



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машински материјали

Број индекса: 112/2016

Стефан М. Самчовић

Примена полимерних материјала у аутомобилској индустрији

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Драган Адамовић, ред. проф., ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да да преглед развоја и употребе полимерних материјала у аутомобилској индустрији. На почетку дати историјски развој полимерних материјала. У даљем делу рада описати њихову класификацију и својства, као и методе добијања. На крају дати примере примене полимерних материјала у аутомобилској индустрији и описати перспективе њиховог развоја.

Оквирни садржај рада:

1. Увод,
2. Полимерни материјали,
3. Примена полимерних материјала у аутомобилској индустрији,
4. Закључак и
Литература.

Препоручена литература:

- [1].Peters, I.: Handbook of composites, Chapman & Hall, London, 1998.
- [2].Mangino, E.: The future use of structural composite materials in the automotive industry, Torino, 2007.
- [3].A.P.M.E: A material of choice for automotive industry, Brisel,1999.
- [4].Marvel, C.S.: An Introduction to the Organic Chemistry of High Polymers. John Wiley
- [5].Mark,H. F., N.M. Bikales: Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Wiley and Sons, New York,1964.
- [6].Jovanović, M, Adamović, D. i drugi, Mašinski materijali, Kragujevac, 2003.

Ментор:

Крагујевац, 13.05.2019.

Др Драган Адамовић, ред. проф.

Резиме

У оквиру овог завршног рада описан је историјски развој полимерних материјала, а затим су описани и процеси добијања и прераде полимерних материјала. Након тога извршена је подела и означавање полимерних материјала, а затим су наведене врсте полимерних материјала. У даљем раду описане су различите врсте адитива и утицај који адитиви имају на полимерне материјале. Кроз даљи рад описана су различита својства полимера и утицај који они имају на животну средину. У завршној тачки дати су примери примене полимерних материјала у аутомобилској индустрији.

Кључне речи: Аутомобилска индустрија, полимерни материјали, методе добијања полимерних материјала, карактеристике полимерних материјала.

Abstract

This paper describes the historical development of polymeric materials, and then describes the processes for the production and processing of polymeric materials. Subsequently, the polymer materials were separated and labeled, and then the types of polymer materials were listed. The following describes different types of additives and their effect on additives to polymeric materials. Further work describes the different properties of polymers and their environmental impact. The final point gives examples of applications of polymeric materials in the automotive industry.

Key words: Automotive industry, polymeric materials, methods of obtaining polymeric materials, traits of polymeric materials.

Садржај

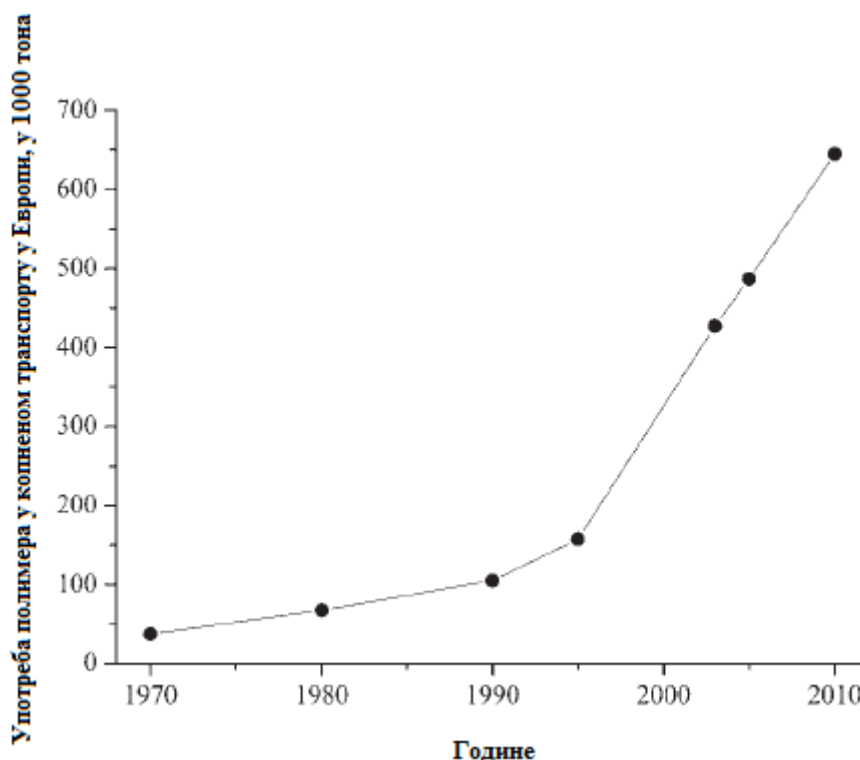
1. Увод.....	1
2. Полимерни материјали	3
2.1. Историјски развој	7
2.2. Добијање и прерада полимерних материјала.....	10
2.2.1. Прерада полимерних материјала	13
2.2.2. Полимерни композити	17
2.3. Подела и означавање полимерних материјала	18
2.4. Врсте полимерних материјала.....	23
2.4.1. Полиетилен (PE).....	24
2.4.2. Полипропилен (PP)	25
2.4.3. Поливинил хлорид (PVC)	27
2.4.4. Поликарбонат (PC).....	28
2.4.5. Полистирен (PS).....	29
2.4.6. Полиетилен терефталат (PET).....	30
2.4.7. Полиамид (PA, PA 6,6, PA 11,PA 12)	30
2.4.8. Полиметил метакрилат (PMMA)	31
2.4.9. Полисулфон (PSU) и Полифенил сулфид (PPS)	31
2.4.10. Полиоксиметилен (POM) и полиуретан (PUR).....	32
2.4.11. Полибутилен-терефталат (PBT).....	33
2.5. Додаци полимерним материјалима.....	33
2.5.1. Додаци за прераду	34
2.6. Особине полимерних материјала	36
2.6.1. Топлотне особине полимерних материјала	36
2.6.2. Механичке особине полимерних материјала	40
2.6.3. Електричне особине полимерних материјала	43
2.6.4. Хемијске особине полимерних материјала	44
2.7. Полимерни материјали и животна средина	47
3. Примена полимерних материјала у аутомобилској индустрији	50
4. Закључак.....	59
Литература	60

1. Увод

Аутомобилска индустрија представља једну од најстаријих индустрија,и уједно представља најзаступљенију индустрију у свету. Такав резултат уследио је после другог светског рата када је аутомобилска индустрија доживела велики напредак. Жеља за бољим дизајном и даљим усавршавањем резултирало је проналаском квалитетнијих и доста отпорнијих материјала тзв. полимерних материјала [1].

Полимерни и слични материјали брзо су заузели одговарајуће место при употреби материјала у аутомобилској индустрији. Примена полимерних материјала утицала је на унапређење дизајна и развоја производа који су садржали полимерне материјале. Избор материјала је један од значајнијих фактора при планирању процеса производње. Током година коришћења, примена полимерних материјала у аутомобилској индустрији постала је тренд који је као резултат нудио ефикасније рециклирање полимерних материјала [1].

Раније је већина производа у аутомобилској индустрији била израђена од разних метала и легура метала, док се данас све више користе полимерни материјали. На пример, колико су полимерни материјали заступљени при изради производа у аутомобилској индустрији говори нам податак да је забележен пад од 9% у употреби гвожђа и челика у просечној маси возила. Од 1990. године просечну масу возила чини чак 70% гвожђа и челика, током година развоја на материјалима и применом полимерних материјала учешће гвожђа и челика се смањило на 65%. Данас се тај удео гвожђа и челика у просечној маси возила смањило на 61 %. На следећој слици може се видети пораст употребе полимерних материјала у копненом транспорту [1].



Слика 1.1 Пораст примене полимерних материјала у копненом саобраћају [4]

Технолошки напредак у виду полимерних материјала показао се као одличан у погледу економичности како самог процеса производње тако и експлоатације аутомобила који су садржали полимерне материјале. Употреба полимерних материјала је у почетку била ограничена и управо због те ограничености су се користили на одређеним компонентама аутомобила, касније су донели доста бенефита аутомобилској индустрији кроз уштеду на самој маси возила што је даље повукло и нижа инвестициона улагања у сам производни процес [2].

Године 1953. појавио се аутомобил *Chevrolet Corvette* чија је шасија од полиестера била ојачана стакленим влакнима, затим је 1957. године уследио прелазак на полимерне композите са биљним влакнима производњом *Trabant* аутомобила. Даљим усавршавањем полимерних материјала обим производње и примене таквих материјала се повећавао, затим су се полимерни материјали користили за израду носача хладњака, за израду пнеуматика и лиснатих опруга [2].

Данас постоји велики број делова који су направљени од полимерних материјала. Нагласак је стављен првенствено на профит али и на заштиту животне средине и управо из тог разлога врше се бројна истраживања и употреба полимерних материјала расте. За моделе где цена није ограничавајући фактор користе се угљенична влакна која представљају велико технолошко унапређење самих полимера [2].

2. Полимерни материјали

Полимерни материјали представљају посебну групу материјала који данас налазе веома широку употребу не само у аутомобилској индустрији већ и у другим гранама индустрије као што су: авио, електро, текстилна, пољопривредна, прехранбена и многе друге као што се може видети на слици 2.1.



Слика 2.1 Дијаграм примене полимера у различитим гранама индустрије [23]

Проблеми који се постављају савременој аутомобилској индустрији захтевају од аутомобилске индустрије да одговори на бројне захтеве који постављају потрошачи те индустрије односно возачи. Возачи захтевају аутомобиле чије ће возне и друге карактеристике бити на завидном нивоу: снага, обртни момент, брзина, дизајн, цена, комфор и сигурност. Ове карактеристике представљају само неке од бројних захтева које аутомобилска индустрија мора да испуни. Развојем науке и усавршавањем неких техничких решења достигао се ниво са којег је могуће испунити све претходно наведене захтеве и још много других захтева. Полимерни материјали представљају једино могуће решење које има одговор на напоменуте захтеве [3].

Полимерни материјали представљају супстанце које су настале међусобним повезивањем тј. хемијском реакцијом мономера која се другачије назива полимеризација.

Технолошке иновације полимерних материјала су кључна карактеристика у континуалном развоју и употреби полимера у аутомобилима. Данас, они пружају вишекомпонентна и прилагођенија решења за многе захтеве, при том замењујући традиционалније и теже материјале у процесу израде [3].

Употребом полимерних материјала откривено је да они нуде широку могућност примене при изради аутомобила, примена полимерних материјала утицала је на продужење животног века аутомобила тако што су поједини делови од лима замењени полимером и на тај начин је знатно смањен утицај корозије [3].

Због слободе при дизајну облика коју полимери нуде, они представљају материјале који су атрактивни дизајнерима. На основу таквог сазнања челници *Mercedes-Benz* одлучили су да замене стакло у светлима њихових аутомобила са полимерним материјалом јер полимер представља отпорнији и еластичнији материјал, то се може видети на слици 2.2 [3].



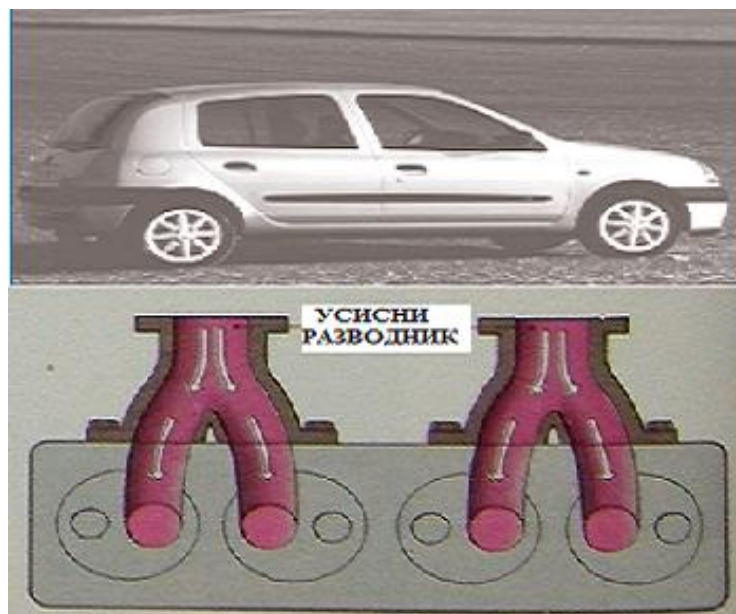
Слика 2.2 Светла од плексигласа [3]

Поред естетских и економичних захтева, постоје и други захтеви који се постављају пред аутомобиле, а један од њих је сигурност. И на пољу сигурности полимерни материјали имају високе оцене. Захваљујући њиховој снази и издржљивости полимерни материјали обезбеђују битне сигурносне карактеристике од апсорбције удара приликом активирања ваздушних јастука, преко заштите од бочних удара до заштите коју нуде кроз коришћење сигурносних појасева [3].

Пример колика свестраност полимерних материјала може бити и у коликој мери они могу утицати на разне карактеристике аутомобила говори податак да је француска фабрика *Renault* у свом моделу *Clio* извршила оптимизацију одређених делова како би у потпуности искористила ову предност полимера.

Применом полимерних материјала на напоменутом моделу дошло је до уштеде од 10% укупне тежине што је аутоматски повукло повећану отпорност система за амортизацију удара приликом кретања возила. Такође, код овог модела омогућили су бољи дизајн усисног разводника и тако још додатно утицали на економичну потрошњу горива (слика 2.3) [3].

Улога усисног разводника је да убрза стварање тзв. бензинске паре у цилиндрима мотора и да смешу равномерно расподели на све цилиндри.



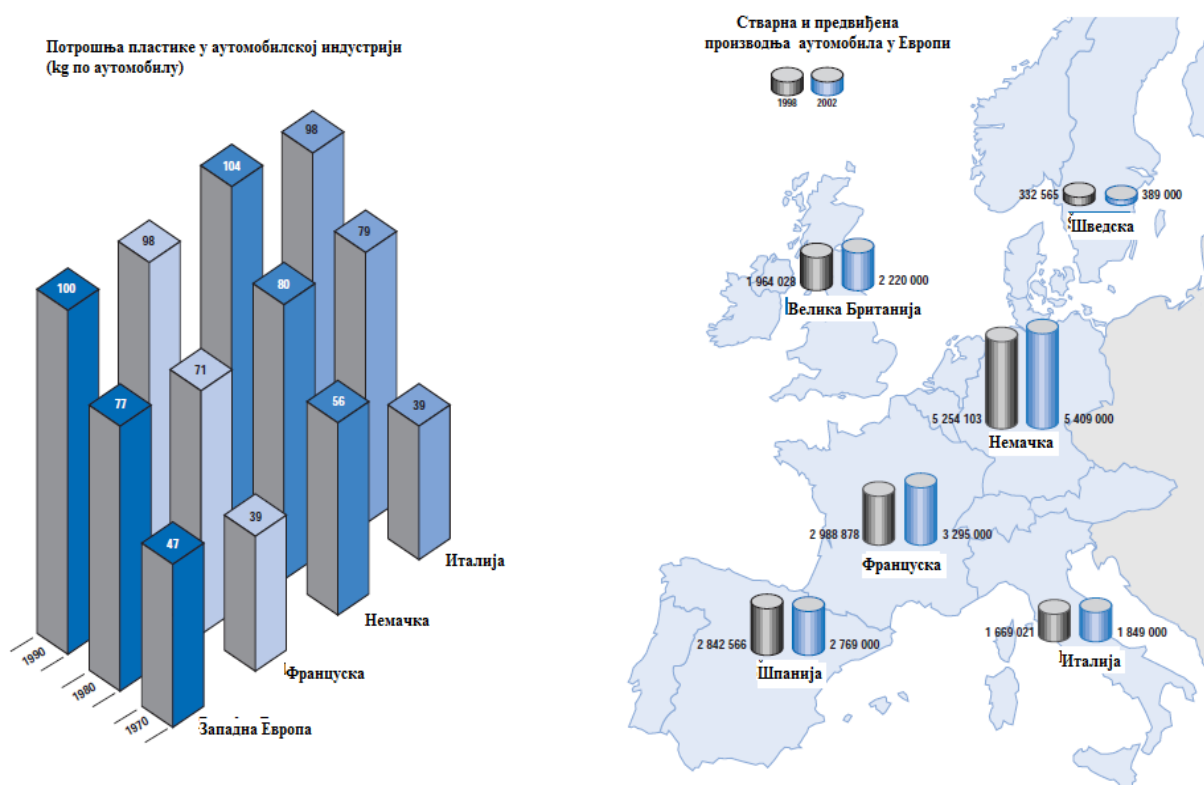
Слика 2.3 Приказ усисног разводника и модела „Renault Clio“ [3]

Пошто полимери представљају најпогоднији материјал за уштеду при изради аутомобила, њихова употреба при дизајнирању аутомобила доводи до уштеде природних богатства Земље и на тај начин утиче на животну средину. Већа употреба полимера је од

виталног значаја при остваривању основних циљева данашњих фабрика аутомобила, а то је да се производе све више енергетски ефикаснији аутомобили. Технолошке иновације које нуде полимерни материјали се огледају у изради лакших, и јачих пластичних делова који теже да нађу што већу примену у модерним аутомобилима.

Упркос њиховој широкој употреби, природни ресурси који су потребни за производњу аутомобилске пластике представљају само 0,3% глобалне потрошње нафте. У исто време, уштеда на тежини која се постиже употребом полимера је око 100 kg пластике, та количина у модерном аутомобилу замењује 200 kg до 300 kg традиционалних материјала. Овај податак нам говори колико су полимери утицали на смањење потрошње горива у просечном аутомобилу. Додатне рачунице сугеришу да се тиме смањује потрошња нафте за 12 милиона тона и према томе такође се смањује присуство штетних гасова CO_2 за 30 милиона тона годишње у западној Европи [3].

У '70 –им годинама прошлог века, тренд широке примене полимера није заобишао ни немачке произвођаче аутомобила. Сходно томе, немачки произвођачи користећи око 40% више полимера у просечном аутомобилу од италијанских и француских произвођача су били далеко испред својих конкурената. Пратећи тај тренд италијански произвођачи аутомобила користили су све више полимерне материјале у дизајну својих аутомобила. До '90 –их година, произвођачи у овим земљама су усвојили велики број сличних техника при коришћењу полимера, тако да су полимери током неколико деценија постали незаобилазни материјали у производњи аутомобила (слика 2.4).



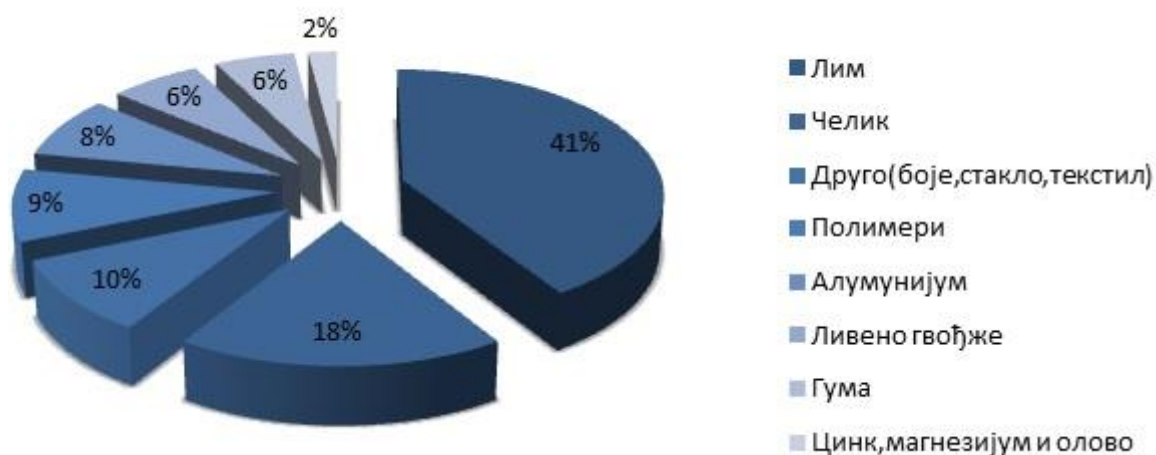
Слика 2.4 Примена пластике током година у западној Европи [3]

Данас савремени аутомобили садрже више полимерних него традиционалних материјала. Ипак, захваљујући малој тежини полимерних материјала, од целокупног аутомобила полимерни материјали чине само 9,3% или 105 kg од укупне тежине [3].

Поред велике примене полимера, постоје одређени материјали који се и данас користе у великој мери при изради аутомобила (слика 2.5). Различити типови полимера користе се у преко 1000 делова свих облика и величина од пластичних плоча и резервоара за гориво до решетке хладњака. Сваки полимер се може прилагодити условима који захтевају прецизне техничке, сигурносне, економске, еколошке и естетске спецификације.

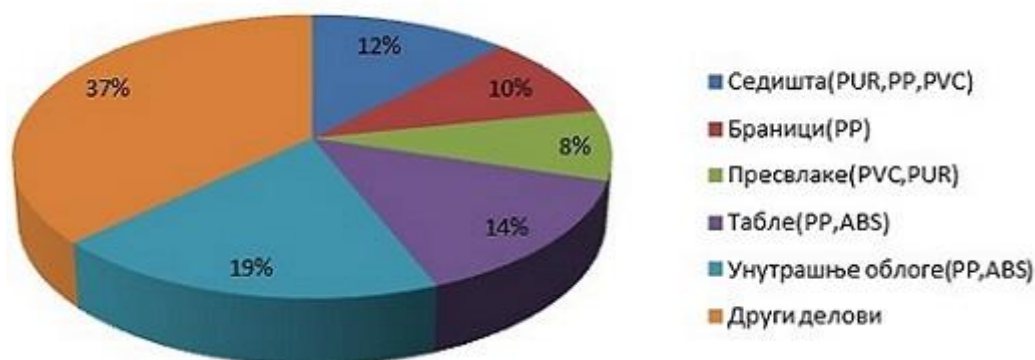
Табела 2.1 Примена различитих врста полимерних материјала

Делови	Типови полимера	Просечна тежина у kg
Браници	PP, ABS, PC	10.0
Седишта	PUR, PP, PVC, ABS, PA	13.0
Инструмент табла	PP, ABS, PA, PC, PE	15.0
Систем за убризгавање	PE, PA, POM, PP	7.0
Каросерија (панели)	PP, PPE, PU	6.0
Компоненте испод хаубе	PA, PP, PBT	9.0
Унутрашње облоге	PP, ABS, PET, POM, PVC	20.0
Електричне компоненте	PE, PP, PBT, PVC, PA	7.0
Спољашње облоге	ABS, PBT, ASA, PP, PA	4.0
Светла	PP, PC, UP, ABS, PMMA	5.0
Пресвлаке (тапацир)	PVC, PUR, PE, PP	8.0
Друго	PP, PE, PA	1.0
Збир		105



Слика 2.5 Приказ различитих врста материјала у аутомобилу [3]

Користећи полимере, произвођачи су успели да смање време и трошкове монтаже одређених делова возила. Делови као што су браници, странице блатобрана, пресвлаке и контролне плоче сада се могу обликовати као појединачни делови. Док су у прошлости ови делови били прављени од традиционалних материјала (слика 2.6).



Слика 2.6 Примена полимерних материјала у одговарајућим деловима аутомобила [3]

Захваљујући полимерним материјалима аутомобиле које данас видимо су веома брзо развијени, њихов развој донео је доста бенефита нудећи високе перформансе, чистију вожњу по животну средину и напредне функције безбедности.

Полимерни материјали све више замењују метал испод хаубе. На пример, пластична кућишта пригушнице су 40% лакша од њихових алуминијумских копија и коштају до 40% мање (слика 2.7).



