



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машински материјали

Број индекса: 83/2013

Владан Б. Гојковић

Полимерни материјали за фолије

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др. Драган Адамовић-ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да да преглед развоја и употребе полимерних материјала за фолије. На почетку анализирати захтеве које морају да испуне ови материјали у погледу састава, структуре и својстава. У даљем делу рада описати процес добијања полимерних материјала као и њихову прераду у фолије. Затим дати примере производа и кратак преглед технологије израде фолија у једном конкретном предузећу. На крају рада дати закључак и преглед коришћене литературе.

Препоручена литература:

- [1]. Јовановић, М., Адамовић, Д., Лазић, В., Ратковић, Н.: *Машински материјали*, Машински факултет Крагујевац, 2003.
- [2]. Bogdan Nedić, Vladislav Đukić, *Plastične mase* – Mašinski fakultet, Kragujevac, 2004
- [3]. Milenko Plavšić, *Polimerni materijali* – IP „Naučna knjiga“ Beograd 1996.
- [4]. Интернет материјали

Завршни рад треба да садржи следеће целине:

- 1. Увод,
- 2. Историјски развој полимерних материјала,
- 3. Основне карактеристике полимерних материјала,
- 4. Процес добијања полимерних материјала,
- 5. Прерада, карактеристике и примена полимера који се прерађују ламинацијом,
- 6. Примери и технологија добијања производа у облику фолије у предузећу „ФОКА“,
- 7. Закључак,
- 8. Литература.

У Крагујевцу,
септембар 2016. године

Ментор:

Проф. др. Драган Адамовић

Резиме

Суштина овог рада се заснива на упознавању полимерних материјала њихових карактеристика у хемијском смислу као и у употреби, добијање и поједини поступци прераде у индустрији.

Од поменутих сегмената ниједан није описан до сваког детаља, јер сваки од њих засебно представља веома широку област. Сваки део технологије описане у овом раду се може користити као посебан рад и испитивања.

Једна од технологија која је детаљније описана кроз завршни рад јесте израда фолија од пластичних маса технологијом дувања и њихова припрема за даљу прераду штампање, лакирање тј. припрема површине, како би боју или лак што боље прихватила површина фолије.

Кључне речи:

- полиетилен,
- ламинација,
- фолије.

Abstract

The essence of this work is based on getting to know their characteristics of polymeric materials in chemical terms as well as in the use, acquisition and processing of individual processes in the industry.

Of these segments, none is described in every detail, because each of them separately is a very broad area. Every part of the technology described in this paper can be used as a separate work and tests.

One of the technology that is described in more detail through the final work is the development of sheeting of plastic by blow molding technology and their preparation for further processing printing, coating, ie. Surface preparation, to paint or varnish to better accept the film surface.

Keywords:

- polyethylene,
- lamination,
- foil.

Садржај

1. Увод	1
2. Историјски развој полимерних материјала	2
3. Основне карактеристике полимерних материјала	4
3.1. Основни појмови	4
3.2. Састав и структура	5
3.3. Класификација полимера	8
3.4. Својства полимерних материјала	8
4. Процес добијања полимера	12
4.1. Полиетилен (PE)	12
4.2. Полипропилен (PP)	13
4.3. Поливинилхлорид (PVC)	14
4.4. Поливинилденхлорид (PVDC)	14
4.5. Полимеризација ланчаном реакцијом	16
4.6. Полимеризација степенастом реакцијом	18
5. Прерада полимера у фолијеи процесламинације	20
5.1. Прерада полимера	20
5.1.1. Екструдирање	20
5.1.2. Ваљање (каландровање)	21
5.2. Процес ламинације полимерних материјала	22
6. Примери и технологија добијања производа у предузећу „ФОКА“	24
6.1. О предузећу „ФОКА“	24
6.2. Понуда производа предузећа „ФОКА“	25
6.3. Технологија производње фолије	26
6.4. Потребна опрема при изради фолије технологијом дувања	29
6.4.1. Довод материјала у екструдер	29
6.4.2. Екструдер	29
6.4.3. Сито	30
6.4.4. Глава дувалице	31
6.4.5. Вођење помоћу расхладних ваљака и контрола дебљине фолије	33
6.5. Припрема полимерних фолија	34
6.6. Обрада површине пламеном	34
6.7. Обрада површине јонима гасова(бомбардовање)	34
7. Закључак	36

1. Увод

Захваљујући могућностима прилагођавања различитим захтевима, развој полимерних материјала константно је у порасту. Полимерни материјали примењује се у практично у свим областима људске делатности, продиру у све поре савременог живота, почев од амбалаже, посуђа за једнократну употребу и одеће па до производа високе технологије, за примену у медицинској, компјутерској техници и сл. (слика 1.1). Могу се користити и као заштита појединих производа од светлосног зрачења, нагле промене температуре итд.. [1]



Слика 1.1 Подручије примене полимерних материјала [1]

У оквиру завршног рада детаљније су описане врсте полимерних материјала, основне карактеристике полимера, прерада и примена поступка ламинације.

Пето поглавље разматра и описује примере и технологију добијања производа (фолија) применом полимерних материјала у фирми „Фока“ Горњи Милановац. Пример где се може видети прерада сировине која се у облику гранула прерађује и пратећи линију производње, где се на крају добија финални производ (слика 1.2).



Слика 1.2 Полимерни материјал у облику гранула и производ добијен прерадом полимера [1]

2. Историјски развој полимерних материјала

Коришћење полимерних материјала везује се за 1866. год. када је први пут употребљена реч полимер-молекул који се састоји из много (грчки *poli*-много) делова (грчки *meros*-део). Природни полимерни материјали као што су: дрво, памук, кожа, разни лакови, смоле и др. усавршавали су се током времена захваљујући развијању биљака хемијским путем, избору сировина и усавршавању поступака прераде. Појавом неколико важних открића као што су штављење коже, вулканизирање каучука и сл. доводи до масовне употребе ових материјала али не и до развоја нових материјала, сва та открића се заснивају на емпирији и случају. Најједноставније речено, није постојала идеја да тако различите супстанце чине једну јединствену групу коју називамо **полимери**.

Детаљнији рад на испитивању структуре и саставу органских полимерних материјала почео је крајем деветнаестог века, углавном тежњом да се произведе материјал који би био замена за ове материјале. Године 1909., контролисаном синтезом фенола и формалдехида (базне киселине) добијају се смоле у виду праха, пресовањем уз загревање у калупима добија се готови производ (бакелит). Ове синтетичке смоле личиле су на коштане материјале од који су израђиване копче, дршке и сл. Показало се да имају врло добра електроизолациона својства па су касније много коришћене у ову сврху. [1]

Бакелитне копче никако нису могле да достигну нека својства природног, као и модификована целулоза у „**целулоид**“ који је коришћен за израду билијарских лоптица (слика 2.1) уместо знатно скупље слоноваче.



Слика 2.1 Билијарске лоптице прављене од „целулоида“ [1]

Лоптице од вештачке кости су се лако ломиле као и производи од бакелитног материјала, одликује их велика кртост. Такође, касније произведена вештачка кожа и свила су мање квалитетне имитације природних производа. Тако је термин „вештачки“ материјал ушао у употребу, нажалост у смислу мање вредног-мање квалитетног материјала.

Добрим познавањем молекулске структуре, морфологије материјала и њихова повезаност са својствима и могућност прераде може се доћи до производње квалитетних материјала на чему се и инсистира у савременој науци и инжењерству материјала.

Најевидентнији пример је поливинилхлорид (PVC) један од најважнијих савремених полимерних материјал, који је произвела велика хемијска фирма (IG Farbenindustrie).

Захваљујући савременим знањима о полимерним материјалима од „отпадног материјала“ направљена је сировина важна за производњу цеви, плоча, фолија, итд.. [1]

Други светски рат довео је од стратегијског значаја за каучук као и друге полимерне материјале и улагања у њихову индустријску синтезу. После рата, створени капацитети су захтевали даљи развој и примену полимерних материјала како би се ова индустрија одржала. Ситентизовани су нови полимери за влакна, пластику или гуму, захваљујући открићу нових мономера и развоју нових каталистичких система као и развоју техника синтезе. [1]

Индустрија полимера тежи да освоји тржиште новим, јефтинијим производима. Представљањем производа за свакодневну, најчешће и једнократну употребу као што су: посуђе које се баца након коришћења, јефтина одећа, обућа, играчке и сл. знатно су променили начин живота и навике потрошача. Интезивно добијају примену у пракси.

Упоредно са описаним растао је и интерес за полимерима у чврстом стању.

У новије време група научника доводи до побољшања квалитета савремених материјала и постигнута су својства неочекивана за полимерне материјале. Основне слабости јефтиних полимерних материјала, као што су мала механичка чврстоћа и термичка постојаност, постигла су такав ниво код полимерних материјала да чине њихове главне квалитете. [1]

У табели 2.1. приказано је поређење неких савремених полимерних материјала са металима.

Табела 2.1 *Поређење својстава неких савремених полимера са металима [1]*

Материјал	Затезна чврстоћа (N/mm ²)	Затезна чврстоћа по јединици масе
Алуминијумске легуре	1,0	1,0
Челик (извлачен)	5,0	1,7
Полиетилен (p-fenilentereftalamid) као влакно(kevlar)	5,4	10,0
Полиетилен као високо оријентисано влакно	5,8	15,0

Развој полимерних материјала прати скроман и тежак почетак али у данашње време и њихов велики значај. То потврђује чињеница да до сада ниједна индустријска грана није доживела тако високу стопу раста као индустрија полимерних материјала. [1]

3. Основне карактеристике полимерних материјала

3.1. Основни појмови

Како би што боље разумели поједине карактеристике полимерних материјала и њихове промене услед употребе и прераде, у овом делу биће изложен кратак преглед основних појмова.

