04.2018. године
- [3] Д. Адамовић, Предавања и вежбе из предмета „Машински материјали“ (предавање 10а, <http://moodle.mfkg.rs/course/view.php?id=5>), школска 2014/2015
- [4] М. Јовановић, Д. Адамовић, В. Лазић, Н. Ратковић, „Машински материјали“ – Универзитетски уџбеник, Машински факултет Крагујевац, 2003. год.
- [5] <https://masine-za-brizganje.rs/content/iapetus-serija>, приступљено 29.04.2018. године
- [6] <http://ba.screwextrudermachinery.com/plastic-extruder/twin-screw-extruder/conical-twin-screw-extruder-for-making-pvc.html>, приступљено 30.04.2018. године
- [7] <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A102/datastream/PDF/view>, приступљено 3.05.2018. године
- [8] <https://www.scribd.com/doc/64729283/Coric-Filetin-Materijali-u-Zrakoplovstvu>, приступљено 10.05.2018. године
- [9] Akovali, G.: *Handbook of Composite Fabrication*, RAPRA Technology LTD., Shawbury, Shrewsbury, Shropshire, UK, 2001.
(https://archive.org/details/HandbookOfCompositeFabrication_201507)
- [10] <https://netcomposites.com/guide-tools/guide/manufacturing/spray-lay-up/>, приступљено 10.05.2018. године
- [11] <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A102/datastream/PDF/view>, приступљено 10.05.2018. године
- [12] <https://www.scribd.com/document/36204378/Kompoziti-skripta>, приступљено 10.05.2018. године
- [13] <http://clipart-library.com/images/AcbrAqjq1.jpg>, приступљено 15.05.2018. године
- [14] <http://www.vrelegume.rs/test/plastika-u-autoindustriji/>, 16.05.2018. године
- [15] http://www.firstchoicebumpers.com/Product/BB1572__M37/GENUINE-FIAT-500L-FRONT-BUMPER, приступљено 16.05.2018. године

- [16] http://www.firstchoicebumpers.com/Product/LH4672__P46/GENUINE-FIAT-500L-REAR-BUMPER, приступљено 16.05.2018. године
- [17] <http://www.modbargains.com/f80-m3-style-front-bumper-for-non-m-bmw-f30.htm>, приступљено 16.05.2018. године
- [18] <https://www.ptonline.com/body24.jpg>, приступљено 18.05.2018. године
- [19] <https://www.mazda.co.me/Modeli/Mazda-MX-5/Mazda-MX-5-Roadster/Pregled/Specifikacije-i-cene?gallery-id=1&gallery-image-id=1006>, приступљено 17.05.2018. године
- [20] <http://www.automagazin.rs/vesti/11444/ fiat-500l-prve-fotografije-enterijera>, приступљено 16.05.2018. године
- [21] <https://www.polovniautomobili.com/auto-delovi/7367895/instrument-tabla-audi-a6>, приступљено 16.05.2018. године
- [22] <https://www.pacificmotors.com/auto-parts-shop/bmw/bmw-f30-3-series-2012-2017/dashboard-dash-instrument-panel-black-51459247992-oem-bmw-335i-m3-m4-f30-2012-17/>, приступљено 16.05.2018. године
- [23] <http://www.te.com/global-en/products/connectors/automotive-connectors.html>, приступљено 16.05.2018. године
- [24] <https://www.magna.com/capabilities/vehicle-engineering-contract-manufacturing/product-services/fuel-systems>, приступљено 16.05.2018. године
- [25] <https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-resources/popular-topics/soy-bean-car/>, приступљено 20.05.2018. године
- [26] <https://www.conceptcarz.com/z20937/stout-scarab-experimental.aspx>, приступљено 20.05.2018. године
- [27] <http://www.forgottenfiberglass.com/fiberglass-car-marques/vale/the-maverick-sportster-debuts-in-1952-%E2%80%93%E2%80%9Cthe-largest-fiberglass-body-yet-constructed%E2%80%9D/>, приступљено 20.05.2018. године

[28] <http://corvettestory.com/1953-Corvette-C1-First-Year-Modest-Beginnings.php>,
приступљено 20.05.2018. године

[29] <http://www.microcarmuseum.com/tour/messerschmitt-kr175.html>, приступљено
20.05.2018. године

[30] <https://rmsothebys.com/en/auctions/BW13/The-Bruce-Weiner-Microcar-Museum/lots/r103-1953-messerschmitt-kr-175/286184>, приступљено 20.05.2018. године

[31] [https://en.wikipedia.org/wiki/Troll_\(automobile\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Troll_(automobile)), приступљено 20.05.2018. године

[32] https://en.wikipedia.org/wiki/DKW_Monza, приступљено 20.05.2018. године

[33] https://sh.wikipedia.org/wiki/Ponovno_ujedinjenje_Njema%C4%8Dke, приступљено
20.05.2018. године

[34] <http://classiccarlabs.com/2015/11/19/a-ride-in-a-1967-trabant/>, приступљено
20.05.2018. године

[35] <https://en.wikipedia.org/wiki/Trabant>, приступљено 20.05.2018. године

[36] <https://www.racefans.net/2011/07/03/mclaren-mp41-carbon-fibre-revolutionary/>,
приступљено 20.05.2018. године

[37] https://en.wikipedia.org/wiki/Pontiac_Fiero, приступљено 20.05.2018. године

[38] www.supercars.net/Pics?p=1994_McLaren_F1-0&v=y&s=c&id=1177&res=y,
приступљено 20.05.2018. године

[39] <https://www.bannerengineering.com/sg/en/industries/automotive/press-shop-and-stamping.html>, приступљено 27.05.2018. године

[40] <https://plastplus.pl/wp-content/uploads/2018/01/zebatki-z-poliamidu.jpg>, приступљено
27.05.2018. године