Слика 2.7 Приказ пригушнице [3]

Како се аутоиндустрија буде развијала и прилагођавала, производи које аутомобилска индустрија нуди биће прилагођени индивидуалним захтевима. Производиће се аутомобили различитих димензија, карактеристика и облика. Разноврсност и флексибилност који полимерни материјали нуде, утичу на сазревање аутомобилске индустрије дајући јој велики број одговора на различите захтеве корисника односно возача [3].

Полимерни материјали у многome ће утицати на смањење тежине савремених аутомобила. Резултат уштеде на маси возила огледаће се у економичности аутомобила као и у њиховом утицају на животну средину. Како се аутоиндустрија буде развијала, аутомобили који се буду производили не могу се замислити без примене полимерних материјала у самој сржи процеса производње.

Полимерни материјали у аутомобилској индустрији и даље ће значајно утицати на производњу бољих, сигурнијих и енергетски ефективнијих аутомобила. Индустрија полимерних материјала уско је повезана са аутомобилском индустријом и резултат те повезаности се огледа у константном напретку аутомобилске индустрије. Данас смо сви сведоци колико је аутомобилска индустрија флексибилна по питању захтева њених корисника.

2.1. Историјски развој

Полимерни материјали су пронашли примену у аутомобилској индустрији још од 50-их година прошлог века. Већ је тада основни циљ примене полимерних материјала био јасан, а то је да се искористе предности које полимерни материјали нуде: мала маса делова, мала инвестициона улагања у процес производње, а самим тим и смањење трошкова уједињавањем делова, задовољавајућа механичка својства, антикорозивност и многе друге. Поред предности који полимерни материјали нуде јавили су се и одређени недостаци, али кроз дуги низ година примене полимерних материјала предности су превагнуле над недостацима као што су виша цена потребних састојака, избегавање нових и недоказаних материјала те тешкоће у великосеријској производњи [4].

Полимерни материјали који се користе за јефтинију примену састоје се од пластомерне или дуромерне матрице пуњене стакленим влакнима. Често такви полимери,

ради ниже цене, садрже и честице минералних пунила. Данас се стаклена влакна полако замењују јефтинијим влакнима биљног порекла. Полимери који се користе за конструктивна решења где цена није ограничавајући фактор укључују обogaћена угљенична влакна и епоксидне смоле.

Полимерни композити појавили су се у аутомобилима убрзо након завршетка другог светског рата. Употреба им је у почетку била ограничена на мале и споредне компоненте. Велики корак у развоју полимерних материјала уследио је после 1953. године када је као што је већ речено *Chevrolet Corvette* произвео аутомобил који је у својој каросерији имао полимерне материјале [4].

У касним 1970- тим годинама због потребе за мањом масом аутомобила развијене су многе нове примене полимерних материјала те је њихова употреба знатно повећана. Полимерни композити, који су до тада углавном налазили примену код естетских делова, касније су почели да се користе као материјал за структурне компоненте.

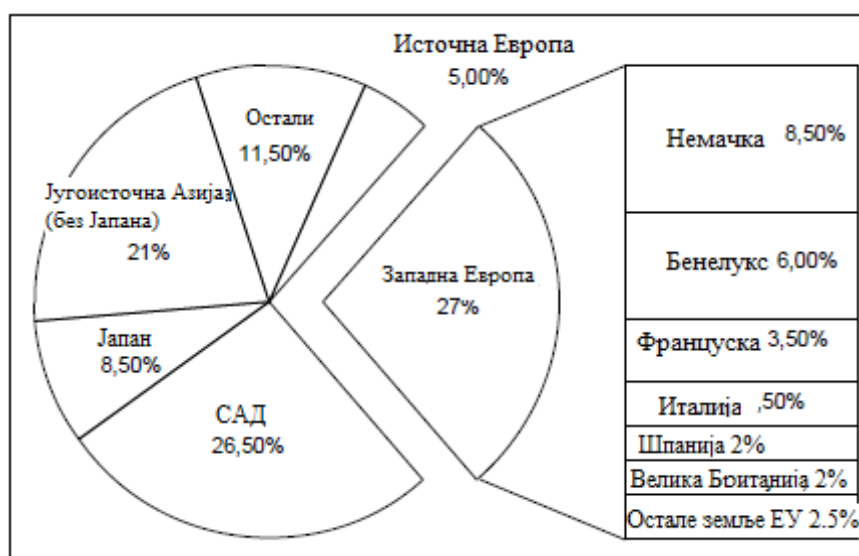
Индустријска производња пластичних делова почела је средином 19. века прерадом целулозе и казеина. Средином 20. века долази до битнијих проналазака након којих се пластичне масе почињу користити као инжењерски материјали [4].

Открићем бакелита, који представља синтетичку смолу, започиње масовна производња термореактивних пластичних маса. Деривати бакелита укључујући фенолне смоле се и данас користе за производњу делова у електронској индустрији (сијалична грла, облоге за разводнике...) [4].

До наглог развоја термопласта долази тек након 1920. године захваљујући радовима Штаудингера. Његова поставка хипотезе о макромолекулским једињењима у којој се по први пут након Бошковића помиње молекулска структура пластичних маса као дугачких ланаца, доводи до проучавања полимера које траје и данас [5].

Други веома значајан корак који је довео до повећања обима истраживања у области полимера десио се педесетих година 20. века, преласком са угља на нафту као базне сировине и почетком искоришћавања алканске фракције односно поступка уз помоћ којег се добијају неке од врста полимера као што су: полипропилен (PP), полиетилен (PE), полистирен (PS) и поливинил хлорид (PVC).

Земље које доминирају у потрошњи термопласта су САД са око 25% од укупне светске потрошње. Међутим, највећи потенцијал пораста потрошње у следећим годинама биће у земљама Југоисточне Азије али и у земљама Источне Европе и Јужне Америке. На следећој слици је приказана производња полимерних материјала за 1999. годину. Оно што се може закључити проучавајући развој полимерних материјала кроз историју је то да ће се све више употребљавати полимерни материјали (слика 2.8).



Слика 2.8 Производња полимера у 1999. години [24]

Први полимерни полусинтетички производ, целулозни нитрат, произведен је први пут 1845. (*C. F. Schonbein*), убрзо затим је отпочела производња 1868. године. Целокупни процес саме производње унапредио је амерички инжењер *John Wesley Hyatt* 1870. године, када је употребио камфор, смоласту материју, као одређену врсту омекшивача и тако добио целулоид. Уместо нитрата, 1927. године представљен је целулозни ацитет, чија се предност огледала у мањој запаљивост, као такав материјал нашао је примену у производњи филмова и сл.

Много пре 1927. године представљен је први синтетички полипласт, којег је открио амерички хемичар и проналазач *Leo Hendrik Baekeland* који је 1907. године реакцијом фенола и формалдехида, а затим умрежавањем насталих фенолформалдехидних смола добио прву негориву пластику универзалне примене. У својих 119 патената описао је његово добијање, модификације и начин примене. Ова врста материјала пронашла је примену као изолациони материјал у електричним уређајима. Тај материјал и данас проналази своју употребу у многобројним електронским и електричним уређајима под називом бакелит [6].

Године између 1930-тих и 1940-тих, представљају године почетка производње полипласта као што су: полистирен, полиетилен, поливинил хлорид и поли (метил-метакрилат) који су по обиму производње чак и данас међу водећим у свету.

Фазни прелазак из течне у гасовито стање или тзв. кондензација урее и формалдехида први је описао *B. Tollens*, 1884. године. Велики број патената о производњи уреформалдехидне смоле појављује се тек после 1918. године у истраживањима великог броја научника као што су: *H. John* (1918), *H. Goldschmidt* и *O. Neus* (1921.), *F. Pollak* (1923), *K. Ripper* (1923) и *E. C. Rossiter* (1924). Производња уреформалдехидне смоле почиње тек 1928. и сам процес производње условио је њен развој све до 1933. године [6].

Целокупни процес од проналаска до производње уреформалдехидне смоле поставио је темеље за даља истраживања за ову врсту полимерних материјала, тако да су први пенасти производи почели да се појављују 1958. године док остала производња других врста аминопластичних смола почиње касније. Анилинформалдехидне смоле које се користе за пресовање појављују се на тржишту 1933. године [6].

Полимерни материјал који је од свог открића па све до данас утврдио место међу полимерним материјалима који се користе у аутомобилској индустрији је епоксидна смола. Епоксидна смола је први пут произведена у Немачкој око 1930. године, иако је још у годинама пре производње била предмет проучавања и анализирања многих истраживача и научника, упркос тим истраживањима нису могли да је искористе за производњу.

У САД је проналазач *S. O. Greenlee* 1939. године добио епоксидну смолу хемијским једињењем незасићених масних киселина и алкохола. Своја даља истраживања описао је у 40 патената, што је поставило темеље америчке производње епоксидних смола.

Француски хемичар *H. V. Regnault* након истраживања и прикупљања података, описао је реакцију која винил хлорид претвара у полимер односно поливинил хлорид или тзв. „PVC“. Ову реакцију детаљно је истражио *E. Baumann* 1878. године. [8]

Индустријска полимеризација у емулзијама отпочела је 1931. године у Немачкој, у фабрици *G-Farbenindustrie*, а поступак о овом процесу је такође развијен у Франкфурту 1935. године. Године 1956. француска компанија *Pechiney* почела је са извођењем полимеризације у маси, након чега долази до великог развоја на области степенасте полимеризације која припада америчком хемичару *W. H. Carothers* у компанији *Du Pont*. Убрзо након тога 1938. године отпочела је производња поли-хексаметилен-адипамида под називом најлон [7].

Енглески истраживачи *W. Fawcett* и *R. O. Gibson*, произвели су 1933. полиетилен загревањем етилена на високом притиску уз присуство трагова кисеоника као иницијатора или главног покретача целе реакције. Био је то полиетилен ниске густине. Након утврђених истраживања прва проивводња започела је 1939. године у Ици (Хрватска) [7].

У почетку ова врста полимерних материјала служила је као изолациони материјал у радарским уређајима. Упоредо са напоменутим развијањем, у Америци компанија *Union Carbide* је развила сопствени процес спајања етилена у цевном реактору, а током година другог светског рата на основу ових истраживања овај поступак је изведен и у Немачкој [7].

Америчка компанија *Union Carbide* је 1977. објавила откриће које се огледа у процесу добијања полиетилена у гасној фази где при процесу ниског притиска долази до полимеризације тј. спајања етилена и виших алфа-олефина. Добијен је полимерни материјал са линеарним макромолекулима са правилним распоредом кратких бочних ланаца, због овога је добио назив линеарни полиетилен ниске густине [7].

Први је полиетилен-гликол-малеат саставио *D. Worlander* 1894. године, а целокупни процес полимеризације незасићених полиестера у свом раду описао је *W.H. Carotherc* 1929. године. У Америци производња полиестерских смола почиње 1941. године, захваљујући истраживачким резултатима компаније *Elis-Foster*, а њихова је истраживања нашла су примену када су *G. Slater* и *J. H. Thomas* та истраживања применили у производњу стаклених влакана која су послужила као ојачивачи [10].

После другог светског рата производња незасићених полиестера шири се у Европи: у Енглеској 1946, у Немачкој 1950. године. У Југославији производња незасићених полиестера почиње 1959. у Хромосу (Загреб) и у HINS-у (Нови Сад).

Након другог светског рата дошло је до наглог развијања индустрије полимерних материјала, највише захваљујући развоју петрохемије, јефтиним полазним сировинама и енергији. Једно од највећих открића на том подручју постигао је *K. Ciegler* у институту *Max Planck* 1950. године. Његово откриће базирало се на катализаторима коју су извели полимеризацију на веома завидном нивоу, полимеризација се извела при ниском притиску и температури и добијени су неочекивани резултати, добијен је полиетилен високе густине. Први такав поступак развио је *A. Zletz* у Америци, у компанији *Standard Oil Co.*, након тога уследили су поступци *J. P. Hogana* и *R. L. Banksa* (*Standard Oil Co.*, Америка). Након октића полиетилена високе густине, процес којим се добија такав полиетилен је усавршен и прилагођен за добијање многих стереорегуларних полимера, због таквог открића 1963. године научницима *K. Ciegler* и *G. Natto* добили су нобелову награду [7].

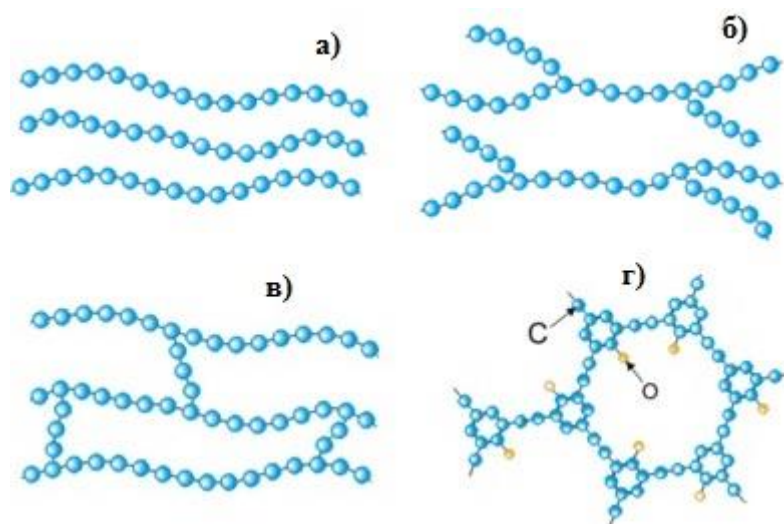
Након постављених темеља, ова врста катализатора је почела да се користи за пороизводњу полиетилена, а самом употребом катализатора дошло је и до његовог усавршавања, развој ових катализатора омогућио је италијански хемичар *Guilio Natta* у Монтекатини Терму граду у средишту Италије. Прва производња полипропилена почела је 1957. у компанији *Montecatini*.

Захваљујући научним радовима на синтези поликарбоната на основу бисфенола (*H. Schnell, L. Bottenbruch, H. Krimm*, 1956. године и *D. W. Fox i E. P. Goldblum* 1957. године), производња овог поликарбоната почиње у Немачкој, у фирми *Bayer* 1958 године. [7]

Полиокси-метилен се производио 1959. У фабрици *Du Pont* (САД), а 1963. у *Farbwerke Hoechst* (Немачка). Полифенилен-оксид је познат од 1960. године, а на тржишту је од 1964. године. Полифенилен-сулфид 1964. године представила је компанија *Don Chemical Co.* али са његовом комерцијалном производњом почела је компанија *Phillips Petroleum Co.* 1973. године [7].

2.2. Добијање и прерада полимерних материјала

Полимерни материјали представљају материје односно макромолекулска једињења која су изграђена од великог броја основних јединица односно мера. Међусобно су повезани ковалентним везама, везама које се образују између атома неметала, стварајући заједничке електронске парове. Почетне јединице које учествују у синтези макромолекула се називају мономерни. При процесу полимеризације долази до формирања различитих типова структуре полимера (слика 2.9).



Слика 2.9 Структура полимера: а) Линеарна, б) Разграната, в) Попречно везана и г) Умрежена [29]

Пошто сама реч полимерни материјали говоре о полимеризацији материјала што у преводу значи међусобно спајање истих, на основу тога за добијање ових материјала потребно је имати неке полазне сировине. Што се тиче полимерних материјала они се добијају из три сировине, а то су: земни гас, нафта и угаљ. Између напоменутих полазних сировина долази до физичких и хемијских процеса који стварају одређене органске хемикалије које се даље кроз процес полимеризације међусобно спајају стварајући синтетичке полимере односно тзв. грубу верзију полимерних материјала, даљом обрадом добијамо финални „производ“ односно полимерни материјал. Шема описаног процеса приказана је на слици 2.10.



Слика 2.10 Шематски приказ процеса добијања полимерних материјала [29]

Као што се може видети са претходне слике 2.10, полимерни материјали се могу добијати из сировина минералног порекла (нафта, земни гас и угаљ). Такође поред полазних сировина минералног порекла, полимерни материјали се могу добијати и из сировина органског порекла (биљног и животињског порекла).

Под физичким и хемијским процесима се подразумевају процеси као што су оксидација, филтрирање, центрифугирање и дестилација. Сви ови процеси као што је већ речено, користе основне сировине за добијање органских хемикалија - мономере, као што је нпр. етилен, винил хлорид и сл. [11].

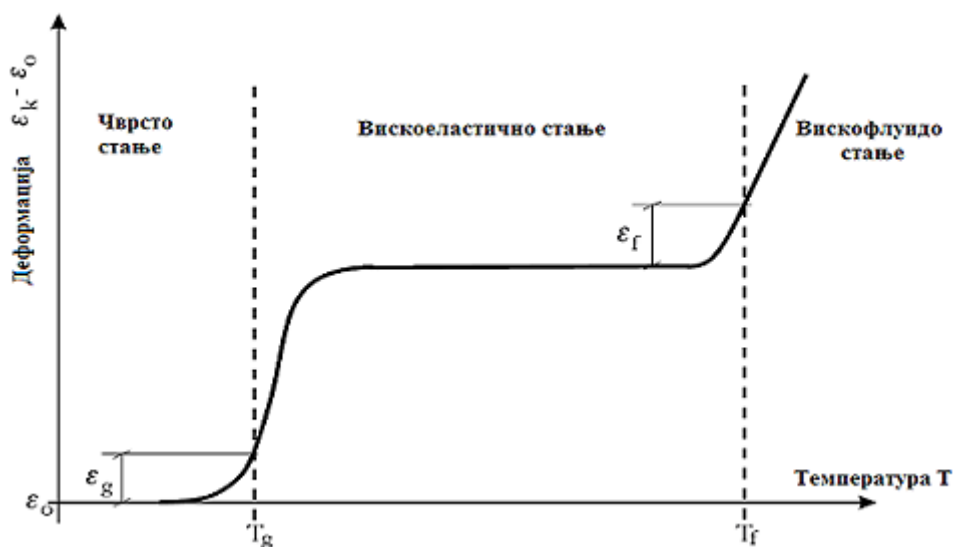
Полимеризација се састоји од низа хемијских процеса синтезе мономера и може се рећи да постоји више начина полимеризације. Начини односно врсте полимеризације су описани у поглављу 2.3. Сложен процес као полимеризација може почети једино када се основној маси дода тзв. иницијатор или покретач (хемикалија) целокупног процеса која ствара процес синтезе.

Када је реч о процесима обраде или завршне обраде уз помоћ које полимерни материјали добијају завршни изглед оно што је карактеристично за тај процес је то што се изводи на одређеној температури на којој се мења надмолекулска структура и структура макромолекула.

Уопштено, супстанца може постојати у три агрегатна стања: гасовито, течно и чврсто. Оно што карактерише гасовито стање је велика покретљивост молекула и велика удаљеност између њих. Затим чврсто стање карактерише ниска покретљивост и мала међусобна удаљеност између молекула.

Као што је већ речено, фазна стања у којој супстанца може бити су: гасовито, течно и чврсто. Свако од ових стања поседује различите термодинамичке карактеристике атома у молекулу и различит молекуларни распоред. Полимери могу постојати само у чврстом и течном агрегатном стању што нам аутоматски говори да полимер не може постојати у гасовитом агрегатном стању. Разлог овог закључка је то да је температура кључања увек виша од температуре разлагања полимера.

Чврсто агрегатно стање - карактерише раст атомске удаљености у молекулу и кретање споредних атомских редова у правцу деловања силе. Овај феномен се назива променом дужине валентних веза и углова. После престанка дејства силе, атоми се враћају у првобитни положај (понашање карактеристично еластичним деформацијама). Тако су деформације полимера у чврстом агрегатном стању истог типа као деформације које се јављају при употреби полимерних материјала (стакло, бетон...). Деформације се јављају тренутно и прате Хуков закон (слика 2.11) [11].



Слика 2.11 Термомеханички дијаграм тренутне еластичне деформација [11]

Вискоеластично стање – у тренутку дејства спољашњег оптерећења долази до промене дужине валентних веза, што нам говори да настаје тренутна еластична деформација као у чврстом стању. Након тога долази до међусобног померања појединих делова макромолекула и тиме до промене његовог облика. Макромолекул се издужује у смеру деловања спољашњег оптерећења. Ова појава назива се промена састава макромолекулске структуре. Након престанка деловања спољашњег оптерећења, молекул полако поприма своју првобитан положај.

Дакле, у вискоеластичном стању настаје пузање материјала, односно релаксација након напрезања. Из дијаграма је видљиво да је део криве у вискоеластичном подручју

скоро паралелан оси апциса, што значи да је у том подручју деформација ε_k има малу зависност од температуре. Тај део криве назива се вискоеластични плато [11].

Вискофлуидно стање - у овој фази долази до међусобног померања читавих макромолекула и до течења које се карактерише коефицијентом вискозности η . Међутим однос количине напрезања и брзине деформација није линеаран као код Њутновог флуида. Према томе, у вискофлуидном стању, полимер се понаша као Њутнов флуид¹ [11].

2.2.1. Прерада полимерних материјала

Најзаступљенији процеси прераде полимерних материјала који се користе су:

- Ливење под атмосферским притиском,
- Пресовање,
- Дување,
- Екструдирање,
- Синтеровање,
- Каландровање,
- Термичко обликовање,
- Бризгање (ињекционо пресовање).

Удео примене различитих процеса прераде полимерних материјала дат је на следећој слици.



Слика 2.12 Удео примене процеса прераде полимерних материјала [29]

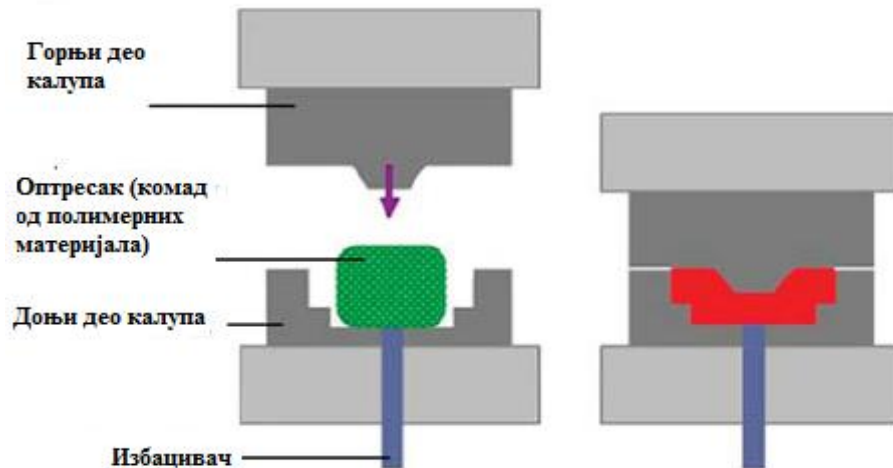
За производњу великог обима аутомобилских делова, због компликованог облика одређених делова користи се поступак пресовања које данас представља најбитнији и најбољи поступак обраде полимера јер се отпресак или завршни део добија од полазног материјала који нема одређену форму (комад, грануле и сл.). Према прерађеним количинама процес пресовања полимера је одмах иза технологије екструдирања. Може се сматрати да је процес пресовања полимера сличан ливењу метала под притиском. Пресовањем се осим полимера прерађују и керамичке смеше, комбинације различитих материјала (нпр. пластика, метал и керамика) [4].