Супстанца је материјал одређених хемијских својстава (нпр. вода, сумпор, шећер ...).

Сировине су природне, непрерађене супстанце. Употребљавају се за сваки ступањ у добијању материјала (нпр. угаљ, нафта...). [1]

Материјали су технички употребљиве супстанце. Врло ретко је то природна, непрерађена супстанца, а обично се у природној супстанци, физичким и хемијским процесом, постиже промена на атомском и/или вишим структурним нивоима, што чини ове супстанце технички употребљивим.

Макромолекули су хемијска једињена саграђена од великог броја атома.

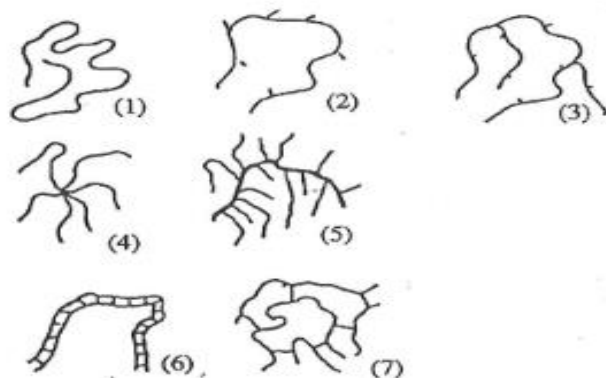
Ланчаста структура је особина која карактерише макромолекуле и даје им заједничка својства.

Полидисперзност означава различите величине макромолекула који чине исту супстанцу, односно различите дужине њихових ланаца.

Мономер је молекул који садржи један такав део- мер, од кога се добијају полимери.

Степен полимеризације је број мономерних остатака молекулске масе M_n везаних заједно у макромолекул масе M . Ланци састављени од једне врсте мера називају се хомополимери, ланци састављени од више различитих мера који се понављају називају се кополимери, док се термин полимери данас користи као збирни за обе ове групе. [1]

Полимерне мреже могу да буду дводимензионалне и тродимензионалне. Оне се могу приказати као просторне структуре у којима је већи број полимерних ланаца међусобно повезан ковалентним везама или мостовима састављеним од више ковалентних веза, тако да ове мреже могу да буду различитог степена регуларности, густине и крутост, (слика 3.1). [2]



Слика 3.1 Шематски приказ различитих скелетних изомера макро-молекула

1-линеарни полимер, 2-разгранати ланац са кратким бочним ланцима, 3-разгранати ланац са дугим и кратким гранама, 4-звездаст макромолекул, 5-калемљен полимер, 6-лествичаст полимер, 7-умрежен полимер. [1]

Реакције за добијање полимера могу се поделити у два основна типа: полимеризација и поликондензација.

Полимеризација је поступак добијања полимера путем поступног сједињавања молекула једног или више нискомолекулских супстанци са растућим активним центром.

Поликондензација је процес образовања полимерних молекула из di- или poli-функционалних једињења, праћен издвајањем нуспродуката у виду нискомолекулских супстанци.

Полиадиција је реакција синтезе полимера при којој се продукти реаговања функционалних група не издвајају, већ задржавају везани у насталом макромолекулу.

Поступци за синтезу полимераразликују се четири основна синтетска поступка за производњу полимера: синтеза у маси, у раствору, емулзији и суспензији. Избор одговарајућег поступка зависи од већег броја фактора: хемизма, облика, својстава која би полимер требао да има, економских и еколошких услова и др.

Синтеза у маси са гледишта комплексности је најједноставнији метод. Поступак овог типа није лако остварити и углавном се ради о полимеру у течном стању. Добијени полимер може да буде растворан или не растворан у мономеру. Синтеза у маси даје врло чисте полимере, разумљиво због присутности полимера, мономера и иницијатора у систему. [1]

Синтеза у раствору разликује се од предходног поступка по томе што се систем разблажује додатком растварача за мономере, а обично и за добијене полимере. Додавање растварача олакшава одвођење топлоте из реакционе смеше. Растварач може да буде запаљив и токсичан, може да утиче на механизам реакције и својства продуката.

*Синтеза у емулзији. Ако мономери могу да полимеризују емулговани у води, може да се обезбеди мала вискозност реакционог система, важна за температурну контролу, без опасности од пожара и тровања, који прате руковање органским растварачима. Овај поступак се назива *emulzaciona polimerizacija* и за разлику од осталих нуди низ предности. Температура може да се одржава константном, захваљујући води. Може се остварити висок степен полимеризације, а такође и неполимеризован остатак, мономер може релативно лако да се уклони дестилацијом воденом паром. [1]*

Синтеза у суспензији. У овом поступку мономер је у облику ситних лоптица, глобула, распрашен у нерастварачу, у коме се одржава мешањем без примене емулгатора.

3.2. Састав и структура

Полимерне материјале чине полимери и додаци. Структура је један од основних појмова науке о материјалима, као и савремене физике и хемије. Полимерни материјали имају веома разноврсну структуру што представља основне проблеме при анализи утицаја полазних сировина и технолошких параметара њихових карактеристика.

Да би се ови утицаји одредили, потребно је познавање хемијских, механичких, термичких, електричних и других својстава пластичних маса, што подразумева обимна истраживања као и усавршавање метода за истраживања. [2]

Полимери представљају на нормалним температурама чврсте супстанце, при чему мономери могу да буду у сва три агрегатна стања. Структура полимера је у општем случају аморфна, што значи да у овим супстанцама не постоји неки правилан распоред честица – изграђивача. [2]

Код полимера се као честице – изграђивачи јављају **макромолекули**, који по облику могу да буду :

а) линеарни полимери - полимери у облику ланца, (слика 3.2)



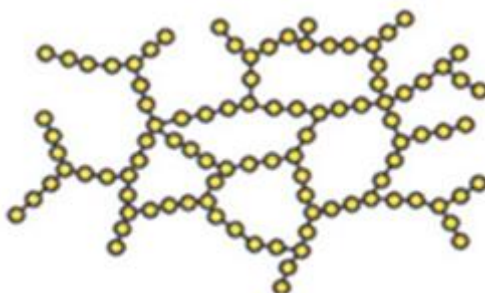
Слика 3.2 Линеарни полимер у облику ланца [2]

б) разгранати полимер - попречни ланци се додају на главни ланац приликом синтезе полимера, (слика 3.3)



Слика 3.3 Разгранати полимер [2]

в) умрежени полимери - се састоје од тродимензионалних мрежа, где су присутне три или више ковалентних веза (слика 3.4).

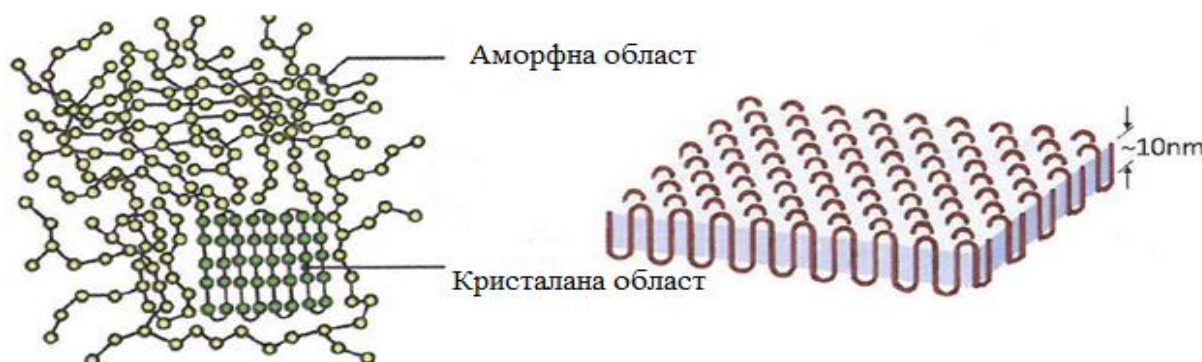


Слика 3.4 Умрежени полимер [2]

Сви ови облици макромолекула имају у полимерима потпуно хаотичне распореде, при чему између суседних макромолекула делују **међумолекулске силе**.

Постоје, међутим, и полимери код којих један део макромолекула има изванредан уређен поредак, дакле упоредо са аморфном, појављује се и кристална структура (слика 3.5). [2]

Овакви полимери се називају кристални полимерни.



Слика 3.5 Шематски приказ аморфне и кристалне области у полимеру [2]

Полимери који се састоје од линеарних макромолекула, као и од разгранатих макромолекула који нису повезани са суседним макромолекулима, називају се општим именом линеарни полимери.

Ову врсту полимера карактеришу слабе силе, међу дејства између макромолекула, што се одражава и на низ њихових својстава. Полимери ове врсте могу да се схвате као скуп линијских или разгранатих елемената, који се састоје од великог броја истих или различитих сегмената спојених гипким везама.

Полимери који се састоје од мрежастих (умрежених) макромолекула, или полимери код којих су линијски елементи – макромолекули међусобно спојени попречним везама (гранама), називају се просторни полимери или умрежени полимери.

Код ових полимера постоје јединствени просторни скелети, услед чега се они теже деформишу и у већој мери него линеарни полимери задовољавају дефиницију чврстог тела.

Структура полимера – линеарна или мрежаста (умрежена) нарочито се одражава на њихово понашање при загревању. У вези са понашањем при загревању, полимери се најчешће деле на термопластичне полимере и термостабилне полимере.

Термопластични полимери су полимери који се при загревању омекшавају, а затим и топе, при чему након хлађења поново очвршћавају, задржавајући своја основна својства.

Омекшавање и стврдњавање може се поновити више пута, без мењања техничких карактеристика. Овакво понашање имају, углавном, линеарни полимери, код којих повећање температуре условљава како већу покретљивост између појединих сегмената у макромолекулима, тако и слабљење веза између самих макромолекула.