Процес пресовања се може поделити на три врсте:

¹ - Њутнов флуид (назван по Исаку Њутну) је флуид чија је крива напона наспрам степена деформације линеарна. Константа пропорционалности позната је и као вискозност. За такве флуиде важи Њутнов закон вискозности. - Wikipedia

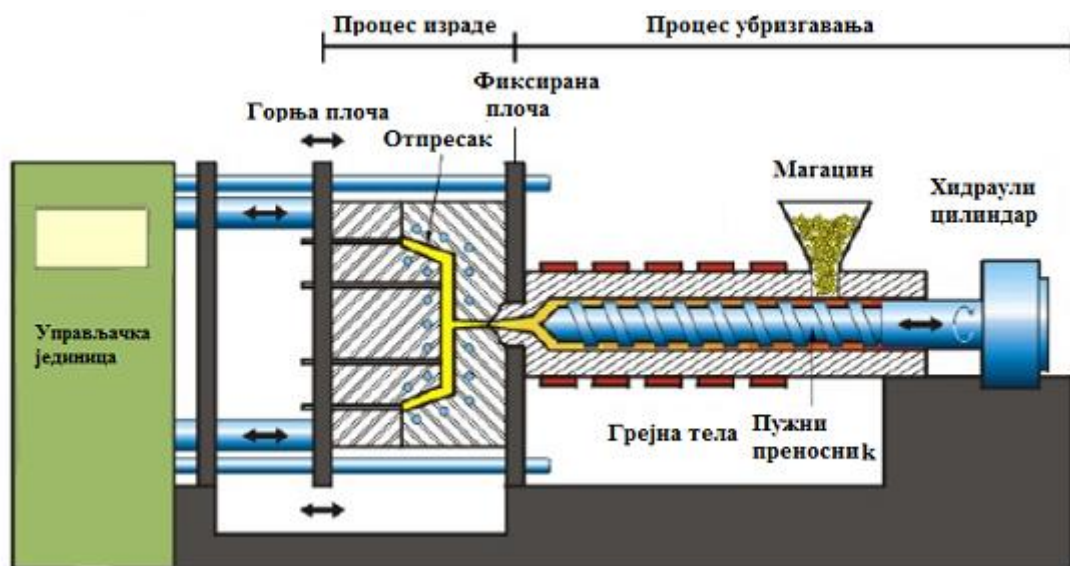
- Обично пресовање (у матрици)
- Посредно пресовање
- Пресовање плоча

Процес пресовања – процес пресовања се састоји из два дела. У првом делу убацује се одређена количина материјала у облику праха или таблете. Затим у наредној фази долази до затварања алата и садржај унутар њега испуњава калуп (слика 2.13). Овај процес се одвија при одређеном притиску и температури који уједно представљају и основне параметре процеса пресовања. Процес пресовања може се конструктивно извести као полуаутоматизован и аутоматизован процес.



Слика 2.13 Добијање полимера поступком пресовања [4]

Процес бризгања (инјекционо пресовање) – процес се базира на омекшавању припремљене масе која се пужним преносником транспортује до калупа где претходно омекшана маса отврдњава (слика 2.14). Овај поступак израде полимерних материјала примењује се код производа од термопласта као што су полиамид (РА6), полистирен (PS) и поливинил хлорид (PVC). Притисак који се јавља приликом процеса бризгања је неколико стотина МПа.



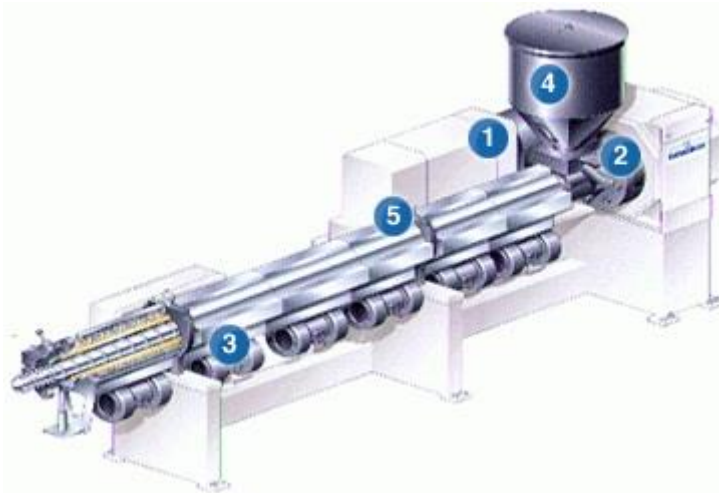
Слика 2.14 Процес инјекционог пресовања [4]

Инјекционо пресовање представља процес који се састоји од неколико фаза. Прва фаза се састоји од допремања материјала за пресовање у магацин који се даље преко преносника транспортује до грејача. У другој фази долази до омекшавања материјала

приликом његовог пролажења кроз грејна тела и затим долази до потискивања растопљеног материјала у калуп, ови процеси се одвијају деловањем пужног преносника. И у последњој фази долази до хлађења растопљеног материјала у процесу израде, приликом завршетка процеса израде калуп се отвара и готов део се избацује. Уколико је обрадак пластомер он очвршћава хлађењем или умрежавањем ако је у питању еластомер, дуромер или еластопластомер.

Процес екструдирања – екструдирање полимера се врши на сличан начин као и инјекционо пресовање разлика је у томе што се на овај начин добијају разни производи као што су цеви, црева, шипке... Смеша полимерних материјала се гура кроз алат одређеног профила, затим пролази кроз хладњаке и на крају кроз вучни уређај који профил или црево вуче и намотава или слаже. Машина за екструдирање састоји се од:

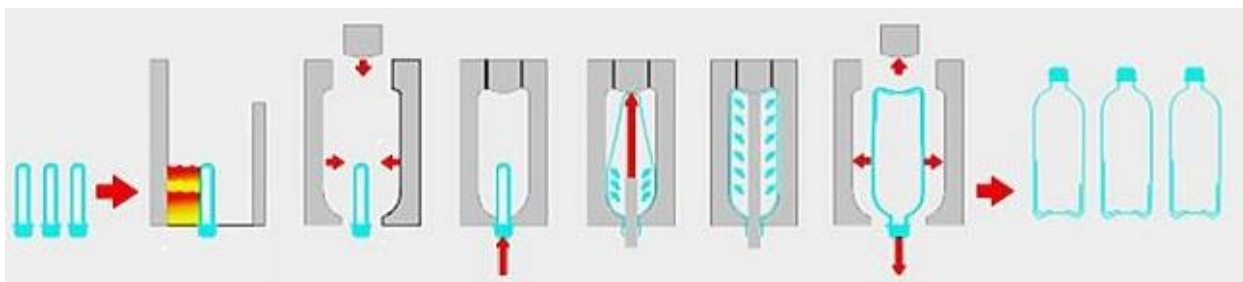
1. Погонске јединице,
2. Транспортног механизма,
3. Цилиндар са више зона грејања и хлађења,
4. Левак,
5. Отвор за уклањање гасова који настају топљењем пластике (водена пара).



Слика 2.15 Машина за екструдирање [25]

Ливење под атмосферским притиском – овим процесом прераде врши се полимеризација фенолне смоле, акрилне смоле, епоксидне смоле и полиестера и на тај начин добијају се готови производи. Процес ливења се примењује за израду предмета који поседују мале димензије из разлога великог скупљања пластике (до 6 %). Поред овог процеса ливења постоји и унапређени процес ливења који се назива центрифугално ливење који се користи за добијање предмета у облику цилиндра [28].

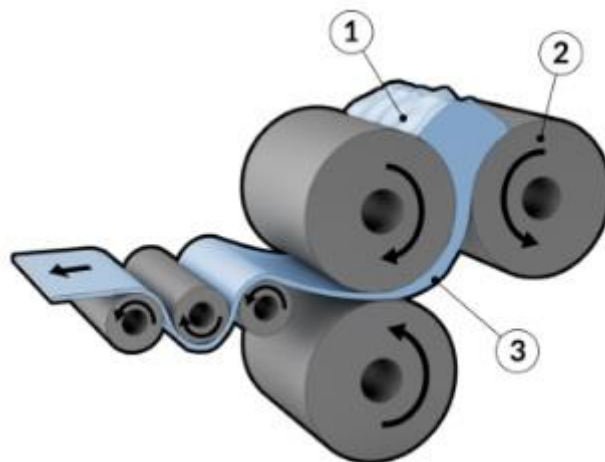
Дување – представља процес прераде којим се добијају предмети као што су боце или обликоване цеви. Овај процес се реализује тако што се полазни материјал у виду пластичне цеви (епрувета) која је претходно загрејана постави између две половине калупа, а затим се врши удувавање врелог ваздуха. Приликом удувавања врелог ваздуха епрувета се шири и поприма облик калупа, затим долази до хлађења и избацивања предмета из калупа (слика 2.16).



Слика 2.16 Процес прераде полимера – дување [30]

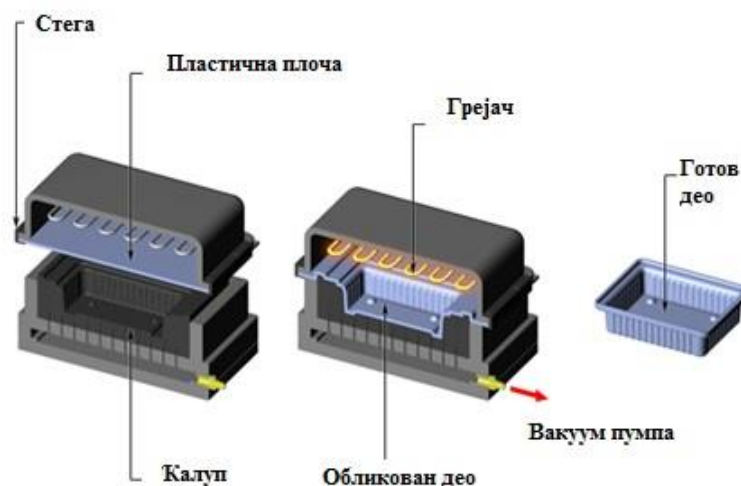
Синтеровање – је процес прераде полимера који се најчешће користи за израду елемената од полиамида (РА). Полазна сировина при овом процесу је полиамидни прашак. полиамидни прашак се пресује под притиском од 400 МПа. Операција која се извршава после описане операције је процес синтеровања који се заснива на успореном загревању добијеног отпреска на температури од 220°C - 250°C. После завршеног загревања следи хлађење до температуре од 90°C [27].

Каландровање – представља процес прераде полимера, и уједно представља основу методу добијања фолија. Полазна сировина код овог процеса су грануле које се спроводе кроз ваљке, приликом спровођења гранула кроз ваљке оне постају пластичне. На овакав начин могуће је производити фолију дебљине 0,08-0,6 mm. Поступак каландровања се изводи тако што претходно напоменуте грануле формирају полимерну смешу (1) и тако упластичена смеша долази до обртних ваљака (2) који додатним затезањем формирају траку одређене дебљине (3) и на тај начин побољшавају њене физичке карактеристике. Поступак каландровања се изводи помоћу машине која се назива каландер (слика 2.17).



Слика 2.17 Процес каландровања [31]

Термичко обликовање – полазни материјал у виду листа се поставља између горњег калупа који представља грејно тело и доњег калупа који представља вакум пумпу. Затим се калуп загреје и вакум пумпа извуче целокупни ваздух из калупа потискујући лист ка попримању облика калупа. После обављеног процеса следи хлађење, на овакав начин се израђују разни делови у виду када, разних врста амбалажа и картера (слика 2.18) [27].



Слика 2.18 Процес термичког обликовања [29]

Технологија наношења заштитних превлака – превлаке или заштитни слој представља слој који се формира на површини неког предмета у циљу заштите тог истог предмета. Треба нагласити да је век трајања превлака од битног значаја по животни век предмета на који се наноси превлака јер формиран заштитни слој има задатак да штити предмет од деградационих утицаја. Постоје 4 начина наношења превлака који зависе од облика пластифицираних предмета и од врсте пластичних маса, а то су:

- Прилепљивање отпресака од полимерних материјала на равну површину у циљу заштите те површине,
- Наношење растопљене пластике на површину коју штитимо, овај процес се изводи наношењем превлаке пнеуматским пиштољем односно тзв. компресионим распршивачем,
- Урањање предмета у растопљену пластику, тај процес се користи за наношење изолационих превлака на електричне проводнике, волане аутомобила..
- Флуидизационо прекривање загрејаног предмета пластиком која се наноси путем компримованог ваздух, после наношења следи загревање тих превлака.

2.2.2. Полимерни композити

Полимерни композити представљају материјале који су добијени прерадом односно спајањем одређене врсте полимерног материјала или више врсте полимерног материјала и одређеном количином адитива тзв. додатака. Пошто су полимерни композити материјали који су добијени на овакав начин, оно што их разликује од основних полимерних материјала су специфичне карактеристике које се огледају у одређеним условима примене [11].

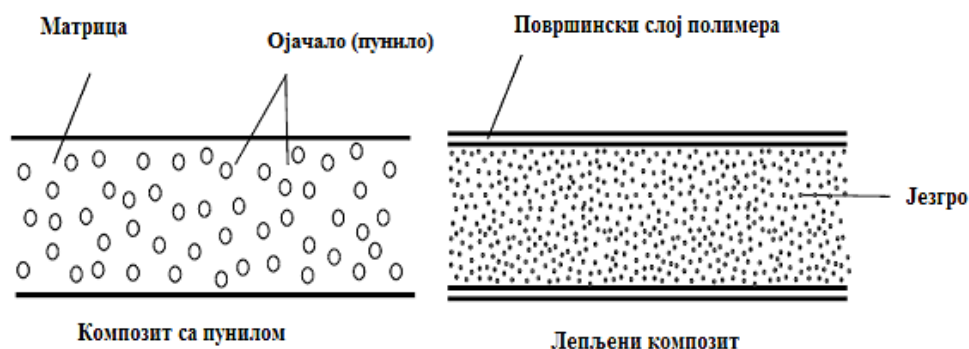
Композити са пунилом – Основна компонента је полимерна матрица која има улогу везива. Честице пунила имају задатак да обезбеде високу чврстоћу и модул еластичности, и на тај начин доприносе побољшању механичких својстава композита [11].

Као што је већ речено све се више као ојачало употребљава стаклено влакно и а затим влакна угљеника, графита, бора, азбеста, целулозе и слично. Овакви композити имају велику чврстоћу и модул еластичности, те малу масу. Као матрица или везиво најчешће се употребљавају термостабилни полимери: епоксиди, полиестери, фенолне и силиконске смоле [11].

Ламинати се добијају спајањем два или више слојева различитих полимерних материјала или композита с пунилом, деловањем притиска и топлоте оплемењујући површине мање квалитетног материјала [11].

Лепљени композити добијају се спајањем више слојева различитих материјала, применом полимерног везива. Језгро се најчешће састоји од лаганог и чврстог материјала

(иверица, картонска решетка..). Овакав композит може да буде добар топлотни изолатор ако се као језгро употреби нпр. плоча од стаклене или синтетичке пене [11].



Слика 2.19 Полимерни композити [11]

Синтетичке пене се производе на следећи начин: мешањем полимера током обликовања, са неким гасом, чиме настају поре и мехурићи у производу. Један од комерцијалних назива за синтетичку пену је стиропор. Синтетичке пене имају веома малу масу ($15 - 40 \text{ kg/m}^3$). Уколико имају затворене поре, одлични су топлотни изолатори, а они са отвореним и повезаним порама су добри изолатори звука. Најчешће се пене производе од полистирена, фенолформалдехида и епоксида [11].

2.3. Подела и означавање полимерних материјала

Као што је већ речено, полимерни материјали су материјали које се састоје од макромолекула па се називају и макромолекуларним једињенима. Постоје веома велики број полимерних материјала у животној средини али можемо рећи да је основна подела полимерних материјала подела на органске полимерне материјале односно природне и неорганске полимерне материјале односно синтетичке материјале.

У органске тј. природне полимерне материјале спадају (каучук и природне смоле, целулоза, полисахарид, скроб, лигнин, беланчевине и нуклеанске киселине) док у синтетичке полимерне материјале спадају (пластомери, дуromери и еластомери).

Полимерни материјали се налазе свуда око нас, то значи да је и историјски развој на том подручју знатно дужи него што произилази из чињенице да је до стварног проширења употребе тих материјала дошло тек у 20. веку. Структура полимерних материја позната је још у првим деценијама 20. века, и то је дало могућност да у годинама које су уследиле утемељимо знање и познавање о структурама разних полимерних материјала.

Управо би та разноврсност полимерних материјала представљала проблем у одређивању одређених типова полимерних материјала тако да је означавање и подела полимерних материјала доста олакшала каснију употребу тих истих материјала [13].

Развојем науке о полимерним материјалима и развој појединих технологија производње и прераде полимерних материјала добијена је недовољно развијена терминологија стручних назива. Изузетак је само номенклатура, односно научна област која је задужена за сређивање стручних назива, полимера као хемијских једињења. Међутим у тим годинама развоја полимерних материјала јавио се велики број основних и комерцијалних назива [13].

Кад је реч о називима полимерних материјала они су разноврсни јер су критеријуми по којима се разликују и класификују многобројни као нпр. властита својства материјала, својства прераде материјала, својства продукта (која укључују и геометрију продукта), зависност наведених својстава од температуре и много других [13].

Како би се лакше разумела терминологија полимерних материјала треба најпре поставити основне границе између термина полимер који се не сме упоређивати са термином полимерни материјали.

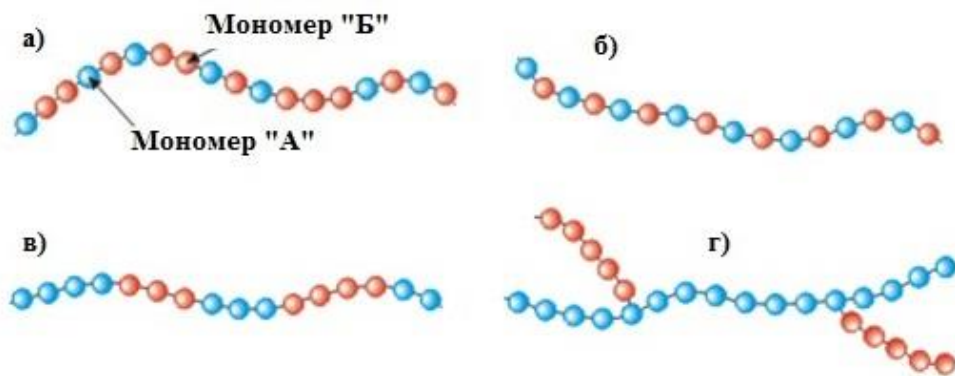
По свом саставу полимерни материјали су хомогени и композитни (мешавине, смеше, пуњени, ојачани..), а по степену уређености своје структуре су аморфни, кристаласти и кристални. Према физичком стању при температурама на којима се уобичајно употребљавају од -30°C до $+100^{\circ}\text{C}$, полимерни материјали су еластомери односно у гуменом стању и дуромери односно у чврстом стању [13].

Полимеризација се састоји од низа хемијских процеса синтезе мономера и можемо рећи да постоји више начина полимеризације. Самим тим постоји и више подела полимерних материјала, а то су:

- Подела полимера на врсту мономера у макромолекулу,
- Подела полимера према грађи молекула и структурну уређеност,
- Подела полимера с` обзиром на понашање при повишеној температури,
- Подела полимера према механизмима полимеризације.

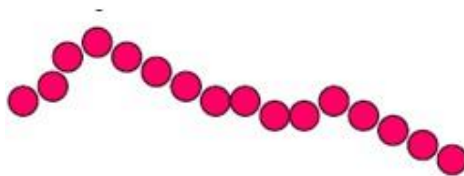
Подела полимера према врсти мономера у макромолекулу

Полимерни материјали према врсти мономера у макромолеку се могу поделити на кополимере и хомополимере. Кополимери представљају врсту полимера који се састоји од више врста мономера. Кополимери се могу разликовати по начину слагања мономера у макромолекулској структури: а) случајан распоред; б) наизменичан распоред; в) распоред у виду блокова и г) разгранати распоред (слика 2.11).



Слика 2.20 Распоред слагања мономера у макромолекулу кополимера [29]

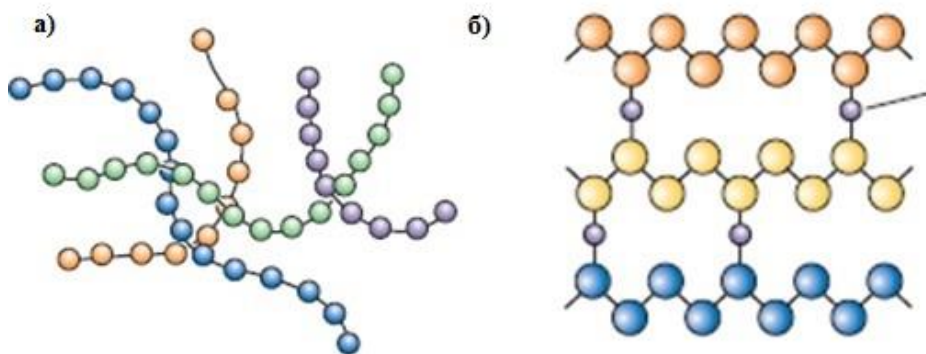
Поред кополимера постоје и хомополимери који представљају врсту полимера чија се структура макромолекула састоји од једне врсте мономера, у ту врсту полимера спадају полиетилен (РР) и полиетилен-терафалат (РТЕ) (слика 2.12).



Слика 2.21 Структура макромолекула хомополимера [29]

Подела полимера на грађу молекула и уређеност структуре

Полимерни материјали у овој подели се могу поделити на линеарне, гранате, попречно везане и умрежене полимере. Линеарне и гранате облике формирају бројни пластомери (РЕ, РР, PS, PVC, PTFE, PMMA, PA). Код полимера који су попречно везани, суседни основни ланци полимера местимично су повезани ковалентним везама (карактеристично за еластомере). Грађа полимерних материјала може бити кристална и аморфна, а) кристална се одликује правилним распоредом док се б) аморфна грађа се одликује неправилним распоредом мономера. Већи део полимерних материјала састављени су од кристалних и аморфних ланаца (слика 2.22).



Слика 2.22 Кристална и аморфна грађа полимерних материјала [29]

Подела полимера на основу понашања на повишеној температури

Полимерни материјали се могу поделити на пластомере, дуромере и еластомере. Полимерни материјали који када су изложени повишеној температури омекшавају и тако формирану се могу обликовати по жељеном облику, а након излагања повишеној температури очвршћавају, називају се пластомери. Друга врста полимера која не омекшава при порасту температуре називају се дуромери, посебну групу чине материјали који поседују еластична својства тј. еластомери.

Подела полимера према механизмима полимеризације

Полимерни материјали који припадају овој групи се могу поделити на три врсте. Прва врста су *полиадицијски полимерни материјали* који настају процесом адиције тј. процесом сједињавања истих или сличних мономера који формирају ланац. Друга врста су *кополимеризацијски полимери* који су такође добијени адиционом полимеризацијом два или више мономера. У трећу врсту спадају *поликондензацијски полимери* који су добијени процесом полимеризације углавном из две или више врсте мономера, а такође се могу добијати и од једне врсте мономера.

Адициона полимеризација – адициона полимеризација представља процес код којег се молекули повезују хемијским дејством адитива, при чему нема нуспроизвода овог процеса. Овај процес се одликује великом брзином настанка молекула (обично неколико секунди). Брзина реакције је знатно већа него код кондензационе полимеризације

Кополимеризација – представља процес у коме долази до повезивања два или више различитих мономера.

Поликондензација – представља врсту полимеризације где се после обављеног процеса полимеризације добија кондензант односно вода.

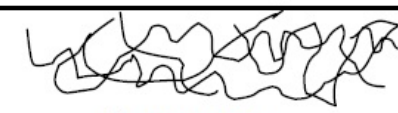
Као што је већ речено полимерни материјали се према понашању на повишеним температурама могу поделити на пластомере, дуромере и еластомере (слика 2.23). У даљем тексту биће описане наведене врсте полимера.

Пластомери – ова врста полимерних материјала се другачије називају и термопласти. Као што се види са слике 2.23, добијени су од дугачких флексибилних ланаца који су настали повезивањем мономера. Карактеристично понашање пластомера одликује се у њиховом омекшавању када су изложени повећаним температурама, тада се могу преобликовати. Док хлађењем, пластомери поново отврдну и у том стању се не могу преобликовати. Неке од примена пластомера у аутомобилској индустрији су РА 66 (електрични конектори), РЕ-LD (кућиште за кључеве), РР (браници и каросеријски делови) и PVC (седишта).

Дуромери – ова врста полимерних материјала другачије се назива дуропласти. Најбитнија разлика у односу на пластомере је та да дуропласти не омекшавају на повишеним температурама. Дуромери имају структуру која се састоји од попречно везаних ланаца који дају чврсту тродимензионалну мрежну структуру (слика 2.23).

Захваљујући таквој структури представљају материјал који је тврђи од пластомера, а самим тим и кртији. Дуромери највише проналазе примену, када је реч о аутомобилима, у њиховим ентеријерима.

Еластомери - еластомери представљају засебну групу полимерних материјала који се карактеришу већим нивоом еластичности него пластомери и дуромери. Такође, њихова структура се налази између структура дуромера и пластомера. Еластомери проналазе примену у пнеуматикама аутомобила, у звучницима (заштитна облога звучника) и у заптивним елементима каросерије тзв. кедер који се поставља између врата и каросерије аутомобила.

ВРСТА	ГЛАВНА СТРУКТУРА	СКИЦА
ПЛАСТОМЕРИ (ТЕРМОПЛАСТИ)	ФЛЕКСИБИЛНИ ЛИНЕАРНИ ЛАНЦИ	
ДУРОМЕРИ (ДУРОПЛАСТИ)	ЧВРСТА ТРОДИМЕНЗИОНАЛНА МРЕЖА	
ЕЛАСТОМЕРИ	ЛИНЕАРНИ ПОПРЕЧНО ВЕЗАНИ ЛАНЦИ	

Слика 2.23 Класификација полимерних материјала [13]

	Пластомери			Дуромери	Еластомери		Влакна	
	Аморфни		Кристалисти		Растресито умрежена			
Грађа	Линеарна	Граната	Линеарна	Просторно умрежена	Растресито умрежена		Линеарна	
Структура								
Структурна сређеност	Аморфна		Делимично кристална	Аморфна	Аморфна до слабо сређена		Делимично кристална, анизотропна	
Примери	PS, тврди PVC, PVDC, PPO, PPS, PSU, poliakrilati, PMMA, PAN, SAN, ABS		PE, PP, POM, PB	полифлуор-етилени PA, PC, PETP	незасићени полиестери, амидопласти PF, EP, PI	polibutadien, polikloropren, SBR, EPDM	PUR, мекси PVC	PA, полиестри, полиакрилати

Слика 2.24 Основне карактеристике полимерних материјала [13]

Пластомери могу бити аморфни или кристаласти, нпр. полиизобутен, тврди поливинил хлорид и полистирен (слика 2.24). Остали аморфни полимерни материјали (еластомери, дуромери) разликују се по неумреженој структури линеарних и гранатих макромолекула.

У чврстом стању могу се при собној температури наћи и неки кристални полимери као нпр. изотактички полистирен. Кристални пластомери садрже аморфну и кристалну фазу.

Кристални пластомери могу бити:

- кристаласти пластомери с пластичном аморфном фазом (полиетилен, полипропилен и полиоксиметилен),
- кристаласти пластомери с стаклом аморфном фазом (полиамиди и поликарбонати).

Поред свега напоменутог ваља још напоменути комерцијалне називе који имају за циљ да приближе изглед, својства и остале карактеристике њиховим корисницима као нпр. гума која се користи за еластомерне и композитне материјале, затим каучук који представља спој природног полимерног материјала и еластомерни састојак гумене смесе, пластика и пластична маса назив за дуромере односно полипласте који долазе као конструкцијски материјали и фолије [13].

Колико наведена терминологија може збуњивати види се из следећих примера: еластомери могу бити реактопласти и термопласти док реактопласти могу бити дурупласти и еласти. Најчешће се као синоними користе називи пластомер и термопласт односно дуромер, дурупласт, термодур и термоиндурент.

Данас се у свету користи велики број полимерних материјала од којих је преко 10 000 комерцијалних, ту доминира група од четири пластомера: PE, PP, PC и PVC. У наредним табелама су приказани најзаступљнији полимерни материјали [13].

Табела 2.2 Најзаступљнији полимерни материјали (пластомери) у аутомобилској индустрији

Врста	Ознака	Назив
Пластомери	PP	полипропилен
	PA	полиамид (најлон)
	PS	полистирен (полистирол)
	CA	целулозни ацетат
	PC	поликарбонат
	ABS	акрилнитрил/бутадиен/стирен
	POM	поли(оксиметилен)
	PPO	полифенил-оксид
	PSU	полисулфон
	PPS	поли(фенил-сулфид)
	PVC	поли(винил-хлорид)
	SAN	поли(стирен-акрилонитрил)
	PSU	полисулфони
	PET	поли(етилен-терефталат)
	PBT	поли(бутилен-терефталат)
	PEEK	поли(етер-етер-кетон)
	PTFE	поли(тетрафлуор-етилен) (тефлон)
	PMMA	поли(метил-метакрилат) (плексиглас)

Табела 2.3 Најзаступљенији полимерни материјали (дуромери и еластомери) у аутомобилској индустрији

Врста	Ознака	Назив
Дуромери	PF	Фенол-формалдехидна смола
	EP	Епоксидна смола
	UF	Уреа-формалдехидна смола
	MF	Меламин-формалдехидна смола
	UP	Незасићена полиестерска смола
	SI	Силиконска смола
	PDAP	Поли(диалилфталатна) смола
Еластомери	BR	Полибутадеин
	PUR	Полиуретан
	CR	Поликлоропен
	SBR	Стирен бутадеин
	EPDM	Синтетичка гума

Еластомери представљају посебну групу полимерних материјала који се одликују великом еластичношћу и као такви проналазе примену на разним деловима аутомобила. Највише се користе за израду моторних, аутомобилских и камионских гума. У почетку гума се производила од природног каучука али како је годинама расла потреба за гуменим производима, поред природног каучука, користио се и вештачки каучук. Гуме које су добијене од вештачког каучука поседују већу отпорност на хемикалије, топлоту и старење.

Полазна сировина за добијање природног каучука је латекс односно течна материја која се може наћи у стаблима биљака. Урезивањем стабала долази до испуштања латекса који је беле боје, каучук представља полимер изопрена незасићеног угљоводоника C_5H_8 . Латекс је течна материја која се може наћи у пределима Конга, Шри Ланке, Бразила и Индонезије односно у просторима који поседују тропску климу.

Природни и синтетички каучук добија се процесом вулканизације. Процес вулканизације базира се на довођењу одређене количине сумпора, та количина сумпора диктира да ли ће гума на крају процеса бити мека, тврда или веома тврда гума. Мека гума садржи проценат сумпора око 4%, тврда гума садржи од 10% до 20 % сумпора док веома тврда гума садржи од 35% до 50% сумпора.

У зависности од полазне сировине (природни или вештачки каучук) могу се добити две врсте гума, природне и вештачке гуме. Природне гуме поседују одличну савитљивост и поседују одличне физичке особине (отпорност на оксидацију и топлоту, отпорност од деградације услед дејства сунчеве светлости...). Вештачке гуме се добијају из вештачког каучука и проналазе своју примену у случајевима где природна гума не може да задовољи жељене потребе (формула 1).

2.4. Врсте полимерних материјала

Постоје многе врсте полимерних материјала јер су полимерни материјали кроз своју историју доживели велики технолошки развој захваљујући развоју науке, технолошки развој у виду научних истраживања у овој области донео је нова сазнања о добијању нових врста полимерних материјала. Такве новости у области полимерних материјала утицале су на проналажење нових начина примене полимера.

Свака формирана врста полимерних материјала проистекла је из различитих подела као што су поделе према физичким својствима, поделе према начину прераде и поделе према структури. Свака од набројаних подела носила је за собом посебне технолошке и експлоатационе карактеристике [11].

Полимерни материјали су данас саставни део сваке индустрије, што значи да представљају базу на којој се примењују различите савремене технологије што нам говори о многобројности различитих врста полимерних материјала (полиетилен, полиестирен, поливинилхлорид, полипропилен...) [11].

Разноликост коју полимерни материјали нуде огледа се у великом броју полимера који имају широку употребу. Њихова употреба није заобишла ни аутомобилску индустрију. Најзаступљенији материјали који се користе у аутомобилској индустрији су:

- Полипропилен (PP),
- Полиетилен (PE),
- Полиамид и његове врсте (PA, PA6,6, PA11, PA12...),
- Полистирен (PS),
- Поливинил хлорид (PVC),
- Акрилнитрил-бутадеин-стирен (ABS),
- Полиуретан (PUR),
- Полиоксиметилен (POM),
- Поликарбонат (PC),
- Поли метил метакрилат (PMMA),

- Поли бутилен-терефталат (PBT),
- Полиетилен терафталат (PET),
- Полисулфон (PSU),
- Полифенил сульфид (PPS).

Да би схватили саму срж разноликости врста полимерних материјала у даљем тексту биће описани најзаступљенији полимерни материјали који су издвојени у претходном делу тачке.

2.4.1. Полиетилен (PE)

Полиетилен (PE) представља један од најпознатијих и један од најзаступљенијих полимерних материјала данашњице. Полиетилен данас се највише користи за прављење фолија. Индустијски се производи полимеризацијом етилена који је незасићени гасни угљоводоник док се у лабораторијама може добити и од диазометана [12].

Полиетилен се састоји од мноштва јединица $—CH_2—CH_2—$, које међусобним повезивањем стварају ланчане макромолекуле које карактерише велика молекуларна маса. Једноставна структура сегмената полиетилена омогућује њихову спору кристализацију [12].

Својства полиетилена зависе од његове структуре и од адитива који се додају током његове производње. Најважнији структурни параметри, који првобитно утичу на својства полиетилена, јесу степен кристализације и молекуларна маса. Степен кристализације је пропорционалан густини полиетилена. Како се густина може једноставно мерити, она представља главни сегмент према коме се оцењују својства полиетилена. Са порастом густине повећава се тачка топљења полиетилена и већина механичких својстава међу којима је тврдоћа, чврстоћа влакана, отпор према пузању, крутост, такође са порастом густине смањује се савитљивост, жилавост и отпорност према настајању напрелина од напрезања [12].

Променом фактора као што је густина долази до промене физичких и хемијских својства полиетилена, и на тај начин може се рећи да се променом густине утиче на добијање различите врсте полиетилена као што је:

- полиетилен ниске густине (LDPE),
- полетилен средње густине (MDPE),
- полиетилен високе густине (HDPE),
- полиетилен ултра високе молекулске масе (UHMWPE).

На сам полиетилен и његова својства утиче и поступак добијања. Поступак добијања полетилена сврстава се у поступке спајања етилена уз високи или уз низак притисак. Корекцијом одређених кључних фактора приликом процеса добијања полиетилена утиче се на молекулску масу полетилена, на разгранатост макромолекулске структуре и ниво кристализације. Претходно напоменутом променом кључних фактора притиска иницијатора или покретача и температуре контролишу се својства полимера и на тај начин се омогућује производња многих комерцијалних типова полиетилена за различиту примену као нпр. у прехранбеној индустрији, полиетилен у облику пене се користи и као тапацир у аутомобилима, такође се користи и у електротехници и у рачунарским уређајима [9].

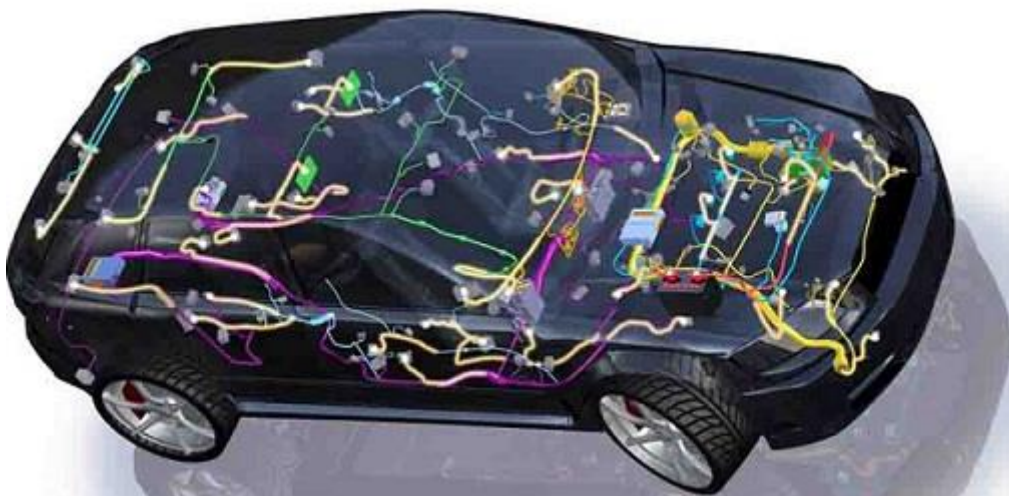
Полиетилен ниске густине (LDPE) – представља врсту полимерног материјала који се одликује својом флексибилношћу и користи се за паковање производа и хлеба. Такође, налази примену за прављење врећица за хемијско чишћење. Ова врста полиетилена се не рециклира због своје меке структуре.

Полиетилен средње густине (MDPE) – полиетилен ове врсте има добру отпорност на ударе и ломљење, осетљивији је на убоде у односу на HDPE. Најчешће се користи за производњу цеви за гас, врећи, торби и фолија за паковање.

Полиетилен високе густине (HDPE) – представља саставни део од ког се израђују места за седење и одбојници (браници) у аутомобилу. Осим у аутомобилима овај полиетилен високе густине налази широку примену у производњи пластичних кеса за млеко, маслац, сапун и детерџент. Такође представља основну сировину за тешке вреће за смеће, изолациону облогу за жице. Ова врста полиетилена се у великој мери рециклира због своје разноврсности.

Полиетилен ултра високе молекуларне масе (UHMWPE) – висока молекуларна тежина ове врсте полимера чини овај полимер веома тешким али и погодним за израду боца, канистера, покретних делова неких машина, панцир прслуке... Због своје високе тежине поседује одличну чврстоћу и отпорност на хабање и хемикалије, и зато је погодан за израду претходно напоменутих делова.

Полиетилен поседује високу отпорност на ударце и висок ниво тврдоће што га чини погодним материјалом за израду делова шасије (ојачана стакла) и електричну инсталацију (као изолатор) (слика 2.25).



Слика 2.25 Примена полиетилена (PE) као изолатор електричне инсталације на возилу [32]

2.4.2. Полипропилен (PP)

Полипропилен (PP) представља једну од најзаступљенијих врста полимерних материјала. Такође, полипропилен представља линеарни угљоводонични полимер, који спада у групу засићених полимера [12].

Долази у облику белог или провидног прашка или гранула, али може бити и обојен пигментима. Полипропилен је један од најзаступљенијих материјала за производњу предмета од пластике [13].

Користи се за производњу различитих предмета, од производње влакана па све до производње предмета за широку потрошњу. У аутомобилској индустрији се користи за израду аутомобилских одбојника (браника), за израду резервоара у којима се складишти (расхладна течност, уље за кочнице...) и за израду итисона (слика 2.26). Широку примену полипропилен има захваљујући добрим физичко-хемијским особинама које се могу подешавати додавањем различитих врста адитива (додатака). Особине које га одликују су: умерена еластичност, добра тврдоћа, добра отпорност на замор материјала, отпоран је на хемикалије и на топлоту. Комерцијални полипропилен садржи до 90% изотактичних секвенца са степеном кристалности од 60% до 70% што зависи и од претходне топлотне обраде.



Слика 2.26 Примена полипропилена (PP) у аутомобилској индустрији [33]

Оно што још карактерише полипропилен је то да је један је од најлакших полимерних материјала, његова густина износи од 0,90 до 0,91 g/cm^3 . Висока тачка топљења полипропилена омогућава његову употребу у релативно широком температурном подручју. Тако је ниво топлјивости чистог изотактичног полипропилена 176 °C, док се технички полипропилен топи у температурном подручју од 160-170°C [14].

Као што је већ речено, полипропилен се одликује добром уравнотеженошћу својих механичких, топлотних и електричних својстава. Многа својства полипропилена слична су својствима полиетилена ниске густине. Међутим, полипропилен у односу на полетилен има већу тврдоћу и затезну чврстоћу, еластичнији је и прозирнији. Недостатак полипропилена у односу на полиетилен је мала ударна жилавост, посебно на температурама нижим од собне температуре. Недостатак који има у односу на полиетилен се може ублажити кополимеризацијом с другим α -олефинима, а највише са етиленом, који се додају у количини од 5 до 20%.

Полипропилен који је намењен полимеризацији мора бити врло чист, а поготово не сме садржати воду или кисеоник и његова једињења, сумпорна једињења, ацетилен и сродне материје, јер би оне деловале као снажни каталитички отрови који би утицали на саму структуру новоформираног једињења са полипропиленом.

За производњу полипропилена примењује се неколико техничких поступака, који се разликују у конструктивним решењима катализатора, величини полимеризације, начину и контроли молекулне масе. Сваки се поступак састоји од неколико фаза. Након завршетка целокупног процеса следи сушење и дорада уз додатак стабилизатора и осталих адитива. У комерцијалној форми полипропилен је обично у виду грануле али може бити и прашкаст.

Полипропилен се може прерађивати инјекционим пресовањем или екструдирањем. Ови процеси су врло прикладни за његову прераду али се судећи према количини прерађеног полипропилена и разноликости производа, екструдирање се нешто више и чешће примењује.

На такве начине се израђује и читав низ полупроизвода и готових производа који се употребљавају у аутомобилској, текстилној и електроиндустрији а такође и у производњи намештаја, затим као опрема и делови авиона, кућишта за телевизоре, сандуци за транспорт, медицински прибор, посуђе и предмети за домаћинство и сл.

Такође, његова примена се огледа у техничким материјалима различитих облика као што су плоче и фолије. Фолије су прозирне и физиолошки безопасне, па служе као одлична амбалажа у многе сврхе [14].

У последње време полипропилен се много употребљава за израду цеви и водова за транспорт корозивних супстанци и гасова, затим за провођење уља, морске воде, топле

воде за грејање итд. Поред свега наведеног полипропилен налази примену и у виду боца, боце од полипропилена могу издржати повишене температуре и могу се дензификовати и паром што налази важну примену у медицини и фармацији [14].

2.4.3. Поливинил хлорид (PVC)

Поливинил хлорид (PVC) је назив за пластомер који садржи макромолекуле са понављајућим јединицама $\text{—CH}_2\text{—CHCl—}$. Својства основног полимера могу се лагано мењати процесима прераде, тако да је познато преко стотину врста полимерних материјала на основи винил-хлорида.

Ова врста полимерних материјала се разликује по процесима производње, врсти и количини присутног пластификатора или уделу комомера, то аутоматски повлачи за собом то да се њихова физичка и хемијска својста могу мењати у широком распону од меканог и еластомерног до тврдог и жилавог полимерног материјала.

Захваљујући добрим особинама које се огледају у одличном сједињавању са пластификаторима и другим додацима и једноставној могућности прераде и ниској цени ова врста полимера је знатно распротраћена. Међу пластомерима је по потрошњи на другом месту одмах иза полиолефина, а његов удео у укупној потрошњи свих полипласта износи више од 18% [15].

О условима у којима се спроводи процес полимеризације винил-хлорида зависи структура насталих макромолекула и степен кристализације, а тиме и густина, те механичка и топлотна својства полимера. Посебно је важна температура процеса полимеризације. Њеним смањењем се смањује и гранатост, а расте просечна молекуларна маса и степен кристализације, а на основу тога расте и густина, што одређује својства поливинил-хлорида.

Производ полимеризације је прах од којег се даљим процесом прераде производе две основне врсте поливинил хлорида, а то су крути и флексибилни поливинил хлорид. Неке од основних карактеристика поливинил хлорида се огледају у његовој стабилности при његовом излагању на хемикалије или влаге.

Флексибилни поливинил-хлорид добија се прерадом уз додатак пластификатора. На тај начин, прво се добија густа паста која загревањем прелази у хомогену масу. Својства која одлику флексибилни поливинил хлорид зависе од удела и утицаја пластификатора. Слабијих је механичких особина, мање је отпоран на топлоту али то компензује својом савитљивошћу.

Поливинил хлорид је постојан на деловање јако поларних (вода, киселине) и неполарних супстанци (угљоводоници). Међутим, није постојан према једињењима као што су тетрахидрофуран, фенол, ацетон, циклохексанон и диметилформамид, јер та једињења својим деловањем на ову врсту полимера изазивају процес бубрења.

Поливинил хлорид се користи за израду одређених цевовода на аутомобилима као нпр. за довод расхладне течности до хладњака. Такође, налази примену у неким посудама за храну, пластичним омотима и грађевинским материјалима.

Рециклирани поливинил хлорид се користи и за израду одводних и канализационих цеви, каде, подне плочице. У овом тренутку је на располагању врло мало рециклираног поливинил хлорида [29].

Прерада и примена поливинил хлорида се изводи уобичајеним поступцима прераде пластомера, а највише се примењује екструдирање и каландровања, затим инјекцијско пресовање и вакуумско обликовање. Температура прераде износи од 140°C до 190°C, а полимер се мора прво осушити. Основна подручја примене поливинил хлорида јесу у грађевинарству затим у производњи цеви и амбалаже и у електричној изолацији и заштитним превлакама. У аутомобилској индустрији, конкретно на аутомобилима налази примену највише у ентеријеру разних возила као што се може видети на слици 2.27 [15].



Слика 2.27 Приказ примене поливинил хлорида у ентеријер возила [26]

2.4.4. Поликарбонат (РС)

Поликарбонати (РС) су полиестери угљениче киселине и дихидроксилни спојеви. На основу грађе макромолекулске структуре могу бити линеарни, гранати и умрежени. Због великог броја оптималних карактеристика, а посебно обрадивости, технички су најзанимљивији линеарни ароматски поликарбонати.

Оптимални састав поликарбоната даје комбинацију одличних механичких, електричних, топлотних и оптичких својстава. Изузетност механичких својстава која одликују поликарбонат огледа се у великој жилавости, у високом модулу еластичности и у малој пузавости [11].

Индустријски се поликарбонати производе на основу бис(4-оксифенил)алкана, а најчешће са 2,2-бис(4-хидроксифенил)пропана и (бисфенола А) помоћу три поступака: 1) фозгенацијом на граници расподеле фаза, 2) фозгенацијом у раствору (пиридински поступак) и 3) преестерификацијом диестера угљеничне киселине [11].

Захваљујући идеалној комбинацији различитих карактеристика односно својстава, поликарбонати се примењују у различитим гранама привреде као нпр:

- у грађевинарству (покривне плоче),
- у електротехници (релеји, кућишта за склопке, носаче, електроизолирајуће фолије),
- у аутомобилској индустрији (браници и заштитна пластика на светлима) (слика 2.28).



Слика 2.28 Примена поликарбоната на компоненте аутомобила [34]

Поликарбонат је термoplastичан полимер и уједно један од најзаступљенијих полимерних материјала у свету. Проналази примену у индустрији јаких и тврђих материјала, што значи да има добре механичке особине. Због ових особина, поликарбонати се доста примењују.

2.4.5. Полистирен (PS)

Полистирен је синтетички ароматски полимер који је израђен од стирена који представља течну петрохемијску супстанцу. Овај полимер може бити чврст или у облику пене. Полистирен који се користи за уобичајену употребу је транспарентан, тврђ и крт материјал.

Полистирен је један од највише коришћених пластичних материјала. Обим производње износи неколико милијарди килограма годишње. Употреба полистирена обухвата заштитну амбалажу (CD или DVD кутије), боце, поклопци, а такође се користи за израду јастука, шољица, тањира и посуда за брзу храну.