Говорећи о структури полимерних материјала, не сме се изгубити из вида да поред полимерних молекула, који дају основни карактер материјалу, они садрже у различитим количинама и друге компоненте, тзв. ингредијенте. [2]

Ингредијенти могу бити додаци или нечистоће у материјалу. Удео ових компонената није увек у пропорционалности са њиховим утицајем на својства.

У полимерним материјалима најчешће нечистоће су: мономерни, растварачи, вода, хлоридни јон, катализатори, диспергенти, катализатори и иницијатори.

Мономерни могу да изазову накнадне промене у структури, погоршавају механичка и топлотна својства материјала, мењају боју материјала при старењу, стварају непријатан мирис и могу да буду токсични. [2]

Растварачи изазивају сличне ефекте и делују као екстерини пластификатори. Вода која заостаје из фаза полимеризације и прања или апсорбована из атмосфере за време лагровања или употребе, такође делује пластификујуће код неких полимерних материјала, испаравањем изазива потешкоће при преради и погоршава механичка својства, димензионалну стабилност, електрична својства и иницира хидролитичку деградацију полимера. [2]

Хлоридни јон погоршава електросвојства, изазива корозију и токсичност. Катализатори и иницијатори или продукти њихове разградње такође погоршавају термичку стабилност и електросвојства. Диспергенти су заостали у процесу полимеризације као емулгатори и стабилизатори суспензија и могу да погоршавају својства, привлаче влагу али и знатно утичу на структуру при формирању пена и превлака.

Основни додаци у полимерним материјалима су: пластификатори, стабилизатори, пуниоци, умрежавајући агенси, агенси за стварање пенасте структуре, средства против горења, лубриканти, антистатистици, биоциди и боје. [2]

3.3. Класификација полимера

Полимерни материјали могу бити изграђени од једног или више типова полимера, или комбинацијом полимера и неких других материјала- композитних материјала (композити могу бити у комбинацији метал - полимер, полимер - полимер, керамика – полимер). [2]

Полимерни материјали представљају широку и разноврсну групу природних и синтетичких материјала.

Појам полимери користи се као збирни термин за термопласте и дуропласте, полупроизводе или производе добијене из две групе вештачких материјала (табела 3.1).

Термопластични материјали (термопласти) омекшавају под дејством топлоте, а при хлађењу очвршћавају. Супротно томе, термореактивне пластике (дуропласти) очвршћавају при загревању и добијају трајан облик те се више не може успоставити стање пластичности. [2]

Табела 3.1 Класификација полимерних материјала [2]

Полимери							
Модификоване природне материје		Синтетичке материје					
		Поликондензати		Полимеризати		Полиадукти	
Дуропласти	Термопласти	Дуропласти	Термопласти	Дуропласти	Термопласти	Дуропласти	Термопласти
Казеинске пластичне масе	Целулозни нитрат, Целулозни ацетат, Целулозни ацетобутират	Фенопласти, Аминопласти, Алкиди, Силикони	Линеарни засићени полиестри, Полиамиди,	Умрежени не засићени полиестри	Полиетилен, Полипропилен, PVC, Полистирол	Епоксиди, Умрежени полиуретани	Линеарни полиуретани

Истакнути природни представници полимера су каучук, целулоза (памук, дрво), скроб, вуна, свила и др. Ту су још нуклеинске киселине, рибонуклеинска киселина и дезоксирибонуклеинска киселина. [2]

У синтетичке полимере спадају: полиолефини, полиамиди, полиестри, епоксидне смоле, који су познати под именом пластичне масе. Употребљавају се у производњи пластичних и еластичних материјала, превлака, лакова, лепкова, филмова и др.

Већина природних и синтетичких полимера су органска једињења. Органска макромолекулска једињења у природи чине претежни део суве материје у биљном и животињском свету. [2]

3.4. Својства полимерних материјала

Својства полимерних материјала испољавају се дејством спољашњих и унутрашњих сила на те материјале.

Ако је сила механичке природе, одговор материјала на дејство те силе дефинише механичка својства. Аналогно томе, ако је спољашња сила електрична онда се манифестују електрична својства.

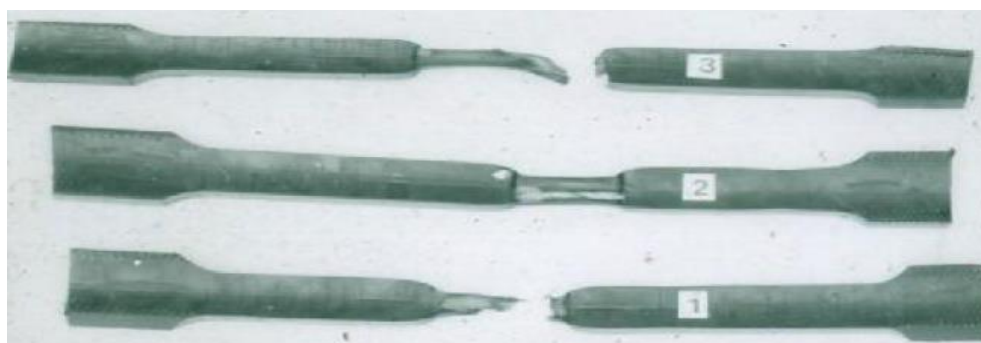
Да би се ови утицаји одредили, потребно је познавање хемијских, механичких, термичких, електричних карактеристика и других везаних за полимерне материјале, што подразумева обимна истраживања као и усавршавање метода за истраживања.

Међу бројним карактеристикама свих материјала, па тако и полимерних, посебно место припада механичким карактеристикама. Разлог томе је што те карактеристике описују понашање производа током употребе.

Механичке карактеристике полимера одређују њихов хемијски састав, молекулски фактори (молекулска маса, врста мономера, садржај адитива и др.) структурни фактори (кристалност, оријентисаност, величина кристала и др.) као и време и температура, који представљају важне параметре с обзиром на то да су полимери високо еластични материјали.

Полимерни материјали, за разлику од метала, стакла или керамике, одликују се способношћу велике повратне деформације, која се испољава у великим температурним интервалима. [2]

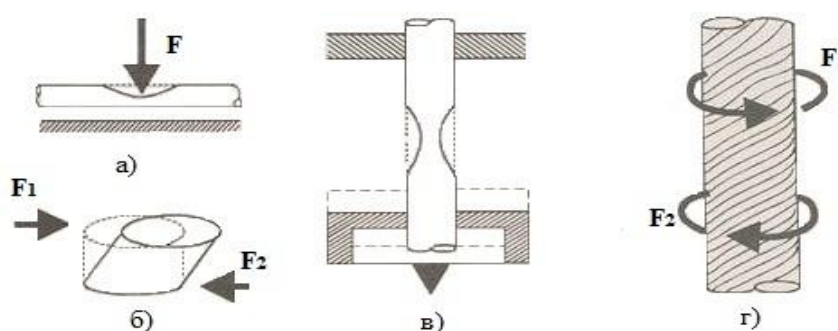
Дејством спољашњих механичких сила на полимерни материјал долази до његове деформације (слика 3.6). При деформацији се јављају унутрашње силе које теже да врате тело у првобитни положај.



Слика 3.6 Фотографија узрока једног термопластичног полимера након кидања [2]

Ако се по престанку дејства спољашњих сила тело врати у првобитни положај онда је реч о *идеално еластичном телу*. Деформација се назива *пластичном* ако после престанка дејства спољашњих сила не исчезне потпуно. [2]

Један од основних видова деформације је линеарно затезање, односно сабијање и смицање (слика 3.7). [2]



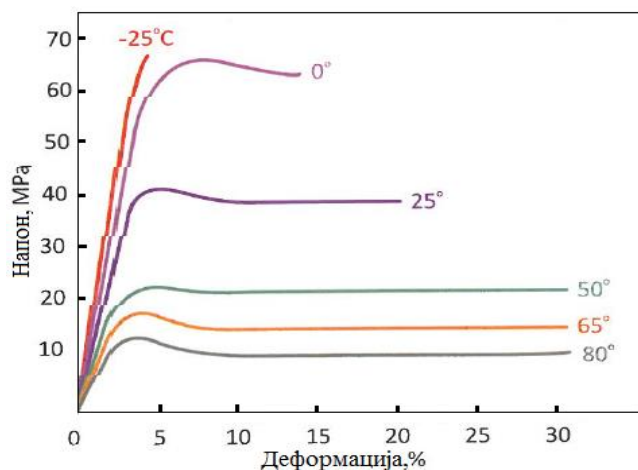
Слика 3.7 Различити видови деформација а) сабијање, б) смицање, в) затезање, г) увијање. [2]

Вискозност полимера може се такође сврстати у механичке карактеристике ових материјала. Посебно се код полимера истиче динамичка вискозност. Што значи да ако брзина деформације има коначну вредност, течност се опире смицању због адхезије и унутрашњих отпора. Најчешће се повишеним температурама повећава вискозност полимера али има и оних код којих опада, на пример код *етилцелулозе*.

Механичке карактеристике које још треба истаћи су **трење и хабање**. Теорија трења и хабања полимера је веома сложена грана науке и заснива се на класичним концепцијама испитивања. [2]

Топлотне карактеристике су веома значајне за примену полимерних материјала као и за прераду, поједини поступци прераде се заснивају на загревању и хлађењу материјала. Веома је важно узети у обзир укупну утрошену енергију за промену стања полимера, брзину топлотне размене као и температуру околине. [2]

Утицај температуре на чврстоћу и крутост термопластичних полимера је сличан као код метала, чврстоћа и модул еластичности се мењају са порастом температуре а жилавост се повећава (слика 3.8 и слика 3.9).



Слика 3.8 Утицај температуре на облик за различите полимере кривих напона- деформација [2]



Слика 3.9 Утицај температуре на жилавост за различите полимере [2]

Полимери могу бити проводници, полупроводници и диелектрици (изолатори), али по својим електричним карактеристикама већина су типични диелектрици.