У аутомобилима, полистирен налази примену у пресвлакама седишта затим налази примену при изради самих седишта тј. сунђера од који се прави седиште. Такође, полистирен се може наћи и у другим деловима аутомобила као нпр. инфотејмент системи (слика 2.29). Рециклирани полистирен користи се за израду канцеларијског намештаја, држача блокова и канти за отпатке.



Слика 2.29 Пимена полистирена при изради инфотејмент система[35]

Полистирен је врло важан полимер због својих добрих својстава и ниске цене. У укупној светској производњи полимерних материјала заузима треће место.

Полистирен високе жилавости (HIPS) или модификовани полистирен представља састав две фино дисперговане честице еластомера, најчешће полибутадиенау полистирену. Комерцијалне врсте полистирена високе жилавости садрже од 3 до 12% полибутадиена. За разлику од обичног полистирена који је тврђ и крт материјал и због тога пуца при издужењу од 1%, модификовани полистирен је врло жилав и може се пре лома истегнути и до 60% своје почетне дужине [15].

Овом комбинованом полимерном материјалу полистирен даје умерену крутост и добре механичке особине, а еластомер му повећава еластичност и ударну жилавост. Наиме, честице еластомерног полибутадиена заустављају ширење микроруптура које би касније својим напредовањем изазвале лом материјала.

Стирен акрилонитрил (SAN) представља кополимер који је хемијски отпорнији од полистирена, а показује и нека боља механичка својства. Посебно је отпоран према утицају нафте и њених деривата и киселинама [15]..

2.4.6. Полиетилен терефталат (PET)

Полиетилен терефталат скраћено PET је полимер који припада групи полиестера. Производи који су направљени од ове врсте полимерног материјала су боце безалкохолних пића и пластична фолија. Око 20% овог полимера се рециклира и употребљава се у влакнима тепиха, пуњеним влакнима и четкама за фарбање.

Полиетилен терефталат у односу на друге полимерне материјале истиче се следећим својствима:

- велика чврстоћа и крутост,
- тврда површина која се може механички обрађивати,
- добра димензионална стабилност,
- добра баријерна својства према аромама, гасовима и воденој пари.

Од укупне производње PET-а, 80% се користи за израду влакана (платна за декорацију, одеће, индустријске тканине). Такође се користи за израду фотографских, рендгенских, метализираних филмова, магнетних трака и филмова као и каблова. Користи се и у прехранбеној индустрији.

Недостатак PET-а је релативно мала брзина кристализације што поскупљује поступак прераде (продужен циклус због спорог хлађења) и потреба за додацима који ће иницирати раст кристала (MgO, Sn-стеарат или Ca-силикат). Велика предност PET-а је та што је он један од ретких материјала који може бити подвргнут свим поступцима рециклирања (примарна, секундарна, терцијарна и кватернарна рециклажа које су описане у поглављу 2.7). Како се током рециклаже у извесној мери материјал промени, немогуће га је увек применити за намену коју је имао пре рециклирања.

Полиетилен терефталат у аутомобилској индустрији се користи за израду ветробранских брисача, заштитну облогу кућишта мењача и конектора за електричне уређаје (слика 2.30).



Слика 2.30 Примена PET-а на одређеним компонентама аутомобила [36]

2.4.7. Полиамид (PA, PA6.6, PA11, PA12)

Полиамид представља један од најзаступљенијих полимерних материјала који се користе на аутомобилима. Полиамид и остале врсте полиамида поседују добре механичке карактеристике од којих предњачи висока жилавост. Такође, комерцијализовани назив

полиамида је најлон. Полиамид се користи у разним компонентама аутомобила (облоге мењача, хилзна или изолациони прстен, лежај...) (слика 2.31).



Слика 2.31 Примена полиамида (лежај) [37]

2.4.8. Полиметил метакрилат (PMMA)

PMMA је изразито провидан термопластични полимер који се добија полимеризацијом мономера. Захваљујући својој провидности, естетском изгледу и отпорности на разарање, овај полимерни материјал може се користити као алтернативно решење за стакло. Полиметил метакрилат представља материјал који се одликује dobrim карактеристикама (димензионална стабилност, висок ниво тврдоће и отпорности на гребанье, после додатне обраде поседује и добру отпорност на ударе...). Као такав материјал може се користити при изради ветробранских стакла, екране инфотејмент система и дисплеје унутар аутомобила. Пошто се свака компонента израђује комбинацијом полимерних материја, PMMA и PS представљају идеалну комбинацију за производњу инфотејмент система (слика 2.29)

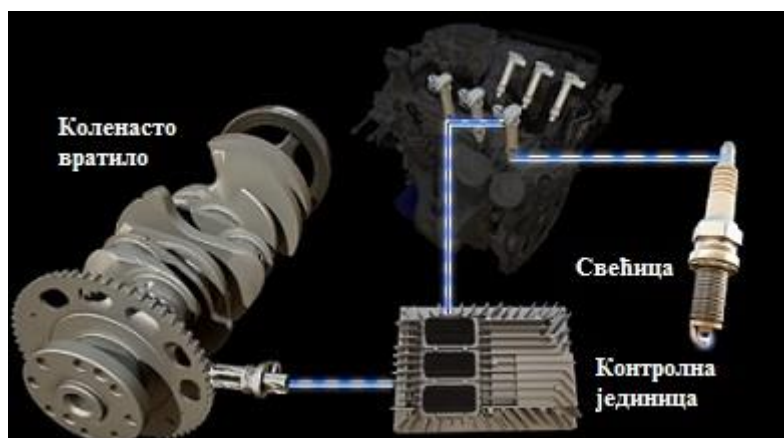
2.4.9. Полисулфон (PSU) и Полифенил сулфид (PPS)

Полифенилен сулфид (PPS) је термопластичан полимерни материјал. PPS представља чврст и непрозиран полимер са високом тачком топљења (280°C). Такође је полимер који поседује добре особине (отпорност на високе температуре, димензиона стабилност, отпорноста на хемикалије и добру изолациону способност). Све наведене карактеристике чине овај полимер компактним полимером за примену на деловима испод хаубе (хидрауличне пумпе, делове термостата) а такође и за прекидаче и заптивне компоненте (манжетне) и других делова (светла аутомобила, издувни системи...) (слика 2.32).



Слика 2.32 Манжетна полуосовине на аутомобилу (примена PPS-а) [38]

Полисулфон (PSU) је термопластичан полимерни материјал. Ова врста термопластичног полимера се одлику високом стабилношћу на повишеним температура односно део који је направљен од овог полимера задржава димензије унутар толеранцијских вредности. Од овог полимера израђују се компоненте система за паљење аутомобила и користи се делом и за израду поклопца мотора (слика 2.33).



Слика 2.33 Систем за паљење аутомобила (примена PSU-a) [39]

2.4.10. Полиоксиметилен (POM) и полиуретан (PUR)

Полиоксиметилен представља материјал који поседује велику крутост, поред ове особине има способност да буде стабилан материјал и при ниским температурама. Такође полиоксиметилен је материјал који има високу отпорност на хемикалије и високу жилавост. Ове карактеристике чине овај полимерни материјал погодан за израду система за довод горива (слика 2.34).



Слика 2.34 Примена POM-а на манжетни (горе) и PUR-а (систем за довод горива) [40]

Полиуретан представља материјал који се користи за израду седишта од пене (због своје флексибилности), заптивача (семерник), користи се такође и при изради гума и издржљивих делова од тврде пластике (као што су електрични уређаји). Полиуретан представља полимер који је отпоран на деградациони утицај уља и бензина. Полиуретани због своје распрострањености користе се и у другим гранама индустрије јер су погодни за израду сложених делова (слика 2.34).

2.4.11. Полибутилен-терафталат (PBT)

Полибутилен терефталат представља термопластичан полимер који се користи као изолатор електричне инсталације на деловима испод хаубе. Представља материјал који је отпоран на температуру и хемикалије. Поред примене као изолатор, користи се и за делове екстеријера (кваке на вратима, браници) и има добру хемијску отпорност и електрична својства. Примењује се и на другим деловима аутомобила као нпр. кућишта и заштитне маске, предњи делови крова, кућишта система за централно закључавање и браници (слика 2.35).



Слика 2.35 Примена полибутилен терафталата [41]

2.5. Додаци полимерним материјалима

Полимерни материјали приликом своје израде добијају одређене особине које се разликују како од начина израде тако и од њихове примене у разним грана индустрије. Свака индустрија за собом повлачи одговарајуће захтеве који полимерни материјали морају да испуне. Физичка и хемијска својства полимерних материјала такође могу зависити и од услова у којима се неки полимер користи односно од задатка који се поставља пред неки полимер [9].

Својства која дају одговарајуће особине полимерним материјала могу се модификовати на такав начин да се могу мењати поједине или целокупне карактеристике полимера. Такви процеси могу се извршити хемијским реакцијама или одређеним физичким процесима. У хемијске реакције који утичу на промену физичких и хемијских карактеристика полимерних материјала су:

- кополимеризација,
- полимераналогно конвертовање.

Док у физичке процесе који могу утицати на промену напоменутих карактеристика, спадају:

- топлотна или ултразвучна вибрација,
- вакуумска обрада или обрада са присуством кисеоника и
- деловање електричним или магнетним пољима.

Такође, при добијању жељених карактеристика полимерних материјала могу се користити и додаци односно тзв. адитиви. Адитиви или додаци представљају хемијска једињења која имају за циљ да побољшају или промене одређене карактеристике полимера. [9]

Оно што је карактеристично за полимерне материјале јесте то да су ретки полимерни материјали који не захтевају било какву употребу адитива. У те ретке полимерне материјале спадају политетрафлуоретилен и полиамиди. Додаци се могу поделити по својој функцији у неколико група: [9]

- додаци за прераду (стабилизатори топлоте, одељивачи, мазива, регулатори вискозности),

- додаци за модификовање механичких својстава (пластификатори, додаци за повећање жилавости, ојачивачи, приањала и пуниоци),
- додаци за модификовање површинских карактеристика (спољашња мазива, регулатори адхезивности, антистатици и додаци за смањење блокирања),
- додаци за визуелне карактеристике (бојила и пигменти),
- додаци за повећање постојаности (стабилизатори разградње, биоциди и антиоксиданси),
- остали додаци (додаци за смањење горивости и пенила).

2.5.1. Допаци за прераду

Стабилизатори топлоте – при процесу прераде полимерни материјали бивају изложени температурама које неповољно делују на њихов век трајања. Температуре у процесу обраде стварају макрорадикале који оксидирају заједно са кисеоником и на тај начин стварају карбонилне, пероксидне и хидропероксидне материје жуте боје.

Стабилизатори светлости – ове врста адитива имају задатак да успоре разградњу полимерног материјала која настаје деловањем ултраљубичастих зрака. При разградњи полимерних материјала долази до раскидања хемијских веза у структури полимера. Последице разградње хемијских веза огледа се у промени механичких и физичких величина, а такође и у промени боје и појаве напрслина.

Неки полимери као полиметил-метакрилат или поливинил-флуорид врло су отпорни према ултраљубичастим зрацима, док је полипропилен веома подложен разградњи [9].

Процес разградње услед деловања ултраљубичастих зрака се не може у потпуности зауставити, већ се само може смањити употребом различитих додатака. Да би се смањио процес оксидације, у првој фази настајања радикала додају се супституирани феноли који спадају у антиоксидансе.

Додаци за спречавање сагоревања – представљају адитиве чији је задатак да спрече процес сагоревања. Такви додаци су алуминијум-оксид и силицијум-диоксид. Једињења халогених елемената (хлор, бром, јод) стварају заштитни слој на површини готовог производа који је изложен пламену [9].

Као што је већ речено полипласти представљају врсту полимерних материјала који на температурама преко 400°C имају склоност ка брзој разградњи, да би се то спречило, претходно описани додаци за спречавање сагоревања имају задатак да тај процес разградње успоре. Полипласти спадају у групу лако запаљивих материјала што им уједно и представља ману а самим тим и ограничава употребу. Најделотворнији додаци који се користе у оваквим ситуацијама су бром и фосфор.

Пенила – представљају адитиве који стварају велику количину отворених или затворених пора у полимерном материјалу. Загревањем полимерних материјала долази до стварања мехурића гаса у полимерној основи и формирања отворене ћелије или остају заробљени у том полимеру односно затворени тип ћелија. Пенила можемо поделити на физичка и хемијска. Физичка пенила представљају пенила коју су испарљива приликом загревања или смањивања притиска, док хемијска пенила представљају пенила која се распадају приликом загревања ослобађајући угљен-диоксид [9].

Антистатици – то су додаци који имају задатак да спрече набијање површине полимера електростатичким електрицитетом. Већини полимерних материјала тај електрицитет ограничава област примене. Постоје унутрашњи и спољашњи антистатици. Унутрашњи антистатици при кретању ка површини материјала стварају заштиту, а такође се и спајају са полимером. Док спољашњи антистатици обезбеђују заштиту налазећи се на површинском слоју. Ману представља то што се налазе у површинском слоју и због тога се брзо и лако уклањају.

Ојачивачи у облику влакана – уграђују се у полимерну основу у много већој количини (од 50% до 80%) и на тај начин мењају механичке карактеристике материјала. Ојачивачи у

облику влакана највише утичу на чврстоћу полимера. Влакна која су највише у употреби су стаклена влакна, поред стаклених у употреби су још угљенична, графитна, азбестна, алуминијумска и полиамидна влакна.

Пуниоци – представљају фино дисперговане и прашкасте додатке који још могу бити плочасти или кугласти додаци. Овом врстом додатака могу се мењати основне карактеристике полимерних материјала (жилаваност, чврстоћа, тврдоћа, корозивност, електрична и топлотна изолација...), додају се полимерима у релативно малој количини од 5 до 25% [9].

Боје и пигменти – основна боја и ниво транспарентности полипласта варира у великом распону што говори да постоји велики број полипласта као нпр. прозирни, аморфни, непрозирни, бели и кристаласти, тамно обојени полипласти. Да би се полимер употпуности обојио, додају му се бојила и пигмент [11].

Боје су растворљиве у органским растворима и имају велику тенденцију ка мешању са полимерима. Од пигмената се употребљавају и неоргански пигменти (оксиди титана, гвожђа, кадијума, цинка, олова...) и органски пигменти који су нестабилнији али су сјајнији и имају бољу провидност. Пластичне масе, могу се бојити помоћу пигмента за пластику који се зове „*masterbač*“. Овај пигмент се додаје безбојној или белој пластици и такође је у облику пластичних гранула. Процес бојења полимера се врши додавањем одређеног процента боје и додавањем одговарајућег бојила.

Одељивачи – ова врста додатака има задатак да спрече лепљење полимера уз металне површине калупа, на тај начин олакшавају процес манипулисања полимерног материјала. Ова врста адитива повећава механичке особине (жилаваност, дуктилност и савитљивост) и поред промене особина спречава појаву микропукотина.

Додаци за умрежавање – представљају врсту адитива који имају улогу да обезбеде одређени ниво тврдоће, чврстоће и жилавости тзв. умрежавањем или процесом формирања хемијских веза између макромолекула. За умрежавање полипласта је потребно да се у току процеса полимеризације додају умреживачи, иницијатори и активатори. Умреживачи су једињења која имају улогу да формирају везе између макромолекула док иницијатори имају улогу да поспеше процес полимеризације, а активатори да подстакну функцију иницијатора.

Мазива – представљају додатке који имају улогу да смање коефицијент трења и да смање трошење површине и процес хабања. Поред напоменутих функција имају и улогу да олакшају процес прераде. Спољашња мазива представљају мазива која имају улогу спречавања адхезије и површинског трошења и она се углавном не смеју мешати са полимером. Функционишу стварајући мазиви слој између полимера и металних површина. У зависности од полимерних материјала примењују се следећа мазива: парафини, полиолефини, органски фосфати, високомолекуларне масне киселине, алкохоли, амини и амиди са више од 12 угљеникових атома у ланцу [11].

Унутрашња мазива – служе за побољшање процеса прераде и називају се и псеудопластификаторима односно високотемпературним пластификаторима који имају високу тенденцију за мешањем на високим температурама, али такође имају супротан ефекат на нормалним температурама. Типична унутрашња мазива су глицерол-моностеарат и цинк-стеарат [11].

Регулатори вискозности – представљају додатке које имају улогу да обезбеде одговарајућу вискозност полимера. Додају се зато да би се при преради постигло оптимално течење полимерних материјала. За дуромерне смоле то се постиже додавањем растварача као што је стирен за незасићене полиестере, док етоксилиране масне киселине снижавају вискозност поливинил-хлоридних пластиола. Поред ових функција регулатори вискозности могу да мењају и вискозитет течним материјалима као што су мастила.

Приањала – представљају додатке који имају улогу стварања што веће адхезивности, односно бољег контакта између пуниоца и полимера. Њихова је предност што се могу додати непосредно у смесу пуниоца или ојачивача и полимера, па претходна обрада није

потребна. Она се додају за стварање једног од механизма хабања односно адхезије, данас се као приањала највише користе хидролизирајући алкоксиди алуминијума, силицијума и титана [11].

Регулатори адхезивности – представљају адитиве чији је задатак да у сложеним полимерним материјалима што боље обезбеде адхезију односно „лепљење“ између полимера. Адхезивност полимерних материјала зависи о поларности полимера, да би се поларни материјал као што је: анорганска материја (обично метали или легуре) слепили уз неполарни полимер (полиолефин), полимеру је потребно додати одређене материје а то су обично нискомолекуларна једињења (хидроксилна, аминска, амидна или уретанска) који се крећу ка површини.

Биоциди – су додаци који имају задатак да анулирају раст разних деградационих микроорганизама, ови додаци штите полипласте од разноврсног утицаја микроорганизама као на пример од разградње. Оно што представља главну ставку ових додатака јесте то да микроорганизми не разграђују основни полимер већ само полимерне додатке. Такви полимерни додаци су обично (мазива, антиоксиданси, пластификатори, стабилизатори и сл.). Индустијски познати биоциди јесу сложена органска једињења 8-оксикинолин или живини фенилсалицилати.

Структурни додаци – представљају адитиве који имају задатак да повећају транспарентност полипласта стварајући велики број центара где се формирају кристали и ситније сферолитне структуре који доприносе повећању транспарентности полимерних материјала. То су обично алкалијски бензоати и неке fino дисперговане анорганске материје као што је глина [11].

Антибломирајући додаци – имају задатак да неутралишу процес спајања који се одвија између електричних невидљивих филмова и фолије. Додаци ове врсте адитива су соли, естери и амиди масних киселина, воскови, силицијум-диоксид, полимери као на пример поливинил-ацетат. Понекад се у пластомер убацује у fino дисперговани каучук при чему различито скупљање два полимера даје матирану површину и омогућује лакше раздвајање фолија и филмова [11].

2.6. Особине полимерних материјала

Данас, полимерни материјали су једна од најраспрострањенијих група материјала. Њихова распрострањеност огледа се у њиховој широкој примени у различитим гранама индустрије, почевши од аутомобилске индустрије па све до прехранбене индустрије. Полимерни материјали поседују своје механичке, хемијске, електричне и остале особине на завидном нивоу.

Квалитет особина ове групе материјала није константан већ зависи од различитих фактора као нпр. промене температуре, притиска или промене фазног стања. Променом ових фактора варира квалитет свих особина полимерних материјала.

2.6.1. Топлотне особине полимерних материјала

У овом поглављу биће описан утицај температуре и утицај притиска на топлотне особине полимерних материјала. Познавањем топлотних особина могуће је рачунски обухватити и извршити оптимизацију начина прераде како би се побољшао квалитет особина полимера.

Најважније топлотне особине полимерних материјала:

- Топлотна проводљивост,
- Густина,
- Топлотно издужење,
- Топлотна раширење,
- Топлотна дифузивност,

- Специфична топлота и
- Топлотна стабилност.

Топлотне особине полимерних материјала представљају групу која се састоји од разних особина или карактеристика као нпр. специфична топлота полимера. Ова топлотна особина је знатно већа него код већине других материјала, и њена вредност износи 0.9 - 2.1 J/gK. Затим у ту групу топлотних особина спада још и топлотна проводљивост чија је ознака λ , вредност ове особине се креће у интервалу од $\lambda = 0.17 - 0.71$ J/Kms, што говори да полимерни материјали поседују слабу топлотну проводљивост тачније понашају се као изолатори. Такође, у ову врсту особина спада и коефицијент топлотног издужења полимера, чија је ознака α . Овај коефицијент поседује вишу вредност у односу на коефицијенте других материјала и тај коефицијент износи $\alpha = 5 \cdot 10^{-5} - 15 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Када је реч о топлотним особинама полимера, температура прелаза између чврстог стања, вискоеластичног и вискофлуидног стања представља веома важну особину. Поред ове топлотне особине веома је битна и топлотна стабилност, ова особина представља способност полимера да у одређеном временском интервалу задржи захтевана својства у одређеним условима примене. Мера топлотне стабилности је горња гранична температура код које материјал губи највише 10% своје првобитне чврстоће. Полимери имају ниску вредност топлотне стабилности из разлога што на високим температурама долази до раздвајања мањих сегмената макромолекула.

Горње граничне температуре чврстоће полимера су релативно ниске:

- поливинил хлорид или полистирен до 80°C,
- полиестер до 150°C,
- епоксидне смоле до 125 - 290°C,
- полипропилен до 200°C.

Поред претходно наведених топлотних особина, постоји још и једна особина која је уско повезана са топлотном стабилношћу. Што је нижа вредност топлотне стабилности већа је вредност запаљивости полимера. С обзиром на запаљивост, полимерни материјали се могу поделити у групе:

- *Запаљив полимер*, полимер који се лако запали и под природним условима и гори брзо и бурно,
- *Негорив полимер*, ту групу чине полимери анорганског порекла,
- *Самоугасив полимер*, материјал који је лако запаљив али након уклањања извора пламена тренутно долази до његовог гашења. До његовог гашења долази јер се приликом горења таквог материјала развијају гасови који не допуштају приступ кисеоника у материјал. Такав самоугасив полимер представља поливинил хлорид.

Тачка на којој се развија запаљивост код већине полимерних материјала лежи у температурном интервалу од 300 - 400°C. Ради упоређивања, папир гори на температури од 230°C док неки од полимера горе експлозивно, неки развијају штетне гасове при њиховом сагоревању. Данас се већином израђују полимерни материјали који су самоугасиви, та самоугасивост се постиже додацима који спречавају процес сагоревања [16].

Топлотна проводљивост – пренос топлоте кроз материјал остварује се translацијом, ротацијом и вибрацијом група молекула. Тај процес је по својој природи релативно спор процес и резултира малом топлотном проводљивошћу аморфних материјала. Пренос топлоте је делотворнији код материјала који имају правилно урађену структуру. У такве материјале се убраја дијамнт и кварц. У овим материјалима атоми у кристалној решетки су повезани јаким ковалентним везама. Такође, имају и добру проводљивост при ниским температурама када се упореде са металима.

Полимери су као што је претходно речено лоши проводници топлоте. Полимери (PE, PP, PTFE, POM) имају нешто већи коефицијент топлотне проводљивости λ него аморфни полимери (PVC, PMMA, PS, EP). Коефицијент топлотне проводљивости за полимере

полиетилен (PE), полипропилен (PP), политетрафлуоретилен (PTFE) и полиоксиметилен (POM) повећава се сразмерно повећањем њихове густине, док се код аморфних полимера повећава порастом молекуларне масе (дужина структурних ланаца) јер топлотна енергија тече слободније уздуж ланаца него између њих.

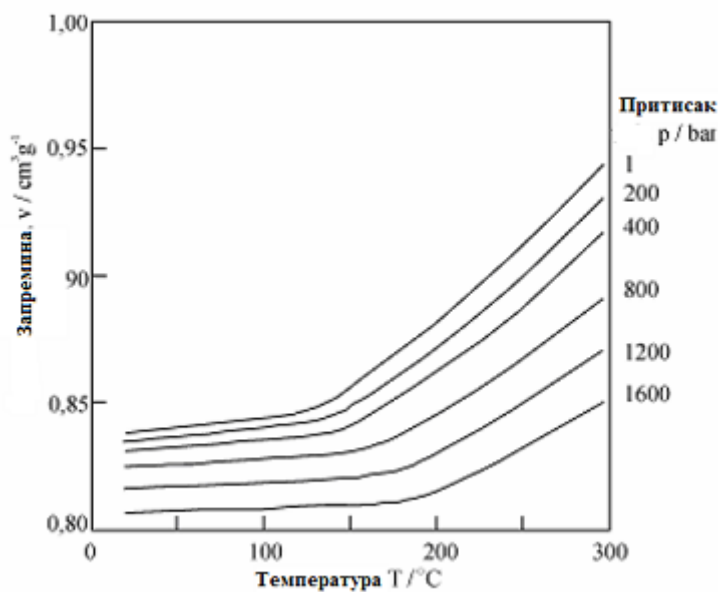
Пенасти полимери имају изузетно ниску вредност топлотне проводљивости, која је приближно средња вредност топлотне проводљивости полимера и пенила. Аноргански пуниоци, будући да имају коефицијент топлотне проводљивости λ већи од полимера, повећавају топлотну проводност пуњених полимера.

Постоји више модела израчунавања топлотне проводљивости пенастих или пуњених полимера. Најчешћи је Кнапов модел, изворно изведен за мешавине полимера.

$$\lambda_c = \frac{2\lambda_m + \lambda_f - 2\phi_f(\lambda_f - \lambda_m)}{2\lambda_m + \lambda_f + \lambda_f(\lambda_f - \lambda_m)} \lambda_m \quad (2.1)$$

где је: ϕ_f – удео пунила, $\lambda_c, \lambda_f, \lambda_m$ – топлотна проводљивост композита, пунила и матрице.

Густина (ρ) – представља битну карактеристику полимерних материјала. Обично се приказује графички као p - v - T дијаграм тј. као функција притиска и температуре, јер сама густина зависи од ова два фактора. Пример овог p - v - T дијаграм приказан је на примеру поликарбоната на слици 2.36 [16].



Слика 2.36 p - v - T ијаграм [16]

Густина изворних полимера (без адитива) при сталном притиску може се приближно изразити следећом изразом:

$$\rho(T) = \rho_0 \frac{1}{1 + \alpha(T - T_0)} \quad (2.2)$$

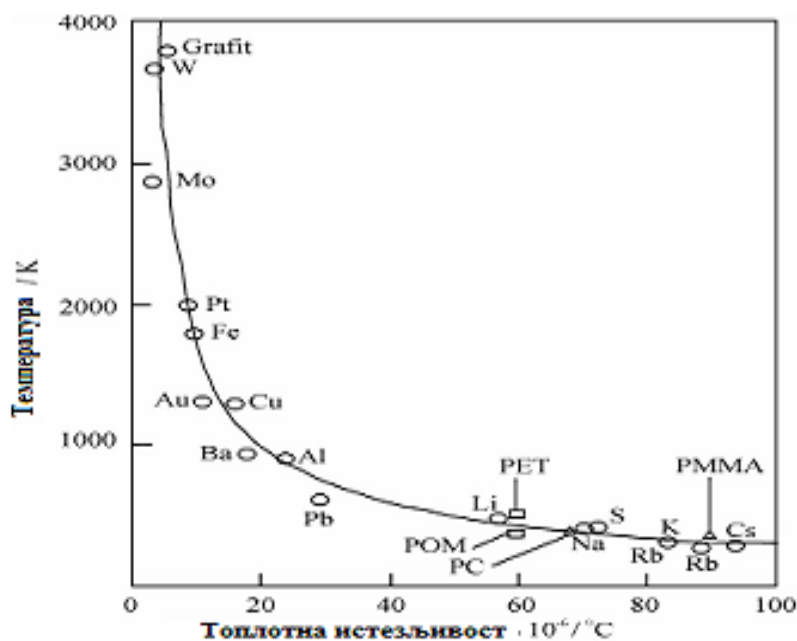
где је: ρ_0 густина при референтној температури T_0 и α топлотно издужење. Густина полимера пуњених анорганским пунилима израчунава се:

$$\rho_c(T) = \rho_0 \frac{\rho_m(T)\rho_f}{\psi\rho_m(T) + (1-\psi)\rho_f} \quad (2.3)$$

где су ρ_c, ρ_m, ρ_f – густина композита, полимера и пуниоца, а ψ – масени удео пунила.

Топлотно издужење (α) – показује колика је способност, тела које је израђено од полимера, да издужи када се то тело изложи температури од 1К. За многе материјале топлотно издужење је у уској вези са њиховом тачком преласка из чврстог у течност.

агрегатно стање, то је приказано на слици 2.37. Влакна и други пуниоци знатно снижавају тоplotно издужење полимерних материјала.



Слика 2.37 Топлотна истезљивост различитих полимерних материјала [16]

Топотно раширење (γ) (K^{-1}) – представља промену запремине или димензије неког тела које је изложено температури од 1K и константном притиску.

$$\gamma = \frac{1}{V} \left(\frac{\delta V}{\delta T} \right) \quad (2.4)$$

Топотно смањење K (Pa^{-1}), представља смањење запремине и димензије неког тела при деловању притиска при константној температури.

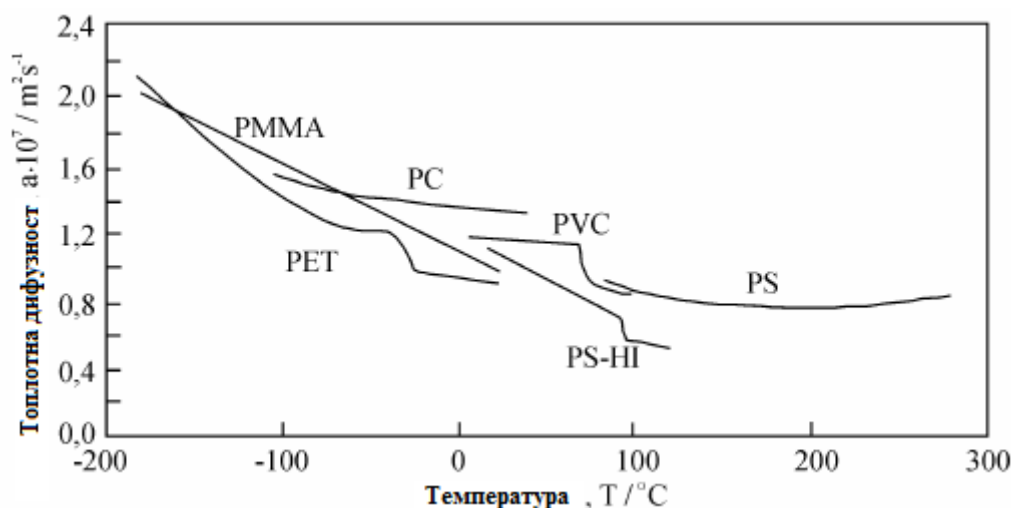
$$K = \frac{1}{V} \left(\frac{\delta V}{\delta p} \right) \quad (2.5)$$

Топлотна дифузивност α (m^2s^{-1}) је промене температуре тела тј. дефинише се као процес дифузије топлоте кроз материјал.

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p} \quad (2.6)$$

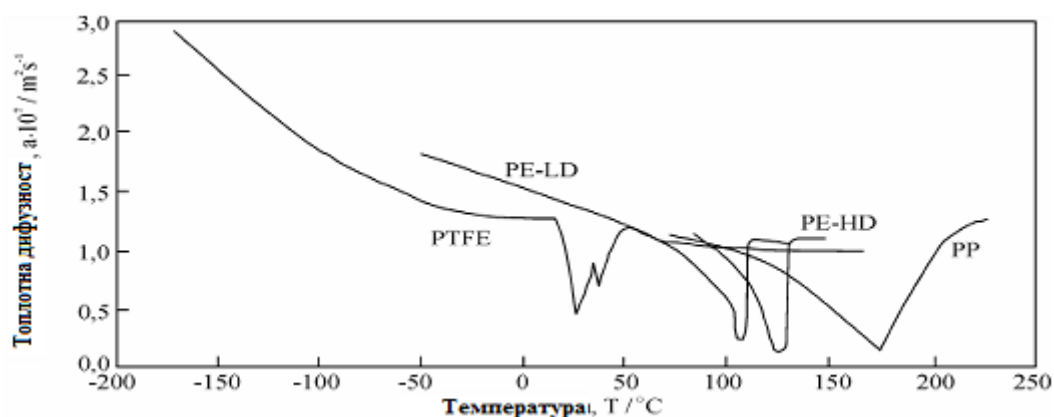
Где је λ – проводљивост, ρ – густина, C_p – специфични тоplotни капацитет.

Ова особина је врло важна за прераду материјала где је потребно прецизно одредити неке компоненте процеса као што је енергија и време процеса. Аморфни пластомери показују смањивање тоplotне дифузивности порастом температуре, слика 2.38 [16].



Слика 2.38 Зависност топлотне дифузивности од температуре одређених врста пластомера [16]

Топлотна дифузивност кристаластих пластомера се такође смањује порастом температуре, разлика у односу на претходни дијаграм је та да се у тачки преласка из чврстог у течност агрегатно стање јавља минимум на криви, слика 2.39. Повећањем чврстоће повећава се и дифузивност и најпре зависи од брзине кристализације односно брзини хлађења материјала [16].



Слика 2.39 Зависност топлотне дифузивности од температуре одређених врста пластомера [16]

2.6.2. Механичке особине полимерних материјала

Уопштено, полимерни материјали су вискоеластични материјали али се у одређеним ситуацијама могу понашати као еластични или као вискофлуидни материјал. Укупна деформација полимера под оптерећењем израчунава се помоћу обрасца:

$$\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 \quad (2.7)$$

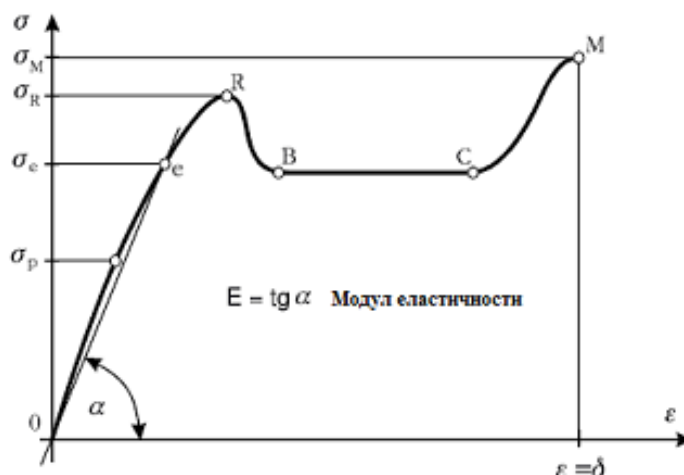
где су компоненте: ϵ_1 – еластична деформација, ϵ_2 – вискоеластична деформација и ϵ_3 – вискофлуидна деформација.

Механичка својства која се испитују код полимерних материјала су:

- Однос напрезања и деформације – испитивање се врши на чисто затезање, савијање и притисак. У ову групу спада и испитивање ударне жилавости,
- Испитивање односа између деформације и времена (ϵ -т дијаграм) – испитивање се врши уз присуство константног напрезања (пузања) или уз константну деформацију (релаксација напрезања),

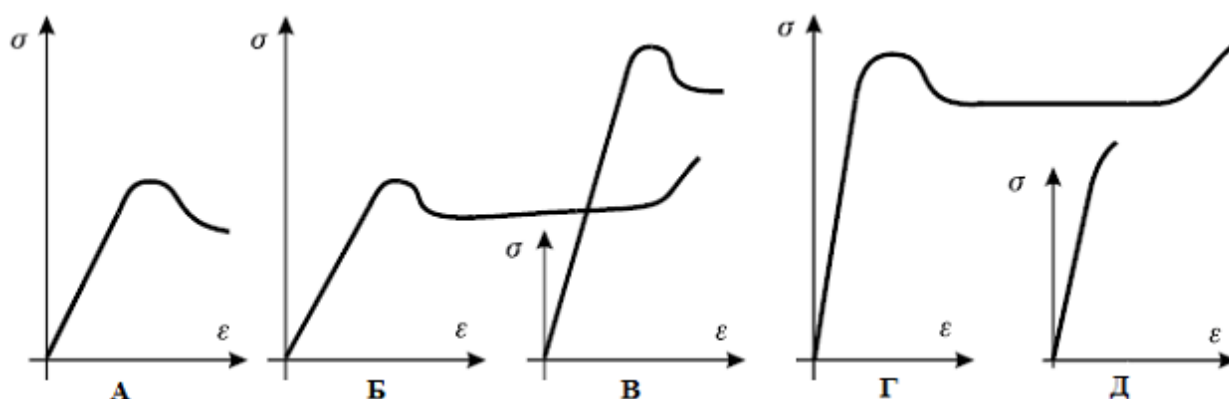
- Остатала испитивања – у ова испитивања спадају трајна статичка чврстоћа материјала, тврдоћа, замор и хабање.

Облик σ - ϵ дијаграма полимерних материјала у много већој мери зависи од брзине настајања оптерећења него код осталих грађевинских материјала. Што је већа брзина оптерећења, мања је зона пузања а већи је модул еластичности итд. На следећој слици дат је опши изглед σ - ϵ дијаграма.



Слика 2.40 Општи изглед σ - ϵ дијаграма [16]

Где је σ_p – граница пропорционалности, σ_e – граница еластичности, σ_R – граница развлачења, σ_M – чврстоћа, а затим В-С (процес пузања), $E = tg \alpha$ – модул еластичности. Такође поред основног облика овог дијаграма постоје и додатни облици дијаграма који су дати на следећој слици [16].



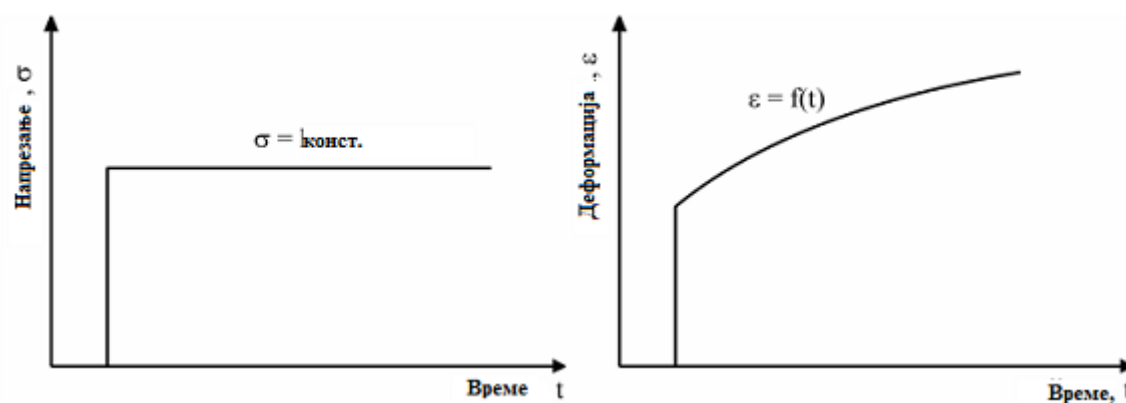
Слика 2.41 Различите врсте дијаграма σ - ϵ [16]

Оно што је карактеристично на сваком дијаграму је краткотрајна појава пузања полимерних материјала при испитивању.

Табела 2.4 Примери различитих типова σ - ϵ дијаграма

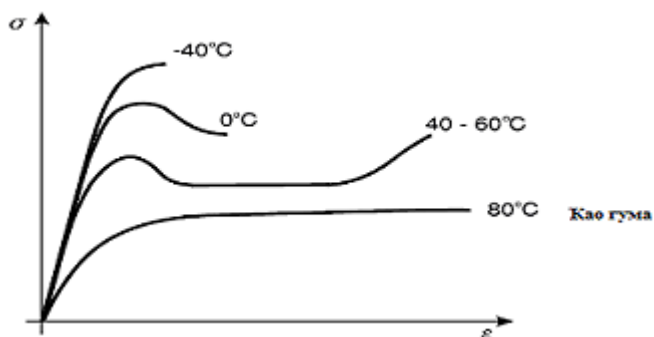
Типови полимера		Е	σ_R	σ_M	δ
А	Савитљиви и ломљиви	Мали	Мала	Мала	Умерено
Б	Савитљиви и дуктилни	Мали	Мала	Умерена	Велика
В	Крути и чврсти	Велики	Велика	Велика	Умерено
Г	Крути и дуктилни	Велики	Велика	Велика	Велико
Д	Крути и крти	Велики	Нема	Умерена	Мало

Пузање је процес који се базира на повећању деформације с временом уз константно напрезање, слика 2.42. Пузање је значајан процес код већине полимера, такође овај процес битно ограничава њихову употребу као конструкцијски материјал јер даје јасну слику о механичким својствима полимера. Као што се може видети на дијаграму (слика 2.39), порастом напрезања у временском интервалу t долази до појаве деформације тек када вредност напрезања (σ) достигне одговарајућу вредност при којој деформација (ε) постаје видљива.



Слика 2.42 Дијаграм процеса пузања [16]

У зависности од полимерних материјала (PE, PP, PVC, PC...), уколико одаберемо исти полимерни материјал, његов дијаграм неће бити исти уколико мењамо неке факторе који утичу на понашање тог полимерног материјала који изаберемо. Нпр. ако изаберемо поливинил хлорид односно PVC полимер, понашање тог полимера на дијаграму неће бити исто уколико мењамо напоменуте факторе (температура, притисак...) (слика 2.43) [16].



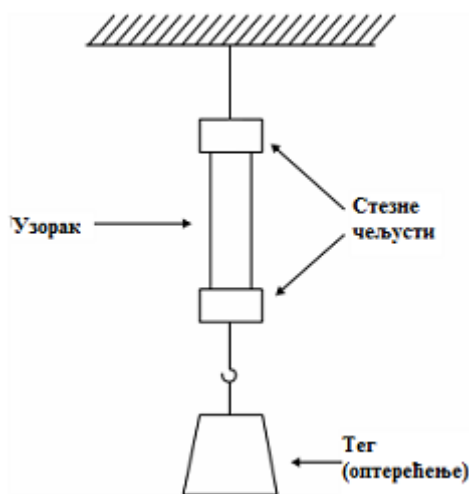
Слика 2.43 понашање поливинил хлорида при различитим температурама [16]

Механичке особине полимерних материјала могу варирати у зависности од многобројних фактора. Основна подела механичких особина се може сврстати у две групе. У групу добрих и у групу лоших механичких особина полимерних материјала. Међутим, постоји могућност да адитивима утичемо на промену и добрих и лоших особина полимерних материјала.

- *Добре особине:* мала густина, лако обликовање, отпорност према хемикалијама, добри су изолатори топлоте и електрицитета, способност пригушивања звука и лако се боје,
- *Лоше особине:* мала чврстоћа, димензионалана нестабилност, мала топлотна отпорност, лако су запаљиви, склони су старењу и разградњи.

Такође, процес којим се добија јасна слика механичких особина полимера односно његових могућности је процес или метода испитивања уз помоћ затезања. Овај начин испитивања представља стандардну методу испитивања механичких особина која омогућава, као што је речено, целокупан увид у способности полимера и уједно прати

понашање полимера до тачке лома укључујући и сам лом. Уређај који се користи за испитивање полимерних материјала је универзална кидалица и принцип рада кидалице шематски је приказан на следећој слици 2.44 [16].



Слика 2.44 Шематски приказ кидалице [16]

2.6.3. Електричне особине полимерних материјала

Приликом излагања неког тела електрицитету унутар тог тела долази до померања електрона, а када се електрони слободно померају онда се може рећи да кроз то тело протиче струја. Од хемијске структуре полимерних материјала доста зависе електричне особине полимера, а такође су електричне особине доста мање него механичке особине, разлог је то зато што механичке особине утичу на структуру полимерних материјала.

Испитивање електричних особина полимерних материјала базира се на одговору који полимер даје као реакцију на деловање електричног поља различите јачине и фреквенције.

Диелектричне особине и електрична проводљивост представљају основне електричне особине полимерних материјала које се испитују на сваком материјалу.

Диелектрична својства су:

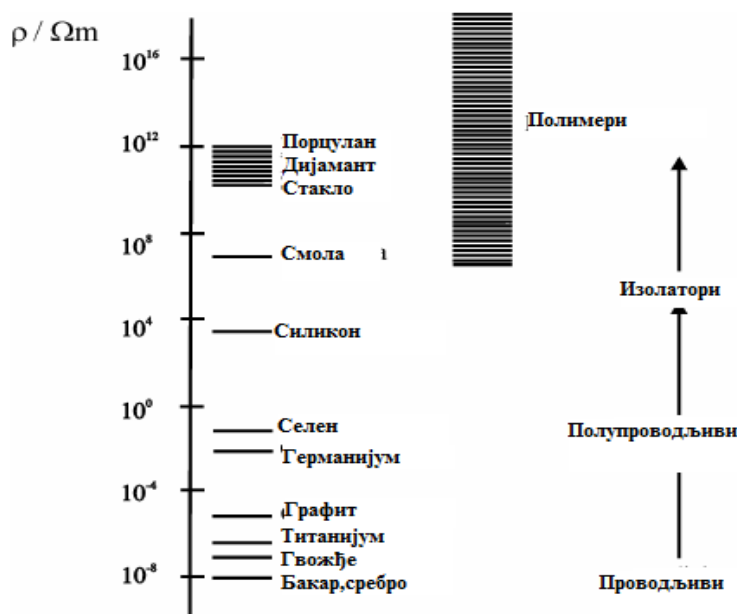
- *пермитивност* (диелектрична константа) – говори колика је способност полимера да смањи електростатичке силе између два тела. Што је вредност пермитивности односно диелектричне константе мања смањење електростатичких сила је веће,
- *релативна пермитивност* (диелектричност) – показује колико се пута повећа капацитет кондензатора ако се између његових плоча уместо вакума постави посматрани материјал,
- *електрична супцестабилност* – представља способност материјала да се поларизује,
- *фактор диелектричних губитака* – представља електричну енергију, која се у изолатору који је изложен електричном пољу претвара у топлоту. Ова појава је штетна за структуру полимерних материјала јер стварају трајне губитке,
- *Диелектрична чврстоћа* представља максималну јачину електричног поља коју изолатор може издржати без пробоја.

Својства електричне проводности су:

- *специфична електрична отпорност* представља меру отпорности материјала на кретање струје по јединици удаљености,
- *електрична отпорност површине* представља меру отпорности на кретање струје по површини,
- *електрична проводност* је инверзна величина специфичне отпорности,

- *температурни коефицијент отпора* представља промену отпора при промени температуре од 1К.

На следећој слици је приказана специфична електрична отпорност електричних материја. Види се са дијаграма да полимерни материјали имају врло високу електричну отпорност што су главне карактеристике изолатора [16].



Слика 2.45 Специфична електрична отпорност одређених материјала [16]

2.6.4. Хемијске особине полимерних материјала

Полимерни материјали због својих особина и примене, могу бити изложени разним деградационим утицајима који потичу из атмосфере као нпр. ваздух, сунчева светлост, топлота. Сви ови елементи изазивају разградњу полимерних материјала. Деградациони процес полимера назива се сваки процес који има за циљ да умањи својства полимера.

Разградња представља, као што је већ напоменуто, процес деградације који може утицати и на молекулску структуру полимера. С`обзиром да је природа око нас пуна елемената који могу да изазову разградњу полимерних материјала, у наредној табели су дати неки од узрока процеса разградње полимера.