Органске полимере карактерише то да су добри изолатори. Познавајући поједине предности, добре карактеристике полимера (које су наведене у наставку рада као и недостаци) постоји интерес за производњу полимерних материјала који би били добри проводници електрицитета. [2]

На основу представљених карактеристика можемо закључити читав низ предности и недостатака полимерних материјала.

Предности полимерних материјала [3]:

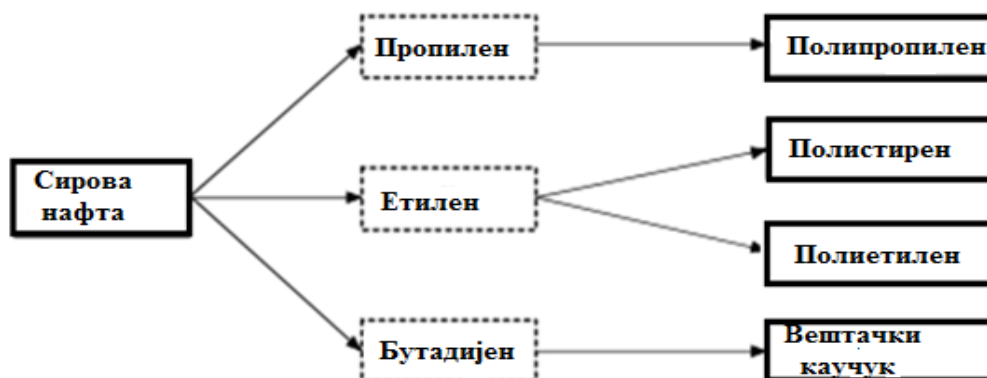
- добра способност бојења,
- мала густина у односу на метале (не прелази $1,5 \text{ kg/dm}^3$),
- лака израда делова, посебно производа сложене конфигурације, као и висока продуктивност при њиховој изради,
- добра диелектрична својства, због чега налазе примену као добри електро-изолатори,
- висока отпорност на киселине, растворе и друге агресивне средине,
- ниска цена коштања,
- добра пригушујућа својства, односно висока отпорност на вибрације, због чега се користе као добри изолатори вибрација,
- добра својства апсорпције звука, односно добри су звучни изолатори,
- добре антифрикционе особине, а по потреби и добра фриксиона својства,

Недостаци полимерних материјала су [3]:

- смањење чврстоће у току дуготрајног оптерећења,
- ниска чврстоћа на повишеним температурама,
- краatak век трајања, што је у директној вези са процесом старења под утицајем светлости, топлоте, влаге и кисеоника.

4. Процес добијања полимера

Производња полимерних материјала је уствари претварање сировине (нафта, каучук и др.) у посебни производ (слика 4.1). Израда производа подразумева поступке оплеменавања материје и монтажне поступке. Оплеменавање је заједнички назив за поступке претварања полимеризата, осталих материја и додатака у полимерне материјале. Под појмом монтажни поступци подразумева се промена облика, повезивења и мењање својства материја. [3]



Слика 4.1 Шема полупроизвода и производа добијених из нафте [3]

За израду фолија се користе искључиво пластомери, полимери линеарне и разгранате структуре, топливи на повишеним температурама.

Најчешће се користе:

- полиетилен (PE),
- полипропилен (PP),
- поливинилхлорид (PVC),
- поливинилденхлорид (PVDC).

4.1. Полиетилен (PE)

Полиетилен (PE) је најједноставнији макромолекул угљоводоника. Индустријски се производи полимеризацијом етилена $[\text{CH}_2 = \text{CH}_2]$. Карактеристике полиетилена зависе од његове структуре и додатака у производњи.

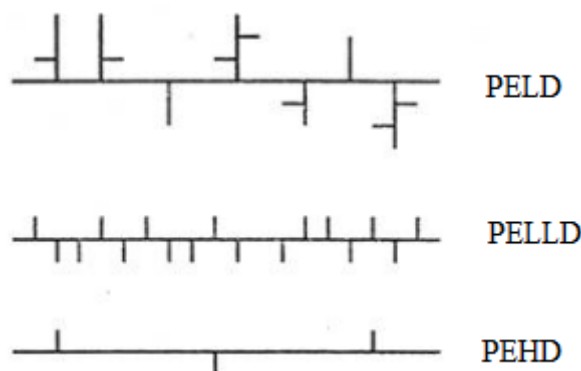
Степен кристалности је мера односа кристалне према аморфној фази, што је условљено разгранатошћу макромолекула. [3]

Због добрих механичких карактеристика, хемијске постојаности, непропусности за воду и релативно ниске цене, полиетилен је врло цењен технички материјал и има велику и врло разнолику примену. Полиетилен се може прерађивати скоро свим поступцима прераде полимера. Могу се поделити у више типова на основу просечне специфичне масе (густине) и структуре макромолекула [3]:

- полиетилен ниске густине (lowdensity PE), PELD,
- линеарни полиетилен ниске густине (linear PELD), PELLD,
- полиетилен средње густине (mediumdensity PE), PEMD,

- полиетилен високе густине (highdensity PE), PEHD,
- полиетилен високе густине и велике молекулске масе, PEHD-HMW i
- полиетилен високе густине и веома велике молекулске масе PE-HD-UHMW.

Од наведених типова, фолије се најчешће производе од полиетилена ниске густине (PELD), линеарног полиетилена ниске густине (PELLD) и полиетилена високе густине (PEHD). (слика 4.2)



Слика 4.2 Структура неких типова полиетилена [3]

Полиетилен ниске густине (PELD) има специфичну масу (густину) у границама од 0,915 до 0,935 g/cm³, омекшава на температурама од 85 °C до 87°C, а почиње да се топи на око 110°C.

Линеарни полетилен ниске густине (PELLD) настаје компензацијом етилена са 5-10% алкена. Макромолекули PELLD имају већи степен кристалности од макромолекула PELD, па су и више температуре омекшавања и топљења. Оваква структура обједињава истовремено добре карактеристике полиетилена ниске и високе густине, нпр. добру жилавост уз несмањену чврстоћу.

Полиетилен високе густине (PEHD) је углавном састављен од макромолекула са линеарном структуром, са врло мало кратких бочних грана. Степен кристалности овог полиетилена је највећи, а специфична маса (густина) му је од 0.94 до 0.97 g/cm³. Он омекшава на око 127 °C, а топи се на температурама од 132 °C до 147°C. Има већу чврстоћу и тврдоћу, крући је и хемијски отпорнији од полиетилена ниске густине. [3]

4.2. Полипропилен (PP)

Најчешће се прерађује екструдирањем, а знатно ређе бризгањем. За израду амбалаже се користе екструдирани филмови који су прозирнији од полиетиленских, а могу се спајати са другим полимерима и амбалажним материјалима, ради добијања вишеслојних полимерних и комбинованих амбалажних материјала. Полипропиленски филмови се могу и орјентисати (монооксијално и биоксијално), чиме се повећава затезна чврстоћа, а побољшавају се и баријерне карактеристике на гасове и водену пару. Полипропилен је отпоран на деловање повишених температура. [3]

4.3. Поливинилхлорид (PVC)

Карактеристике полимера се лако могу мењати поступцима модификације, тако да је данас познато изузетно много комерцијалних врста полимерних материјала на бази винилхлорида. Поливинилхлорид има предност у односу на друге материјале јер је компатибилан са пластификаторима и другим додацима, лако се прерађује и релативно је ниске цене. Због тога овај материјал има врло широко подручје примене.

Поливинилхлорид је бели до жућкасти материјал без укуса и мириса. Тешко је запаљив и гаси се при уклањању пламена, не упија воду и има добре електроизолационе и друге карактеристике. Производ полимеризације је прах од кога се даљом прерадом добија тврди и меки поливинилхлорид. [3]

Тврди поливинилхлорид се добија прерадом полимерног праха са малом количином додатака, али без пластификатора. То је тврд и жилав материјал, који се тешко прерађује али је врло стабилан на атмосферске утицаје, влагу и хемикалије.

Меки поливинилхлорид се добија прерадом основног полимерног праха са додатком пластификатора. Карактеристике квалитета зависе од врсте и количине пластификатора. У односу на тврди поливинилхлорид, меки поливинилхлорид је слабијих механичких карактеристика, мање је отпоран на деловање топлоте, атмосферских услова и хемикалија, али се лакше прерађује, савитљив је и има способност истезања.

Модификација поливинилхлорида се може извести кополимеризацијом или одређеним додацима, а то су:

- средства за побољшање светлосне и топлотне стабилности (базне оловне соли, као и соли масних киселина са баријумом, цинком и калајом),
- мазива и клизна средства, за олакшавање прераде и
- пластификатори и други модификатори у циљу побољшања механичких карактеристика (ради смањења крутости са PVC се најчешће мешају етиленвинилацетат, нитрилни каучук и др.