Табела 2.5 Узроци и тип деградације полимерних материјала

Узрок	Тип деградације
Топлота	Топлотна
Кисеоник	Оксидација
Озон	Озонизација
Електромагнетно зрачење	Фотохемијска
Радиоактивно зрачење	Јонизација
Механичка напрезања	Механика
Атмосферски узроци	Старење
Биолошки узроци	Биоразградња
Хемијски узроци	Хемијска

Полимерни материјали током свог животног века, у сталном су контакту са спољашњим факторима околине. Веза која се формира између полимера и животне средине резултира деградацијом полимерних материјала, и мора се напоменути да за овај

процес не постоји решење које ће га у потпуности зауставити већ се овај процес може само успорити или одложити.

Процеси разградње полимера одвијају се у разним процесима као што су процеси производње, прераде, употребе полимера и њиховог одлагања. Због својих различитих особина разне врсте полимерних материјала другачије се понашају приликом процеса деградације, међутим једна ствар је свим полимерима, а и осталим материјалима заједничка, а то је да при било каквом виду употребе сваки материјал мора бити изложен процесу деградације.

Дакле, као што се може видети процеси деградације су непожељни процеси. Пошто не постоји начин како би у потпуности анулирали процес деградације, постоје алтернативна решења у виду одлагања процеса деградације разноврсном употребом додатака, тачније стабилизатора.

У стабилизаторе спадају топлотни стабилизатори, антиоксиданси, антиозонати или ултравиолетни стабилизатори, о напоменутим стабилизаторима је било речи у поглављу о адитивима полимерних материјала. Избор стабилизатора који ће се користити у процесу одлагања деградације зависи од типа полимера и условима у којима се користи полимер.

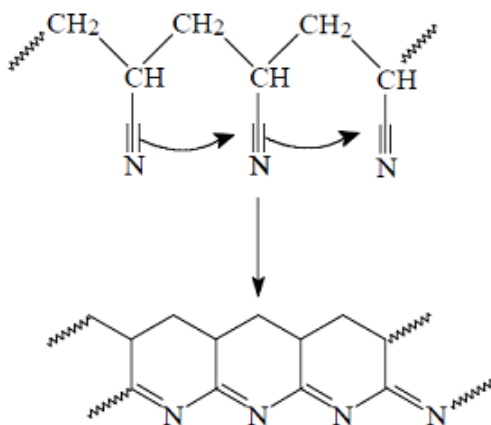
Разградња полимера може бити изазван процес. Уобичајно за овај начин настајања деградације је то што се користи у истраживачке сврхе, како би разазнали понашање и особине неког полимера. Процес разградње настаје услед хемијских реакција између околине и полимера. Та хемијска реакција утиче на цепање примарних или секундарних веза, што резултира смањивањем молекуларне масе, овај процес одвија се кроз три механизма:

- Цепање основних ланаца,
- Цепање бочних ланаца који су везани за основни ланац полимера,
- Јонске каталитичке реакције бочних ланаца.

Цепање основних ланаца – овај процес цепања основног ланца може се одвијати као на два начина:

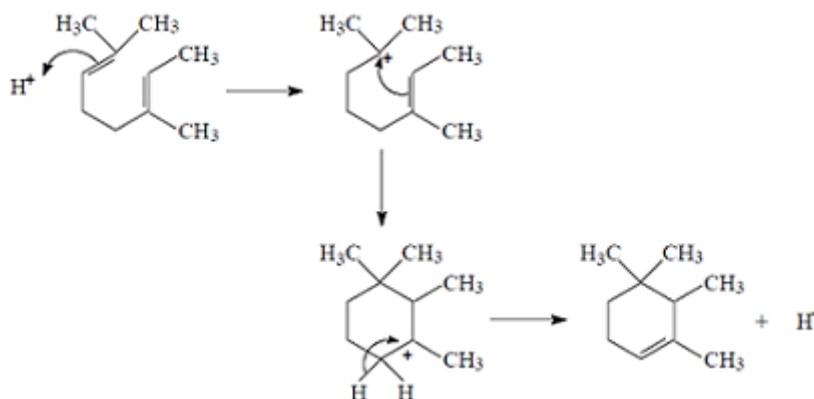
- *статичко цепање* – ова врста цепања основних ланаца изводи се над фрагментима мањег степена полимеризације. Настали продукти после статичког цепања по хемијском саставу се углавном разликују од мономера. То могу бити олигомери или продукти разградње мономера.
- *деполимеризација* – представља процес супротан полимеризацији што значи да функционише тако што долази до деградације мономера почевши од краја ланца. Продукт овог типа цепања основних ланаца је мономер или продукти разградње мономера.

Цепање бочних ланаца који су везани за основни ланац полимера – представља цепање бочних ланаца који су везани на основни полимерни ланац и представља претварање линеарних макромолекула у цикличне или умрежене структуре (слика 2.46).



Слика 2.46 Процес цепања бочних ланаца који су везани за основни ланац полимера [16]

Јонске каталитичке реакције бочних ланаца – представљају процес који резултира умрежавањем или спајањем макромолекураних ланаца као што се види на примеру полиизопрена (IR) (слика 2.47).



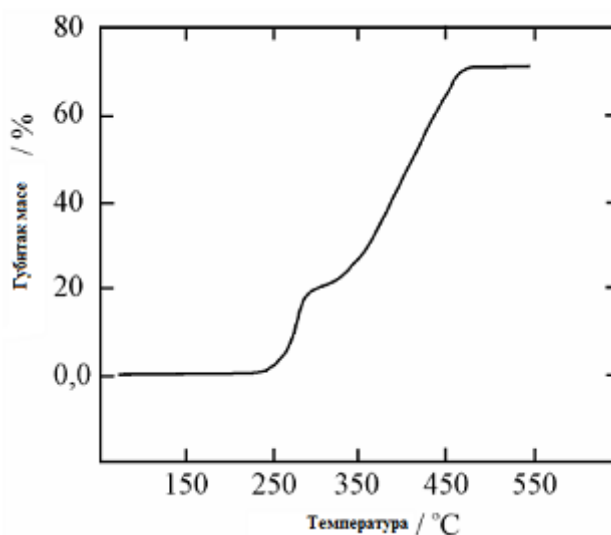
Слика 2.47 Процес јонске каталитичке реакције [16]

Из табеле број 2.5 могу се видети разни покретачи процеса разградње, међу свим покретачима процеса деградације полимерних материјала издвајају се неколико деградацијских процеса, а ти процеси су:

- топлотни деградацијски процеси,
- оксидациони деградацијски процеси,
- озонизација и
- старење.

Топлотна разградња – представља процес разградње који настаје као последица концентрације топлотне енергије и померања макромолекула у формираним хемијским везама.

За велики број полимера енергија топлоте у температурном интервалу од 200–300°C је довољна за кидање веза. Топлотна разградња следи Архениусову законитост, а то је да при температури изнад 400° С брзина разградње већине полимера нпр. полиакрилонитрила јако је велика и потпуна је кроз пар минута (слика 2.48) [16].



Слика 2.48 Процес топлотне разградње тј. њен утицај на полимер полиакрилонитрилат [16]

Оксидациона разградња – полимери су као и сва органска једињења изузетно подложни оксидацији. Деловање кисеоника зависи у највише од тога да ли је макромолекул zasiћен или незасићен. Кисеоник представља најважнији покретач оксидације, процеса који тежи да разгради скоро сваки полимер.

Док незасићени полимери подлежу оксидацији већ при собној температури, засићени су релативно стабилни, а до знатнијег утицаја оксидације долази тек при повишеним температурама или у присуству ултраљубичасте светлости. Оксидациона разградња полимера одвија се механизмом слободних радикала. Принцип на коме се базира овај процес је стварање и разградња хидропероксида.

Озонизација - процес озонизације се разликује од процеса оксидације. Пошто озонизација није аутокаталитички процес, због тога се реакција зауставља чим се спречи довод озона том процесу. Овај процес озонизације делује само на површину полимера. Микропрслине, представљају прве показатеље озонизације и оне се јављају смеру деловања оптерећења, те напрслине се називају и као озонске напрслине.

Старење - атмосферско старење је процес разградње у природним условима као што су сунчеви зраци, топлота, кисеоник. Када је заступљено дејство ових фактора истовремено се одвијају термооксидација и фотооксидација. Уз ове факторе када се дода и истовремено деловање воде, влаге, кише, неког вида абразије (ветар) и атмосферске нечистоће, онда настаје процес старења. Интензитет процеса старења зависи у коликој мери је полимер био изложен овим утицајима, а и такође зависи од нивоа присутности ових фактора.

Добијање информација односно истраживање које би нам дало одговоре о процесу старења материјала у околини дуготрајан је процес. Постоје различите методе лабораторијског испитивања убрзаног старења где се симулира реално окружење са реалним условима.[16]

2.7. Полимерни материјали и животна средина

Полимерни материјали представљају једне од најраширенијих материјала у човековој околини. Због пораста производње полимера, а највише у аутомобилској индустрији, човек је свакодневно изложен дејству полимерних материјала. Дејство тих полимерних материјала који се налазе у природи могу лоше утицати како на околину тако и на људе.

Полимерни материјали представљају све више заступљен избор материјала код дизајнирања и развоја сложених и потрошачких производа, као што су аутомобили. Када се посматра са аспекта животне средине и њене реакције са полимерним материјалима, може се видети какав деградациони утицај имају полимерни материјали на животну средину. Међутим, због ограничености знања које је прошло време носило, људи су прибегавали неправилном одлагању и депоновању ових материјала (слика 2.49).



Слика 2.49 Неправилно одлагање полимера у природи [22]

Иако смо у свету где технологија представља решење за сваки проблем, процес рециклирање хетерогених полимера који проналазе примену у издржљивим производима је захтеван и представља врло компликован процес. Да би се разумео значај процеса

рециклаже, прво је потребно знати шта представља тај процес и који све процеси рециклаже постоје.

Рециклирање представља процес издвајања материјала из отпада и процес његовог поновног коришћења. Овај процес се базира на сакупљању а затим и на селектирању отпадних материјала како би се они поново искористили при изради нових материјала.

Рециклирање се састоји из четири врсте рециклажа односно процеса рециклирања, а те четири врсте рециклаже су:

- примарна рециклажа,
- секундарна рециклажа,
- терцијална рециклажа,
- квартарна рециклажа.

Примарна рециклажа – представља процес поновног коришћења чистог и неконтаминираниог отпада из процеса производње која се одвија у машинама.

Секундарна рециклажа – представља процес прераде контаминираниог отпада који се обично преводи у грануле при чему не долази до промене хемијске структуре основног полимера. Процеси који обухватају овај вид рециклаже су: прање материјала, сортирање и сепарација отпада, смањење величине отпада, филтрирање и друго. Главни недостатак ове врсте рециклаже је то што се погоршавају особине материјала, њиховим излагањем води и киселинама. Због тога разлога материјали који се добију овим видом рециклаже се не могу користити у прехранбеној индустрији.

Терцијална рециклажа – при овој врсти рециклаже долази до деполимеризације полимера. Терцијална рециклажа се може извести процесом пиролизе. При тим процесима настају мономерни који се после посебног третмана пречишћавања могу користити за производњу полимера. Терцијална рециклажа се може применити на полиестере, полиамиде и полиуретане.

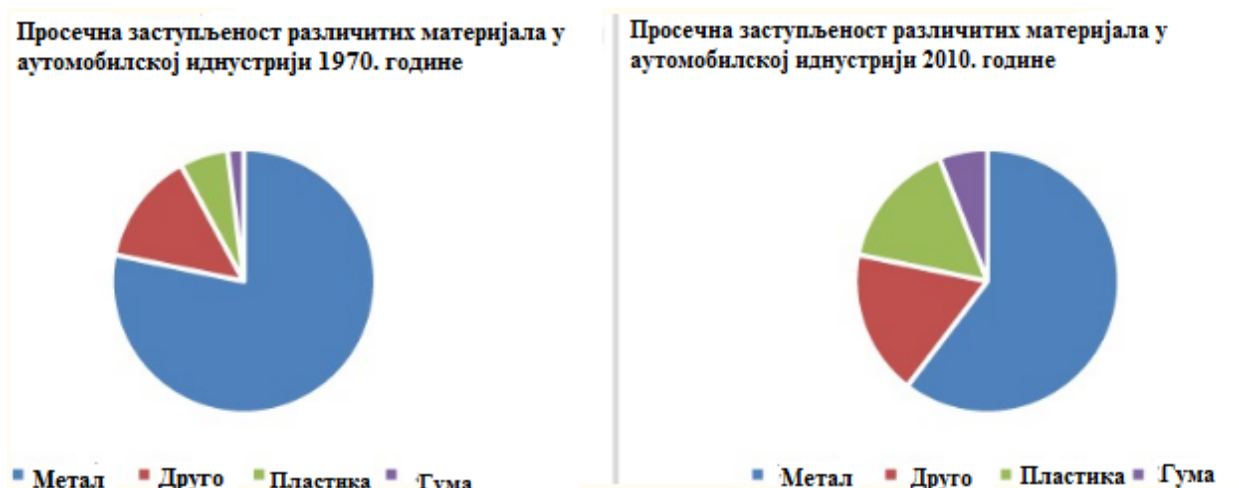
Квартарна рециклажа – представља процес при коме се може искористити садржај отпадних полимера. Овај поступак је најбоља опција за управљање отпадом када је прикупљање, сортирање и одвајање отпадне пластике тешко изводљиво или економски неисплативо. Иако су полимери релативно богат извор енергије ова техника рециклаже се сматра еколошки неадекватном због емисије гасова приликом обављања овог процеса.

Рециклирање полимерних материјала у аутомобилској индустрији је сложено и изазовно јер иако се једноставни пластични производи нпр. боце са водом или посуде за храну лако рециклирају, полимерни материјали који се користе у аутомобилској индустрији су хетерогени имају јаку повезаност са другом пластиком и зато их је тешко рециклирати [22].

ТРЕ или термопластични еластомери су материјали који представљају додатни изазов, јер се не могу растопити и рециклирати због своје трајне структуре умрежених веза. Чак и када се материјал може рециклирати, често се и даље депонује јер се у ствари физички не може обновити. На пример, пенасти материјали се обично налазе у простору возила где се не може лако приступити (врата) и одвојити од других материјала. Када се материјал дуго задржи ту, ту долази до контаминације таквог материјала услед дејства воде или других узрочника контаминације [22].

Материјали нове генерације попут угљених влакана додатно отежавају процес рециклирања због карактеристичне сложености. Обично се налази у комбинацији са неким другим делом односно неким другим материјалом и тешко га је одвојити.

Проценат полимерних материјала у просечном возилу је порастао са 6% у 1970. на 16% у 2010, а очекује се да ће достићи 18% у 2020. години (слика 2.50).



Слика 2.50 Пораст заступљености полимера кроз године [22]

Утицај полимерних материјала на животну средину је велик, и огледа се кроз емисију штетних гасова који производе аутомобили приликом кретања. Да би се смањио ниво издувних гасова који аутомобили произведу, потребно је направити нове еколошки чистије агрегате возила. При тој производњи агрегата користили би се полимерни материјали, јер би њиховим коришћењем смањили тежину, а самим тим и растеретили мотор при раду што би резултирало мањом производњом штетних гасова.

Полимерни материјали су одговорни за смањење утицаја штетних гасова на животну средину. Један од начина којим се може утицати на животну средину је описан у претходном пасусу. Међутим, са друге стране мали број полимера у аутомобилској индустрији се рециклира (предње конзоле или кућишта за батерије код електричних аутомобила, одбојници..) док се остали делови депонују.

Са технолошког аспекта могућа је рециклажа полимерних материјала који се користе у аутомобилској индустрији. Доступни су одлични прегледи техничких аспеката и могућности рециклирања пластике и композита.

Да би рециклирање нових материјала било успешно потребно је да, отпад који се састоји од полимерних материјала претвори у вредну полазну сировину за друге производе слабијег квалитета. Јер би самим процесом рециклаже утицали на његове особине. Да би се развој оваквих начина рециклирања кретао у правом смеру, производи који настају кроз процесе рециклирања морају имати сличне особине као полимери комерцијалне класе.

Нове иновативне технологије биће најважније за побољшање квалитета рециклаже. Једна таква технологија је развијена од стране компаније *SiCion*, таква технологија омогућава високо прецизно одвајање полимера од остатака дробилице. Процес се ослања на систему одвајања одређених споредних материјала који су спојени са полимером који се налази у аутомобилима [22].

Полимерни материјали нуде прилику за значајно смањење тежине возила, а још увек испуњавају захтеве за чврстоћом. На тај начин полимери постају основне полазне сировине хемијске и аутомобилске индустрије, индустрије које су највише погођене захтевима за очувањем животне средине.

3. Примена полимерних материјала у аутомобилској индустрији

Данас је аутомобилска индустрија изложена све већим притиском односно потражњом за аутомобиле са високом ефикасношћу горива и високим перформансама. Такође, ова индустрија мора и да задовољи правила која су везана за заштиту животне средине. Све индустрије материјала као индустрија полимера, индустрија челика, алуминијума и магнезијума и осталих материјала раде на свом усавршавању како би имали одговор на променљиве потребе аутомобилске индустрије јер су све ове индустрије уско повезане.

У времену модерне технологије напредни полимерни материјали и композити утичу на побољшан изглед, функционалност и сигурност аутомобила док истовремено смањују тежину возила и већ дужи период испуњавају разне захтеве корисника. Нови прописи и трендови за којима свет аутомобилизма иде уз напредне технологије коју су нам доступне. Аутомобилска индустрија има добру основу за повећану употребу напредних полимера како би испунила све надолazeће захтеве у будућности.

Аутомобилска индустрија све више тежи ка систематском приступу и одабиру материјала. Избор материјала за возило, представља најважнији корак у дизајну аутомобила јер од карактеристика материјала који се користе при изради аутомобила зависе карактеристике самог аутомобила. Постоји велики број материјала који се могу користити при изради каросерије и шасије аутомобила, али дизајн аутомобила при његовој изради од почетка представља најтежи изазов.

За произвођаче аутомобила најважнији критеријуми које материјал треба да испуни су:

- *Мала тежина* – овај критеријум је најважнији критеријум за све аутомобилске компаније јер је у уској повезаности са смањењем штетних гасова које аутомобили избацују приликом рада, и на тај начин у великој мери утиче на ефекат стаклене баште, затим на ефикасност потрошње горива, побољшање перформанси аутомобила,
- *Економска ефикасност* – сваки производ како у аутомобилској индустрији тако и у другим индустријама се поставља пред последњи фактор који даје целокупну слику производа, а то је цена. Овај фактор одређује да ли било који нови материјал било да је полимер и неки други има прилику да буде изабран за компоненту возила,
- *Сигурност* – сваки део који се угради на возило мора да задовољи овај фактор пре уградње. Овај критеријум има у виду способност компоненти аутомобила да апсорбује ударну енергију кроз контролисане начине и механизме кvara,
- *Рацкличност* – рециклирање производа аутомобилске индустрије представља један веома компликован задатак са којим се ова индустрија бори. Сваки материјал па тако и полимерни материјал има ограничен век трајања без обзира на заштитна средства која теже да продуже век полимерног материјала. Производња, коришћење и рециклажа, а нарочито рециклажа, представљају најважније бриге са којима се ова индустрија свакодневно суочава тежећи да пронађе нове начине рециклаже и производње.

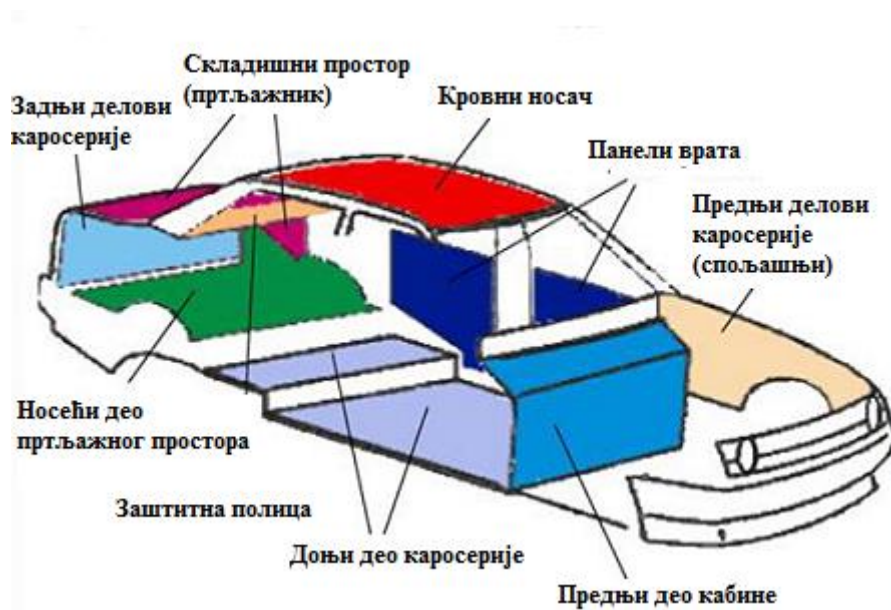
Полимерни материјали и полимерни композити, чија се употреба у унутрашњости возила огледа у спољашњим деловима, заштитама, осветљењу, почињу да се користе и у другим системима на возилу [18].

Много напредних конструктивних решења у процесу добијања нових полимерних материјала, омогућило им је да заузму велики део како спољашњости тако и унутрашњости аутомобила. Коришћење полимера на аутомобилима будућности довешће до тога да се већина делова аутомобила израђују од полимера (слика 3.1).



Слика 3.1 Садашња и будућа заступљеност полимерних материјала [17]

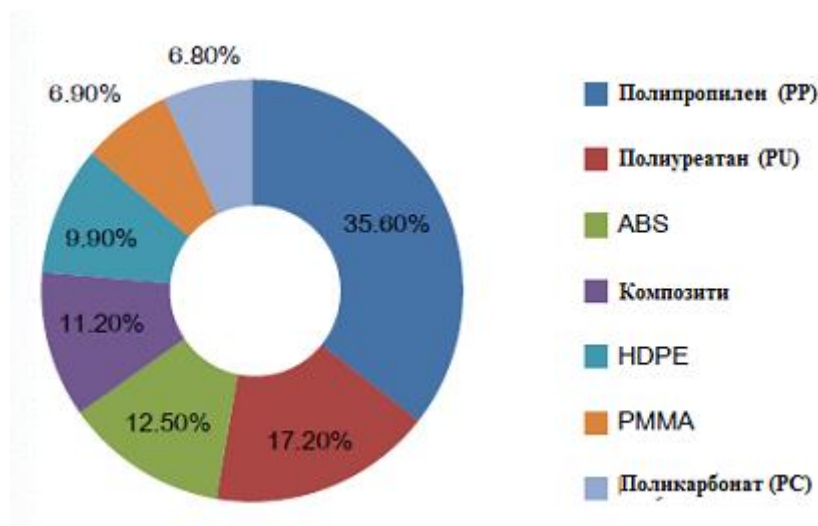
Како расте интензитет за потражњом што лакших возила, истраживања показују то да ће полимерни материјали играти главну улогу у аутомобилској индустрији у годинама које долазе (слика 3.2).



Слика 3.2 Будући полимерни делови у аутомобилу [17]

Оно што полимерни материјали нуде су карактеристике које су на завидном нивоу. Управо због таквих карактеристика(безбедност, перформансе...) полимери представљају материјале чији се обим знатно повећао при производњи аутомобила. Карактеристике које нуде полимерни материјали огледају се у малој тежини, нижим трошковима, могућност израде као јединствена сложена компонента и сл.

Полимерни материјали као што су PP, PU, ABS, HDPE, PMMA и PC чине водеће материјале при изради већине компонента аутомобила (седишта, браници, светла...) (слика 3.3) [19].



Слика 3.3 Процент заступљености водећих полимера у аутомобилској индустрији [19]

Водеће компаније у свету аутомобила дошле су до сазнања да се појава термопластике као примарног полимера може искористити за већи број компонената у унутрашњости аутомобила. Такав подухват доноси велике изазове, јер аутоматски боља конструктивна решења повлаче за собом већа инвестициона улагања у те пројекте.