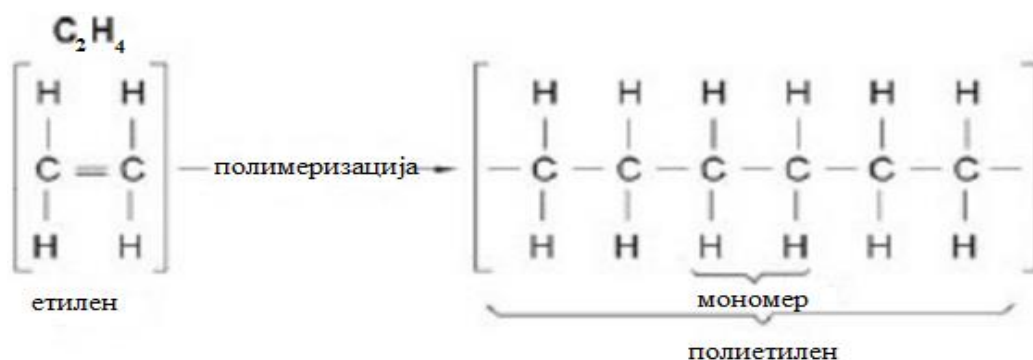
4.4. Поливинилденхлорид (PVDC)

PVDC се прерађује свим познатим начинима уобичајеним за прераду свих осталих врста пластомра. Најчешће се користе екструдирање и бризгање. Израђују се филмови, профили, цеви, влакна и други производи. Екструдирани материјал је аморфан, а кристализација се може постићи једносмерним или двосмерним развлачењем (орјентацијом) филмова на повишеној температури. Један од најважнијих производа PVDC су двосмерно развучени (истегнути, орјентисани) филмови за паковање прехранбених производа. [3]

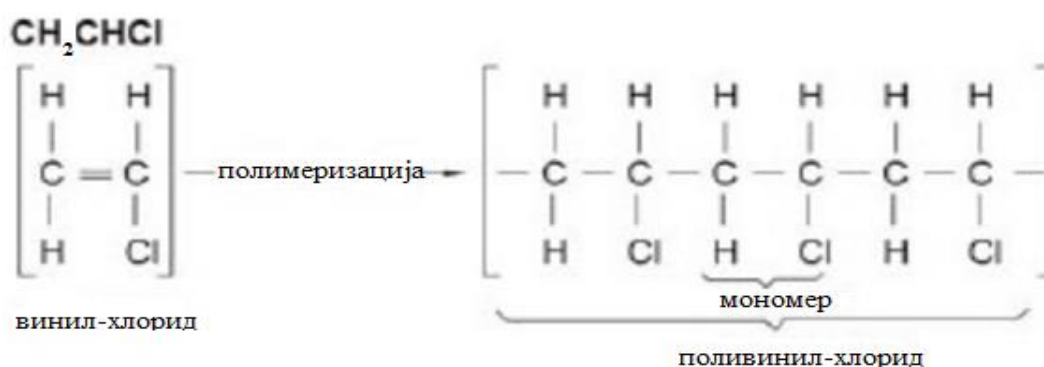
Безоблична материја у монтажним поступцима је заједнички назив за материје у облику гаса, прашка, влакна, честица, гранулата итд. Праобликовањем (прерадом) настају полупроизводи (каландровање траке, ливене цеви и др.) који се даље могу прерађивати различитим поступцима преобликовања, одвајања честица, повезивања, превлачења и промена својстава. Ови се поступци обично називају итехнолошким процесима.

Хемијска реакција у којој се велика маса незасићених молекула претвара у мономере који се даље спајају позната је под називом полимеризација. Градња органских синтетичких полимера почиње двадесетих година овог века, када је од реакције ацетилена C_2H_2 и водоника H_2 добијен پلیетилен C_2H_4 . Из етилена C_2H_4 хемијском реакцијом – полимеризацијом добијен је полиетилен PE (слика 4.3 а)). Осим полиетилена, који

укључује само атоме угљеника и водоника, могуће су и друге синтезе (Cl, F, C, N), те на тај начин настаје већи број полимера различитих својстава. На слици 4.3 б) је приказано како се заменом једног атома Н са Cl добија мономервинил-хлорида који се полимеризацијом претвара уполи (винил-хлорид). [3]



a)



6)

Слика 4.3 Основна грађа полимерног материјалаа) структура етилена и полиетилена,б)структура винил-хлорида и поли(винил-хлорида) [3]

Током низа година развијени су бројни полимери који су као сировину користили различите материјале. Тако се, осим ова два споменута материјала, као сировина користи: угаљ, нафта, земни гас, катран, ацетон, дрво, целулоза, азбест, природни каучук, стаклена вуна и бројни други материјали (слика 4.4).



Слика 4.4 Шема финалних производа добијених на бази биљних сировина [3]

Добијање полимера или такозвана синтеза полимера су врло сложене процедуре које се могу спроводити на различите начине. У основи, добијање полимерних материјала је већином из фосилних горива, могуће је постићи различитим хемијским поступцима.

Од бројних се поступака издвајају два типа реакција којима је могуће постићи синтезу молекула. То су: полимеризација ланчаном реакцијом и полимеризација ступњевитом реакцијом.

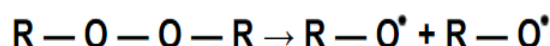
Суштинска разлика између ових реакција је у томе што се код полимеризације ланчаном реакцијом мономерни додељују у ланац само појединачно док се у ступњевитој реакцији ланци мономера могу директно комбиновати једни с другима. [3]

4.5. Полимеризација ланчаном реакцијом

Полимеризација ланчаном реакцијом, често се назива и адицијска полимеризација или краће полиадиција, је најчешћи начин полимеризације. Та се реакција одвија услед деловања топлоте, притиска и неких катализатора при чему се незасићени карактер молекула сасвим или делимично губи. При тој реакцији мономерни се додељују један на други на активној страни растућег ланца а при томе се не излучују никакве друге материје. [4]

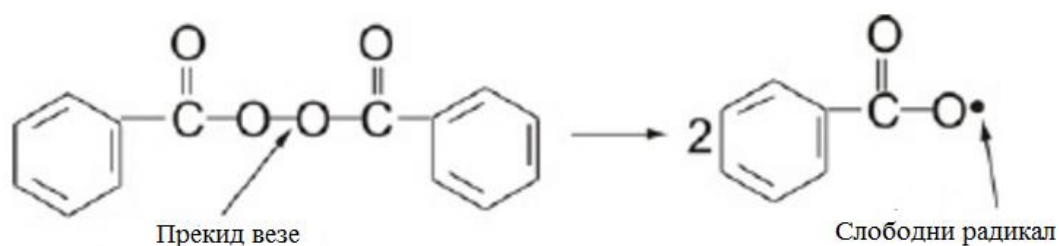
Процес стварања ланца полимеризацијом се уствари састоји из три фазе: почетак, ширење и завршетак. Током тог процеса укључена су два хемијска ентитета. Први ентитет је мономер који је, заправо, једна веза у полимерском ланцу. У готово свим случајевима мономерни имају барем једну двоструку везу између атома угљеника. Други хемијски реагент је катализатор. У ланчаном процесу полимеризације то може бити слободни радикални R^* пероксид који се додељује у врло малим количинама, а могу бити анјони A^- и катјони K^+ . То значи да он садржи слободне електроне. Тај слободни радикал има тенденцију да добије додатни електрон како би имао паран број. То га чини јако активним тако да електрон из другог молекула ствара са њим јаку ковалентну везу те истовремено прекине везу на другом молекулу.

Тада тај молекул остане са неспареним електроном па он постаје слободни радикал. Стварање слободног радикала из органског пероксида је приказано изразом:



У овој хемијској реакцији, створена су два слободна радикала из једног молекула R_2O_2 а симбол $\bullet$ представља слободан радикал. [4]

Слободни радикали често стварају дељењем молекулау два дела дуж јединичне везе. Стварање слободног радикала од његовог инцијатора бензол-пероксида, шематски показано на слици 4.5.



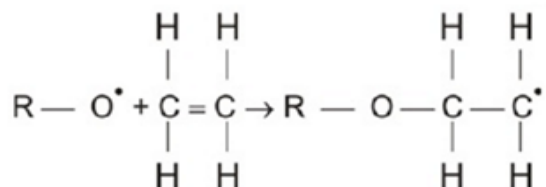
Слика 4.5 Шематски приказ процеса полиадиције [4]

Стабилност радикала указује на склоност молекула ка реакцији са другим компонентама. Нестабилни радикал ће се спајати са различитим молекулима а стабилни радикал неће лако деловати са другим хемијским елементима. Стабилност слободних радикала може врло широко варирати што зависи од својстава молекула. Активни центар је место неспарених електрона на радикалу јер на том месту започне реакција. У нерадикалној полимеризацији, радикал напада један мономер и електрон пређе на други део молекула. Тај новостворени радикал напада други мономер и процес се понавља. Тиме се активни центар спушта дуж ланца кад започне полимеризација. То се може представити кроз четири фазе полимеризације. [4]

Фаза 1. Почетак полимеризације

Почетак полимеризације ланчаном реакцијом се догађа када слободни радикал реагује са двоструко спојеним угљеником у мономеру чиме започне стварање полимерног ланца. Нестабилност двоструких веза угљеника у мономеру ствара га осетљивим на реакцију са неспареним електронима у радикалу. [4]

Двоструке везе угљеника се прекидају и мономер се повезује са слободним радикалом. У тој реакцији, активни центар радикала узима један од електрона из двоструке везе мономера чиме остане неспарени слободни електрон који се премести изван атома угљеника и створи нови активни центар на крају ланца (слика 4.6). Адиција се може догодити на обе стране мономера. Код уобичајних синтеза од 60% до 100% слободних радикала започиње реакцију са мономерима. Преостали део радикала се може спојити међусобно или са нечистоћом. Тај се проблем може смањити контролисањем мономера и радикала.

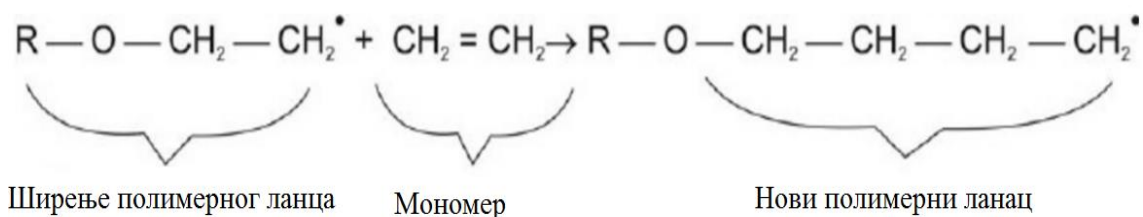


Слика 4.6 Шематски приказ почетка полимеризације [4]

Фаза 2. Ширење

Након што је синтетичка реакција покренута, започиње њено ширење. То је операција током које се ствара физикални ланац полимера. У фази ширења наставља се процес премештања слободних електрона према крају ланца (слика 4.7).