Полимерни материјали такође налазе примену и код погонског агрегата возила и код кључних система за функционисање аутомобилског агрегата. Таква врста полимерног материјала је полиамид 66 односно (РА66). Користи се за велики број компоненти испод тзв. *under the hood* (испод хаубе) простора. [19]

Особине које карактеришу простор где се налази погонски агрегат су топлота, вибрације и оптерећења и у таквим условима полимери као што је РА66 налази примену у многобројним компонентама (усисни вод ваздуха до агрегата, заштитне пластике агрегата, резервоари и систем за довод горива, хладњаци или заштитна пластика за место у коме се налази уље за подмазивање мотора) (слика 3.4).



Слика 3.4 Примена полимерних материјала на компонентама агрегата [19]

Полиамид (РА) се налази у компонентама агрегата, као што се види на претходној слици, а такође налази примену и у унутрашњости аутомобила (кваци, делови склопа ваздушних јастука, инструмент табле, полуге за седишта и папучице). Просечан садржај полиамида у путничким возилима износи 11 kg, а очекује се да ће тај садржај порасти на 13 kg у неколико наредних година. Пораст садржаја полиамида резултира заменом тог полимера са полифенилсулфидом (PPS) полимером који налази примену у компонентама

испод хаубе аутомобила. Овај полимер се користи углавном на екстеријеру аутомобила само на местима где се не захтева завршна обрада високог квалитета (слика 3.5) [19].



Слика 3.5 Примена полиамида у ентеријеру аутомобила [19]

Полиуретан (PU) се користи углавном за производњу седишта. Флексибилна врста полиуретана користи се за производњу меморијске пене која се може постављати и у вратима аутомобила и у заштитним облогама ентеријера аутомобила. Имају улогу да уграђивањем таквих облога обезбеде квалитетну изолацију (буку и вибрације). Такође се може користити за производњу наслона (наслон за руке и главу), волана, подлога за патоснице, средишњи део конзоле, инструмент табле (слика 3.6). Просечни садржај полиуретана у путничком аутомобилу износи око 23 kg. Полиуретанске пене заузимају чак 55% простора у савременим аутомобилима.



Слика 3.6 Примена полиуретана у ентеријеру аутомобила [19]

Полипропилен (PP) користи се како у ентеријеру тако и у екстеријеру, полипропилен чини око 64 kg садржаја возила, а као и остали полимери, присуство полипропилена ће у наредних неколико година, тачније до краја 2020. године порасти на 84 kg. [19].

Полипропилен се користи у деловима ентеријера (командна табла, носачи командне табле, облоге А, В и С стубова, складишна места у вратима..) (слика 3.7), док и у деловима екстеријера проналазе примену (спојери, браници, дифузори на спортским аутомобилима, каросеријски делови и облоге лукова на точковима). Такође, ојачани

полипропилен се користи за замену неких делова од метала, тачније за замену делова испод хаубе.



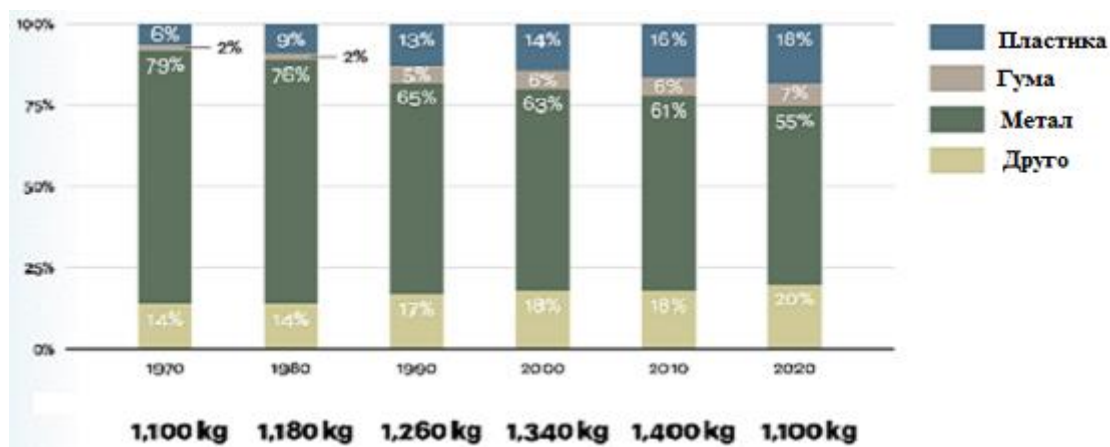
Слика 3.7 Примена полипропилена у ентеријеру аутомобила[19]

Акрилонитрил бутадиен стирен (ABS) користи се већим делом у унутрашњости за делове (средишње конзоле, унутрашње огледало, кућиште и наслони за возача), док се на спољашњости аутомобила користи углавном за производњу оквира ретровизора. Очекује се да ће просечни садржај овог полимера пасти са 10,5 kg на 9,5 kg, због присуства полипропилена, тако да ће се употреба овог полимера смањити у даљим производним подухватима (слика 3.8) [19].



Слика 3.8 Примена акрилонитрил бутадиен стирена на аутомобилу [19]

Најбољи показатељ примене полимерних материјала у аутомобилској индустрији се може видети на следећој слици, која говори о порасту садржаја полимерних материјала и других материјала али нарочито полимера кроз одређени број година [19].



Слика 3.9 Пораст садржаја полимерних материјала од 1970. године до 2020. године [19]

Како су се полимерни материјали развијали кроз историју, развијала се и посебна група полимерних материјала а то су полимерни материјали са угљеничним влакнима. Ова група полимерних материјала представља највеће научно достигнуће из ове области до сада, пронашла су примену у гранама индустрија где се захтева велика отпорност материјала на хабање и где се јавља потражња за што мањом масом делова од полимерних материјала. Индустрија у којој се највише користе угљенична влакна је аутомобилска индустрија односно посебна грана аутомобилске индустрије која се бави производњом возила формуле 1.

Угљенична влакна поседују изузетне карактеристике које се одликују високом крутошћу, чврстоћом и малом тежином. Такође, добри су електрични и топлотни проводници и могу имати константну запремину приликом промене температуре.

Угљенична влакна открио је 1958. године *Roger Bacon* загревањем целулозе до карбонизације. Примена угљеничних влакана повећава сигурност због веће апсорпције ударне енергије. Угљенична влакна представљају решење које је најближе идеалном конструкцијском материјалу, јер је њихова густина далеко мања него густина метала [20].

Сва произведена угљенична влакна добијају се од истих полазних сировина а то су полиакрилонитрил односно (PAN), угљеника, регенерисана целулоза или катран. Угљенична влакна чија је основа утемељена на PAN - у добијају се из отопљене смесе из које се мокре или суве нити преводе у влакна. Затим долази до стабилизације и карбонизације тих нити и на крају настају угљенична влакна (слика 3.10).



Слика 3.10 Процес добијања угљеничних влакана [4]

Квалитет угљеничних влакана зависи од броја влакана у намотају влакана. Колико су угљенична влакна добар материјал показује то да се ова влакна користе за свемирске летелице, приликом ове употребе врши се намотавање од 3000 и 12000 влакана, док за

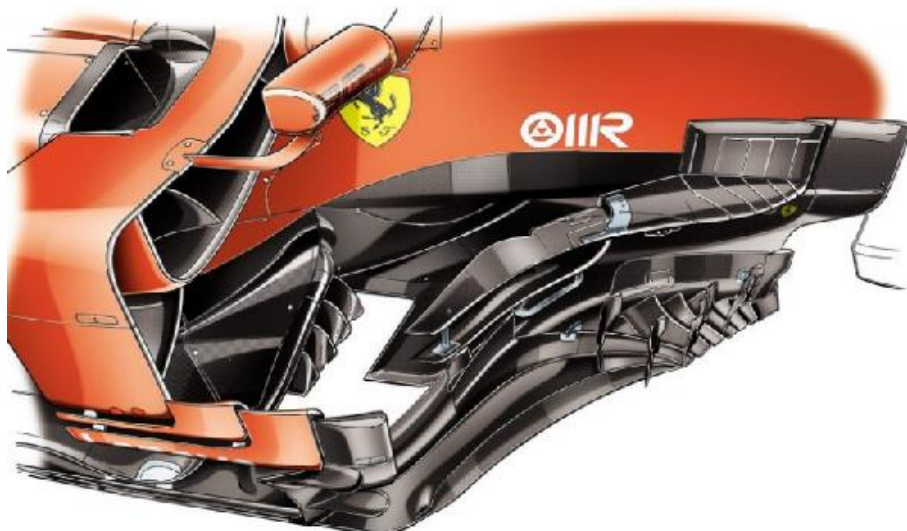
неку другу употребу може се намотавати и 32000 влакана. Међутим, то говори да је овај материјал јефтинији ако има више влакана [11].

Такође, примена угљеничних влакана нашла је своје место и у формули 1 (F1), спорту који је сигурно најпознатији мото тркачки спорт на свету. Због ригорозних захтева који овај спорт поседује, а такође и изузетна физичка напрезања возила. Угљенична влакна представљају веома погодан материјал за израду формуле 1.

Повећање температуре приликом обраде ових влакана и примени напрезања током прераде повећава се модул влакана. Када се температура обраде угљеничних влакана повећа на више од 1800°C , долази до појаве високих и ултра високих влакана са пречницима око 4,4 mm. На тај начин, добијају се ојачана угљенична влакна која нуде сигурност [20].

На пример, претходно описаним процес израђује се носећа шасија аутомобила формуле 1 која је веома чврста, а та чврстина омогућава да се оптерећење са тачке удара пренесе на конструкцију, што резултира да се већа оптерећења апсорбују без оштећења [21].

Остали материјали који се користе за производњу аутомобила у формули 1 укључују полимерна влакна попут арамида и најлона. Када се направи паралела, арамида због својих карактеристика губе у поређењу са средњим модулом угљеничних влакана веће чврстоће. Арамида своју употребу налазе унутар предњих плоча крила или других аеродинамичких делова које се налазе на предњем крају аутомобила као тзв. бумеранг односно бочно аеродинамичко крило, такође арамида су саставни део задњих спојлера и задњих крила (слика 3.11).



Слика 3.11 Приказ ткз. бумеранга или бочног аеродинамичног крила [21]

Поред ове примене угљеничних влакана, она се такође могу користити и код система за ослањање и управљање, као и за трансмисиони систем.

Систем за ослањање и управљање код аутомобила формуле 1 мора бити опремљени опружним вешањем, а сваки точак мора бити везан за каросерију аутомобила са два споне. Правила прописују да делови вешања у местима састава са пнеуматичима и каросеријом морају имати високу специфичну затезну чврстоћу како би се спречило кидање точкова од каросерије усред несрећа или кварова (слика 3.12) [20].



Слика 3.12 Приказ система ослањања и управљања на предњем делу формуле [21]

Агрегати формуле 1 производе се од материјала који су строго регулисани. Коленасто вратило и блок мотора морају бити израђени од ливених или кованих алуминијумских легура. Исто тако, коленасто и брегасто вратило морају бити израђени од легура на бази гвожђа, а клипови од алуминијумских легура. Узгред, изузев полимера користи се и велика количина алуминијума за израду одређених компоненти формуле. Вентили су направљени од легура на бази никла, кобалта, гвожђа или титанијума.

Точкови и пнеуматици код аутомобила формуле 1 морају имати четири непокривена диска која су направљена од истог металног материјала. У наредним година организација формуле 1 предвиђа да ће се за ове сврхе користити легура магнезијума.

Поред очигледних предности употребе угљеничних влакана која се огледају у сигурности, комфору и естетском изгледу употреба ових влакана такође има директну везу са великим повећањем перформанси. Будући да су угљенична влакна пет пута лакша од челика, формуле су доживеле велико смањење тежине од настанка овог спорта. Већи део заслуге попримају полимерни материјали који су донели предности у виду уштеде тежине. Ови знатно лакши аутомобили су у стању да ефикасније маневришу на стази и имају снажније убрзање, а све се то резултира бржим круговима око стазе.

Ултра лагана карбонска влакна користе се на каросеријама у виду крилца како би се постигла тражена маса и аеродинамика. Да би имали јасно схватање колико су ова влакна доживела напредак, говори податак да 20% тежине каросерије заправо долази из боје и налепница, ово даје идеју о томе колико су ти делови заправо лаки [20].

Осим што обезбеђују боље време круга, компоненте направљене од угљеничних влакана могу поднети и знатно већа напрезања. Чак се и погонске осовине и мењачи производе од карбонских влакана и захваљујући томе могу да пренесу огромне обртне моменте на пнеуматике болида формуле 1. Данас, колико је та индустрија доживела напредак, говори нам то да једини део који није направљен од угљеничних влакана јесте мотор односно агрегат [20].

Будући да је формула 1 веома скуп спорт, научници који се баве материјалима ће наставити да истражују начине уз помоћ којих ће побољшати постојеће материјале. Било какав напредак у структури или материјалу аутомобила формуле 1 значио би огроман профит за тркачки тим, као и шансе за победу [20].

Још од самог почетка Формуле 1, тимови који су се такмичили у овом спорту трудили су се да поседују последње технологије које би им омогућиле успех у овом спорту. Управо кроз то огледа се и будућност полимерних материјала. Перспектива полимера у овом спорту имаће тенденцију напредовања кроз надолazeће периоде јер полимерни материјали могу да задовоље велики број захтева и правила који се постављају пред формулу 1.

Погодности које нуде полимерни материјали се најбоље могу видети у материјалима који се користе данас у формули 1 (угљенична влакна и многа друга влакна, арамиди, полиамид ...).

Увођењем полимерних материјала кроз дугу историју овог спорта добила се формула која данас представља сам врх инжењерства и уједно представља резултат споја између аутомобилске индустрије и индустрије материјала. Велики део формуле један чине полимерни материјали који се примењују на битнијим деловима формуле (пнеуматици, аеродинамична крила, спојлери, шасија, заштитни рамови...).

Поред формуле која представља врх у свету аутомобилизма, полимерни материјали нису заобишли ни просечне породичне аутомобиле. Израда савремених породичних аутомобила (седана) је незамислива без полимерних материјала. Велики број компоненти ових аутомобила добиле су нови облик, позицију и естетски изглед како би задовољиле ергономске захтеве. Из тог разлога је потребан материјал који може да обезбеди разне модификације на аутомобилима, зато је у аутомобилској индустрији први одабир на пољу материјала, полимерни материјал.

Технолошки напредак који се огледа у примени ових материјала, утицао је на аутомобилску индустрију која је произвела је лакше, брже и сигурније аутомобиле него икад раније. Добили смо аутомобиле мање масе а веће сигурности и све то захваљујући правилном примени полимерних материјала. Полимерни материјали се могу искористити до свог пуног потенцијала само ако се разуме целокупан процес од полазне сировина до крајњег облика неке компоненте. Наука која се бави проучавањем ове врсте материјала имала је и имаће значајан и важан корак у будућности полимерних материјала у аутомобилској индустрији.

4. Закључак

Аутомобилска индустрија је једна од најстаријих индустрија, која је кроз историју имала константан напредак. Још од Хенрија Форда, који је први представио аутомобил Форд Т утемељени су корени аутомобилској индустрији. Затим је уследио период стагнације због светских ратова али је убрзо након тога аутомобилска индустрија наставила тамо где је стала пре ратова.

Златан период аутомобилске индустрије уследио је после другог светског рада који је донео велика технолошка открића на свим пољима аутомобилске индустрије, а нарочито на пољу материјала који се примењују при производњи аутомобила и осталих превозних средстава. Стандардни материјал као што је челик првобитно је заменио алуминијум средином 20. века. Затим је алуминијум нашао своју примену у авиоиндустрији, и убрзо након тога је једна посебна група материјала у последњим деценијама 20. века и у првим деценијама 21. века заменила постојеће материјале и постала незаобилазна група материјала при изради аутомобила, а то су били полимери.

У почетку, полимерни материјали су се користили само на неким незапаженим компонентама аутомобила, да би после прве веће примене на шасији аутомобила *Chevrolet Corvette* разбили предрасуде који су се постављали пред полимерне материјале. Убрзо након тога, ови материјали почели су да се користе на свим деловима аутомобила осим на агрегатима. Данас, када је група полимерних материјала постала бројна (PP, PE, PC, PVC, ABS, PP66....), просто је незамисливо да на аутомобилу не постоји део који бар мало не садржи ове материјале или је у контакту са њима.

Како се полако улази у период када ће се производи аутомобилске индустрије све више прилагођавати индивидуалном захтеву корисника, разноликост при конструкцији, пројектовању, планирању и дизајнирању постаће ново правило аутомобилске индустрије. Аутомобили ће наставити да се производе у свим облицима и величинама и за сада само постоји један материјал који може да испрати тај тренд а то су полимерни материјали. Свестраност полимерних материјала подржаће напоменути тренд прављена разноврсних аутомобила који ће се производити на истим или сличним шасијама како би се пронашла уштеда у времену производње.

Полимерни материјали и полимерни композити ће значајно смањити тежину будућег аутомобила и као резултат тог смањења масе биће потребно мање стварање енергије за његово покретање. Захваљујући полимерним материјалима и њиховим особина од којих је једна мала маса, аутомобили ће нудити велику ефикасност што се тиче коришћења необновљивих извора енергије. Међутим, и полимери нису свемогући материјали па се процењује да ће за неколико година основни аутомобил бити аутомобил са хибридним погоном. Хибридна возила, енергију за своје функционисање добијаће преко мале количине горива и велике количине соларне енергије која ће се добијати преко соларног пријемника који се израђује од полимерних материјала. На такав начин, смањиће се стварање угљендиоксида и ефекат стаклене баште.

Процена је да ће за 20 година аутомобили имати могућност да нас сами одвезу на било које место које желимо користећи GPS системе. Нови полимерни материјали биће све више прилагођени модерним хибридним и електричним возилима. Индустрија полимерних материјала и даље ће наставити блиску сарадњу са аутомобилском индустријом како би заједно могли да одговоре на будуће изазове користећи нове развијене технологије које ће било какве захтеве моћи да реализују.

Данас водеће фабрике аутомобила пласирају аутомобиле који су врло скупи јер је сам процес израде веома скуп. Зато се део новца тих истих фабрика улаже у развој и усавршавање самих материјала од којих се израђују аутомобили, а то значи да научници и инжењери проучавају саме полимерне материјале и остала једињења како би пронашли нове материјале који ће испунити захтеве корисника аутомобилске индустрије.

Литература

- [1] Peters, I.: Handbook of composites, Chapman & Hall, London, 1998.
- [2] Mangino, E.: The future use of structural composite materials in the automotive industry, Torino, 2007.
- [3] A.P.M.E.: A material of choice for automotive industry, Brisel, 1999.
- [4] Милорадовић, Г.: Композити у аутомобилској индустрији, факултет хемијског инжењерства и технологије, Загреб, 2011.
- [5] Marvel, C.S.: An Introduction to the Organic Chemistry of High Polymers. John Wiley
- [6] Mark, H. F., N.M. Bikales: Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Wiley and Sons, New York, 1964.
- [7] Lenz, R.W.: Organic Chemistry of Synthetic High Polymers. Wiley-Interscience, New York 1967.
- [8] G. Odian.: Principles of Polymerization. McGraw-Hill, New York 1970
- [9] W. Billmeyer, Jr.: Textbook of Polymer Science. John Wiley and Sons, New York, London, Sydney, Toronto, 1971.
- [10] B. Voilmen: Polymer Chemistry, Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin 1973
- [11] <https://www.scribd.com/document/69615583/POLIMERNI-MATERIJALI>, приступљено 11.08.2019.
- [12] H. R. Allcock, F. W. Lampe: Contemporary Polymer Chemistry, Prentice-Hall, Englewood Cliffs 1981.
- [13] http://www.mojrad.net/pregled_teksta.php?id=4260LScCNBSwgai6LsE5dgnVLScCNBSwgai6LsE5dgnV, приступљено 11.08.2019
- [14] W. Billmeyer, Jr.: Textbook of Polymer Science, John Wiley and Sons, New York, London, Sydney, Toronto 1971
- [15] H. R. Allcock, F. W. Lampe: Contemporary Polymer Chemistry. Prentice-Hall, Englewood Cliffs 1981.
- [16] Kovačić, T.: Struktura i svojstva polimera, sveučelišni udžbenik, Split, 2010.
- [17] <https://www.aeletters.com/wp-content/uploads/2017/02/AEL00016.pdf>, приступљено 14.08.2019.
- [18] <https://www.scribd.com/document/403442113/6-plastic-in-automotive-pdf>, приступљено 14.08.2019.
- [19] <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=8194>, приступљено 14.08.2019.
- [20] <https://www.formula1.com/en/latest.html>, приступљено 15.08.2019.
- [21] <https://hemijazaosnovnuskolu.files.wordpress.com/2017/05/polimeri-i-zac5a1tita-c5beivotne-sredine.pdf%20literatura%20za%20zivotnu%20sredinu>, приступљено 15.08.2019.
- [22] <https://www.mfkv.ac.rs>, приступљено 18.06.2019.
- [23] <https://dokumen.tips/documents/1-uvod-polimeri-i-polimerni-materijaliwwdpmftnunsacrsdokumentilaboratorijazadeformisanjefifspdf.html>, приступљено 11.08.2019.
- [24] <http://www.rolotim.rs/brizganjeplastike.html>, 18.06.2019.
- [25] <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-ekstrudiranje.htm>, 18.06.2019.
- [26] <https://www.plasticisers.org/applications/automotive/>, приступљено 18.06.2019.
- [27] <https://www.slideshare.net/acapsi/predavanje-14>, приступљено 28.08.2019.
- [28] Srivastava, V.: Advances in Automotive Polymer Applications and Recycling, Researchgate, India 2013.
- [29] <http://moodle.mfkg.rs>, приступљено 27.09.2019.
- [30] <http://ba.eceng-petmachine.com/pet-blowing-machine/automatic-linear-pet-blow-molding-machine/6-cavity-fully-automatic-blowing-machine.html>, приступљено 27.09.2019.
- [31] <https://www.manufacturingguide.com/sv/kalandring>, приступљено 27.09.2019.

- [32] <https://theindustryanalysis.com/2019/07/12/automotive-wiring-harness-market-outlook-to-2026-by-size-share-trends-and-growth-development-forecast/>, приступљено 27.09.2019.
- [33] <http://ena-usa.com/products-services/rubber-plastic-parts/>, приступљено 27.09.2019.
- [34] <https://bimmertips.com/how-to-prevent-yellow-haze-headlight-lenses/>, приступљено 28.09.2019.
- [35] <https://www.torque.com.sg/features/jaguar-land-rover-classic-brings-modern-infotainment-to-classic-cars/>, приступљено 28.09.2019.
- [36] <http://www.sdos.rs/brisaci/>, приступљено 28.09.2019.
- [37] <https://motointegrator.com/hr/hr/upute/savjeti-za-odrzavanje/Zujanje-tijekom-voznje-Nepod-cjenjujte-problem-u-pitanju-moze-biti-lezaj-kotaca>, приступљено 28.09.2019.
- [38] <https://www.silux.rs/proizvodi/vesanje-i-pogon/pogoni-osovine/manzetne/4224128/manzetna-poluosovine-mitsubishi-space-star-98-05>, приступљено 28.09.2019.
- [39] <https://www.youtube.com/watch?v=arWoIjk6seA>, приступљено 28.09.2019.
- [40] <https://www.deloviautomobila.rs/auto-delovi/category/sistem-za-napajanje-i-ubrizgavanje-goriva/>, приступљено 28.09.2019.
- [41] <https://polovni-delovi.com/greska/404.php>, приступљено 28.09.2019.
- [42] Jovanović, M, Adamović, D. i drugi, Mašinski materijali, Kragujevac, 2003.