Двоструке везе надолазећих мономера се стварају кад се он побуди реактивним полимерним ланцом. Слободни електрон се поступно премешта дуж линије ланца на спољашњи атом угљеника, што значи да се активни центар премешта према крају ланца.

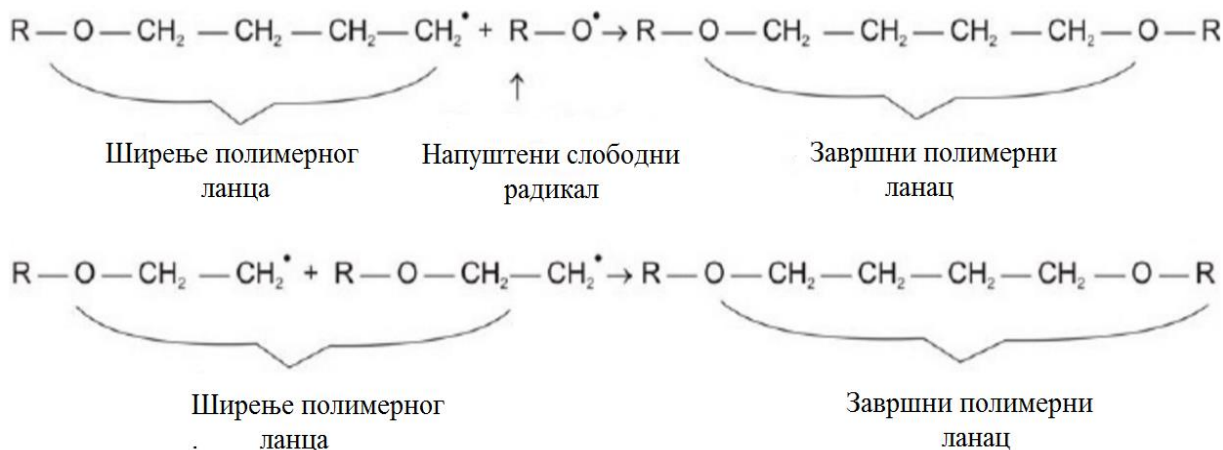


Слика 4.7 Шематски приказ ширења полимеризације [4]

Ова се реакција може континуирано одвијати јер се енергија у хемијском систему смањује како се ланац повећава. Са термодинамичког гледишта то значи да је број енергија у полимеру мањи од броја енергија свих појединачних мономера. Ово указује да су појединачне везе у полимерном ланцу стабилније него двоструке везе у мономеру. Код овог начина полимеризације ширење реакције се одвија врло брзо у делићима секунде. Цео процес се завршава кад настаје реакција завршетка. [4]

Фаза 3. Завршетак

Теоријски се реакција ширења може одвијати док се не исцрпи додавање мономера. Ипак то се ретко догађа па се процес зауставља завршном реакцијом. Завршетак процеса полимеризације се догоди кад други слободни радикал ($R-O\cdot$), који је остао након распада органског пероксида, дође на крај растућег ланца. Тај слободни радикал заврши ланац спајањем са последњом CH_2 компонентом полимерног ланца. Та реакција произведе комплетни полимерни ланац. Завршетак се такође може догодити кад се два незавршена ланца међусобно споје. Оба начина завршетка полимеризације су приказана на слици 4.8. [4]



Слика 4.8 Шематски приказ завршетка полимеризације [4]

4.6. Полимеризација степенастом реакцијом

Полимеризација степенастом реакцијом, која се често назива и поликондезација је поступна реакција код које се више малих молекула скупља у велике уз истовремено издвајање неких мањих молекула као нпр. воде, алкохола, сумпороводика, халогеноводика, амонијака и других. [4]

То је процес којим се производе полимери мање молекуларне тежине него ланчаном реакцијом и то за онолико колико тежи излучени спој. Такође захтевају и више температуре. За разлику од полимеризације ланчаном реакцијом, поликондезација увек укључује два различита типа не функционалних мономера или крајњих група које реагују једна с другом стварајући ланац. Шематски приказ поликондензацијске реакције стварања полимера Најлон 66 (полиамид). (слика 4.9). То је полимер који се користи за израду одевних предмета и укључује два мономера:

- хексаметилендиамин и
- адипинску киселину.

Они реагују тако да стварају димер-најлон 66 (полиамид) . Овај је полимер познат под овим именом због 6 атома угљеника који се налазе у хексаметилендиамину и адипинској киселини. [4]



Слика 4.9 Шематски приказ процеса полимеризације [4]

У тој тачки полимер може расти или у смеру повезивања са другим молекулима хексаметилендиаминa или адипинске киселине, или ка другим димерима. Како ланац расте, његови кратки молекули се називају олигомери. Овај се процес може наставити док се не потроше сви мономери и док су на располагању све реактивне крајње групе. Овом реакцијом углавном настају линеарни ланци који се обично не пресецају или гранају, осим ако није додат трофункционални мономер.

Процеси степенасте полимеризације су релативно спори те могу трајати неколико сати па и дана. Често захтевају топлоту и имају мању молекуларну тежину. Неки од поликондензацијских полимера су: полиестер, поликарбонат, полиамид, перлон. [4]

Полимеризација поступном реакцијом се такође користи за припрему бројних лепкова и аморфних тела названих епосидне смоле.

5. Прерада полимера у фолијени процесламинације

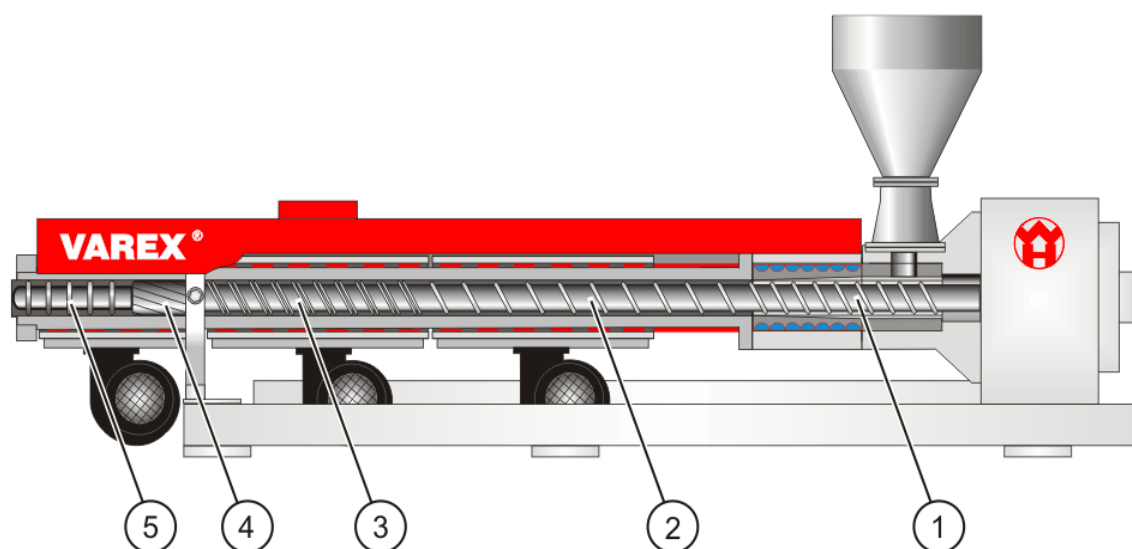
5.1. Прерада полимера

Поступци који се користе за прераду полимера у употребне облике (фолија, цеви, плоче, профилисане делове) зависе пре свега од природе полимера да ли су термопластични или термореактивни. Полазна сировина за прераду може да буде у виду љуспица, прахова, течности и гранула.

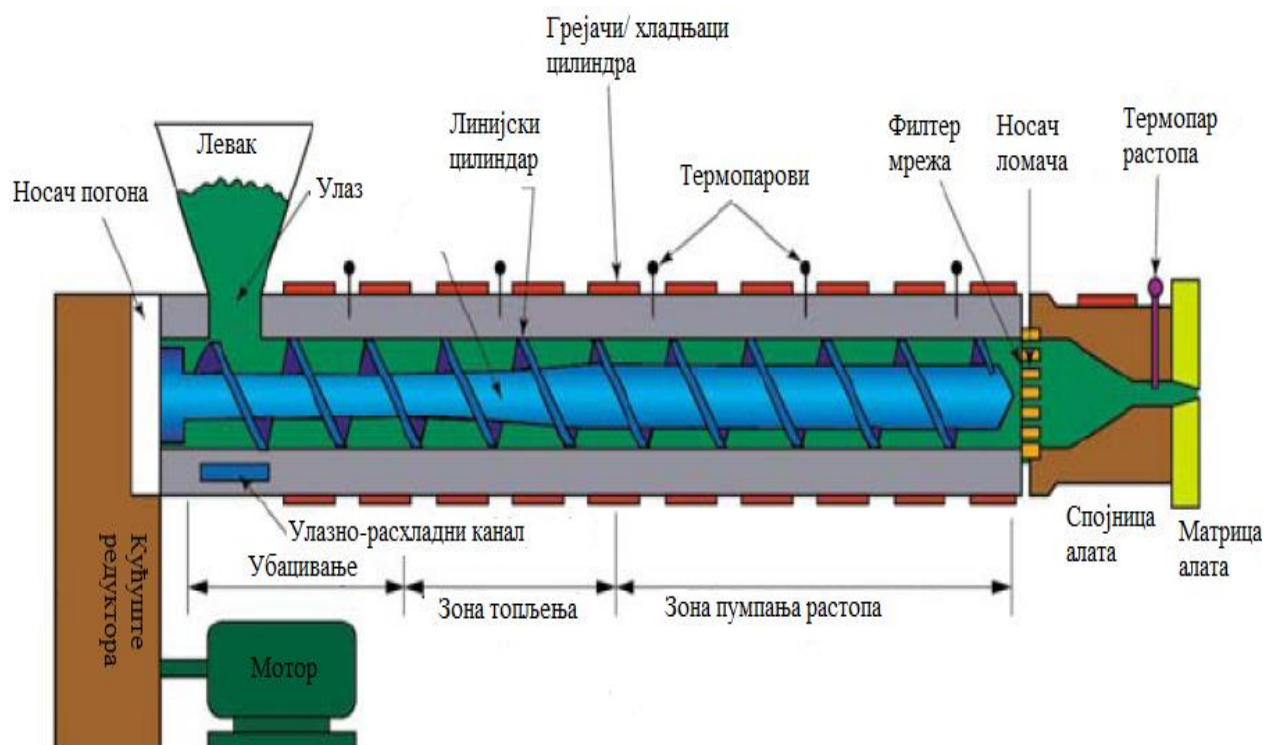
За обликовање термопластичних полимера најчешће се користи истискивање, бризгање и каландровање. Полимер се загрева до температуре непосредно испод или изнад температуре топљења тако да прелази у пластично или течено стање, а затим се истискује или бризга под притиском у калуп, или ваља да би се добио жењени облик. [4]

5.1.1. Екструдирање

Екструдирање се примењује за прераду пластичних маса на посебним машинама – екструдерима. Маса за прераду се сипа кроз левак у цилиндар, захвата пужем и услед топлоте се стапа, односно она се гура према глави која у себи садрже сита кроз која се истискује пластична маса. Зоне хомогенизације кроз које пролази полимерни материјал, у почетку је материјал у облику гранула а на крају се добија растопљена маса која се даље оликује кроз друге елементе. (слика 5.1). А на слика 5.2 су приказани основни елементи екструдера и поступак екструдирања.[4]



Слика 5.1 Зоне хомогенизације у екструдер 1-зона увлачења, 2-зона пластификације, 3-зона декомпресије, 4-зона смицања, 5-зона мешања [4]



Слика 5.2 Шема поступка екструдирања пластичних маса: 1-левак, 2-цилиндар, 3-пуж, 4-сито, 5-грејач [5]

На овај начин се израђују траке, фолије, цеви. Истискивање може да се примени и за превлачење и заштиту каблова и жица. Основни параметри процеса израде су температура загревања и брзина кретања пужа која зависи од врсте пластичне масе. [4]

5.1.2. Ваљање (каландровање)

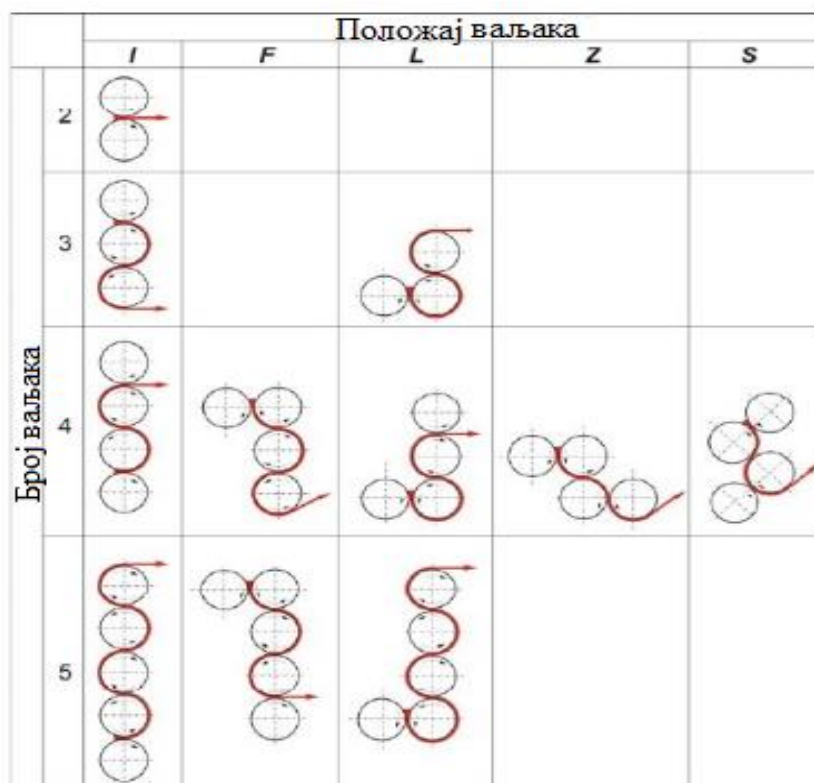
Каландровање је процес ваљања пластичних маса и еластомера где се смеша више пута пропушта између загрејаних ваљака, тако да се дебљине стално самњује. Дебљина фолија настала каландровањем је 0,1 до 1mm. У процесу каландровања може се нанети слој пластичне масе на памучну траку или на траку од папира.

Шематски приказ линије за ваљање дат је на слици 5.3.



Слика 5.3 Шема поступка ваљања [5]

Најважнији елемент линије је ваљак који има улогу раздвајања и омекшавања полимера на одређену дебљину. Број и размештај ваљака зависи од произвођача, може бити различит (два до пет положених) по изласку трака се може оплеменити утискивањем рељефних површина и реже на одређену ширину (слика 5.4).



Слика 5.4 Шематски приказ линија за каландровање различитог типа [6]

5.2. Процес ламинације полимерних материјала

Процес ламинације представља спајање два или више листова различитих материјала. Ламинацијом се комбинују и постижу жељене карактеристике материјала.

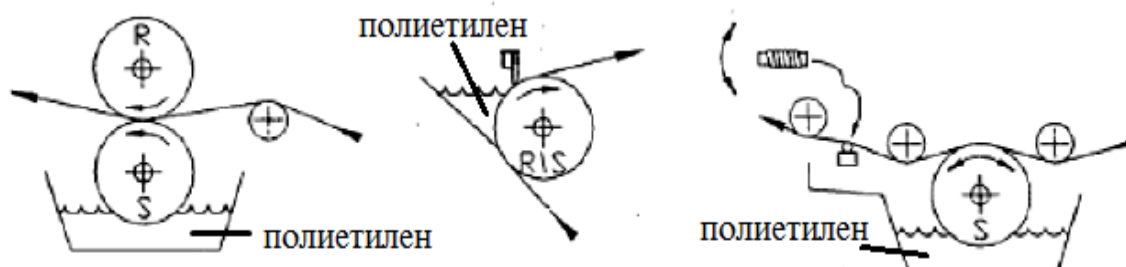
Постоје различити процеси ламинаирања у зависности од врсте материјала који треба да се ламинира. Материјали могу бити исти или различити у зависности од процеса и објекта који се ламинира.

Опште методе ламинације [7]:

- суво ламинирање,
- мокро ламинирање.

Принципи ламинирања се врше на следеће начине:

1. Растопљени полиетилен се наноси на материјал и онда се провлачи између ваљака да би се добила одговарајућа дебљина (слика 5.5)



Слика 5.5 Пример ламинирања наношењем материјала [7]

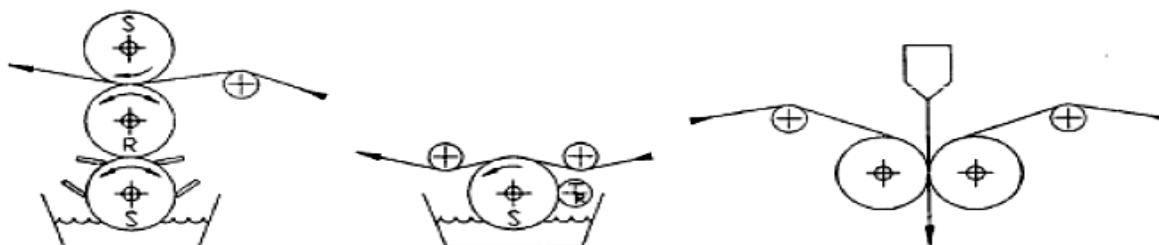
Наношењем полиетилена добија се одређена дебљина, након наношења материјала контролише се дебљина. Предност: једноставне измене, мала улагања. Недостаци: неуједначеност дебљине, мала брзина производње.

Полиетилен је нарочито погодан за употребу у процесу екструзионог ламинирања и наноси на различите подлоге. Главна примена је у производњи амбалаже за млеко и воћни сок.

2. На материјал се наноси унапред одређена количина полимерног материјала у зависности од одговарајуће дебљине

Преношењем преко ваљака унапред је одређена количина материјала.

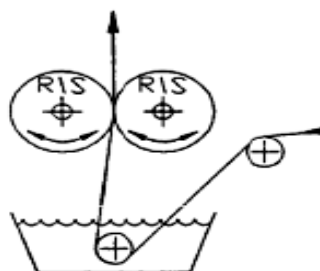
Предност: велика брзина, уједначеност. Недостатци: висока цена.(слика 5.6)



Слика 5.6 Пример ламинирања са наношењем одређене количине материјала [7]

3. Материјал се потапа у купатило и прекомерна количина се уклања.

У овом случају ламинације је остварено потапање материјала у купатило а прекомерна количина се уклања (слика 5.7). Предности једноставне измене, ниско улагање. Недостаци: прекиди филма.



Слика 5.7 Пример где се материјал потапа у купатило [7]

6. Примери и технологија добијања производа у предузећу „ФОКА“

6.1. О предузећу „ФОКА“

„ФОКА“ д.о.о. (слика 6.1) настала је 2000. године, бавила се екструзијом ПЕНД филмова (полиетилен високе густине). Иницијална производња - кесе за смеће у ролнама, 2001. године почиње проширење асортимана на остале типове кеса: трегерице, butik кесе, кесе за замрзивач и друго. До 2008. године фирма се концентрисала на повећање капацитета и асортимана. [8]

Развој нове технологије почиње средином 2008. године, и почетак производње коекструдерних филмова новије генерације по квалитету (високо транспарентни, високо издржљиви, са малим одступањима у дебљини и сл.).

Предузеће „ФОКА“ својим сталним улагањем у едукацију, праћењем трендова у свету и осавремењивањем знања у свим областима производње и прераде материјала, бележи добре резултате у остваривању квалитета производа и гради стабилан положаја на тржишту.

Куповина (2010. године), нове „флексо“ штампе до 8 боја, односно могућност штампе 8+8 (обострано) и коекструдера (до седам слојева) за производњу баријерних филмова и фолија за термоформинг, фирма заокружује циклус инвестиција тако да постаје лидер на домаћем тржишту у производњи филмова, свих типова фолија, са високо квалитетном штампом до нивоа фотографије. [8]



Слика 6.1 Фабрика отпорних кеса [8]

6.2. Понуда производа предузећа „ФОКА“

На следећим сликама приказани су производи предузећа „ФОКА“ од слике 6.2 све до слике 6.7.



Слика 6.2 Фолије за каширање [8]



Слика 6.3 Фолије за паковање прехранбених производа [8]



Слика 6.4 Фолије за вакуум паковање Термоформинг [8]



Слика 6.5 Фолије за бутик кесе [8]



Слика 6.6 Кесе за замрзивач [8]



Слика 6.7 Кесе за смеће [8]

За израду фолија се користе искључиво пластомери, полимери линеарне и разгранате структуре, топљиви на повишеним температурама.

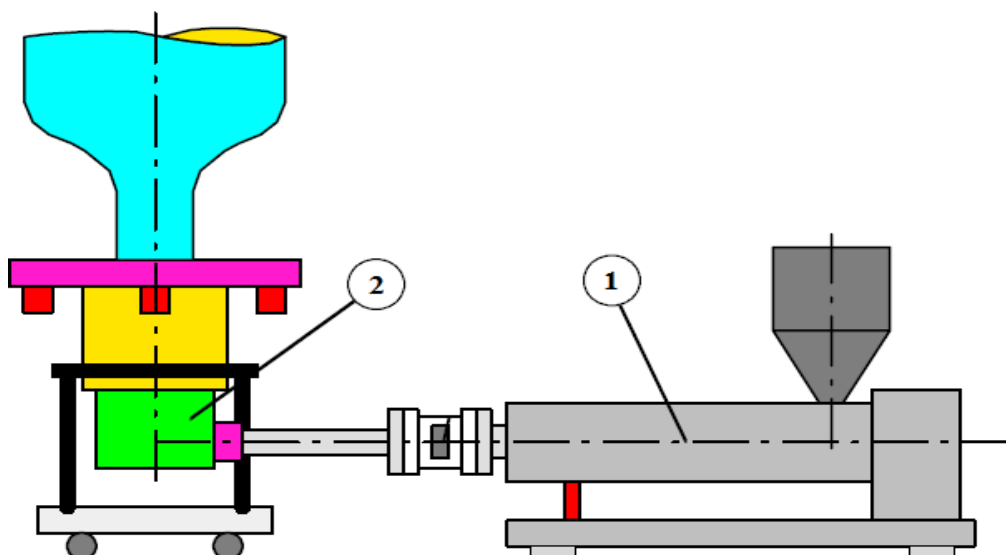
Најчешће се користе:

- полиетилен (PE),
- полипропилен (PP),
- поливинилхлорид (PVC),
- поливинилденхлорид (PVDC).

6.3. Технологија производње фолије

У индустрији, фолије се израђују најчешће на основу две технологије: израда фолија дувањем и израда фолија екструдирањем (ливењем). Предузеће „ФОКА“ израђује фолије технологијом дувања.

При екструзији фолије дувањем, растопљени полимер улази у прстенасту млазницу на дну или са стране. Растоп се потискује око трна, који се налази унутар млазнице и формира црево дебелог зида (слика 6.8). Црево, док је још у растопљеном стању, се шири у шупљини цилиндра жељеног пречника и одговарајуће дебљине фолије. [9]



Слика 6.8 Упростијена шема формирања црева дебелог зида и његово ширење 1- екструдер, 2- дувалица. [10]

Ширење се остварује притиском ваздуха који се доводи кроз центар трна за дување. Након формирања, црево се пресује између два ваљка. Дувано црево се обично вуче на горе и хлади ваздухом из прстена на дну.

Радне брзине се крећу у опсегу од 10 до 90 m/min, на млазницама малог пречника, у производњи фолије било које дебљине.

Ваздух унутар дуваног црева се одржава на константном притиску да би се постигла равномерна ширина, дебљина фолије и намотавање.

Притисак ваздуха и неки други фактори који утичу на дебљину фолије (капацитет растопа из екструдера, радна брзина, температура дуж цилиндра у млазници) морају бити стално контролисани.

Веома важна је контрола количине и правца ваздуха који хлади фолију. Најважнија је ширина отвора млазнице, која је одређена положајем трна унутар млазнице.

Такође, веома важан фактор је и висина линије отврдњавања. Ниже температуре растопа омогућују већу брзину производње, а да се не постигне линија смрзавања сувише далеко од млазнице. Висина линије отврдњавања изнад млазнице је важан фактор. Повећањем пречника црева, висина линије отврдњавања може варирати од 10-60 cm изнад површине млазнице за дување, за пречник млазнице до 90 cm. Препоручена удаљеност је 25-45 cm изнад млазнице. Виша линија отврдњавања доводи до теже контроле дебљине фолије. [10]

Удаљеност линије отврдњавања може бити повећана или снижавана варирањем капацитета екструдера или радне брзине. Најчешћи начин подешавања висине линије отврдњавања је помоћу запремине ваздуха за хлађење. Када се брзина пужа и количина растопа повећају, удаљеност млазнице и линије отврдњавања се повећава.

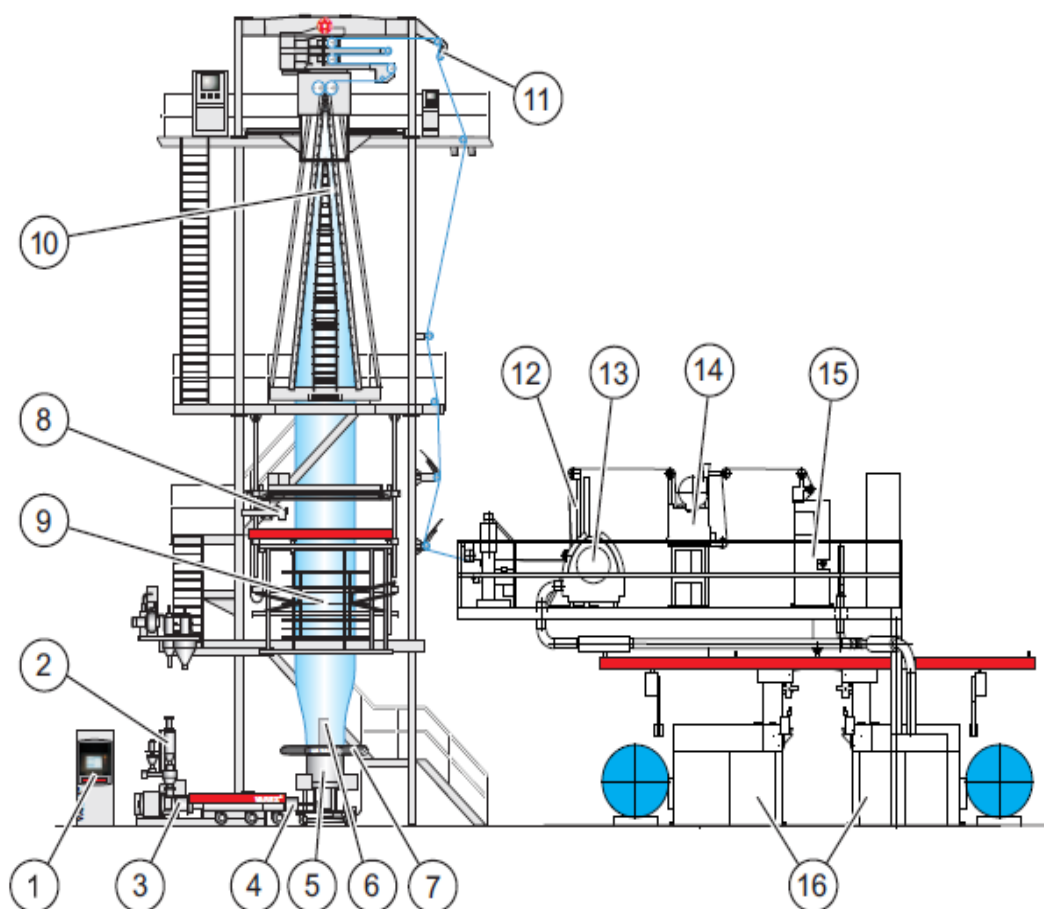
Када се дода више ваздуха за хлађење, удаљеност линије отврдњавања опада, а смањивање количине ваздуха за хлађење удаљава линију отврдњавања. Повећавање удаљености линије отврдњавања даје фолији више времена да очврсне. То омогућава да се постигне глаткоћа фолије, већа прозирност и сјај. Линија отврдњавања је увек у хоризонталном нивоу.

Температура млазнице би требала да буде отприлике иста као и температура растопа. Обе би требало да буду толико високе колико дозвољава опрема за екструзију (до око 205°C) да би се постигао најбољи изглед фолије. На превише високој температури, вискозност растопа може постати исувише мала и проузроковати да дувано црево постане нестабилно и да се лако кида.

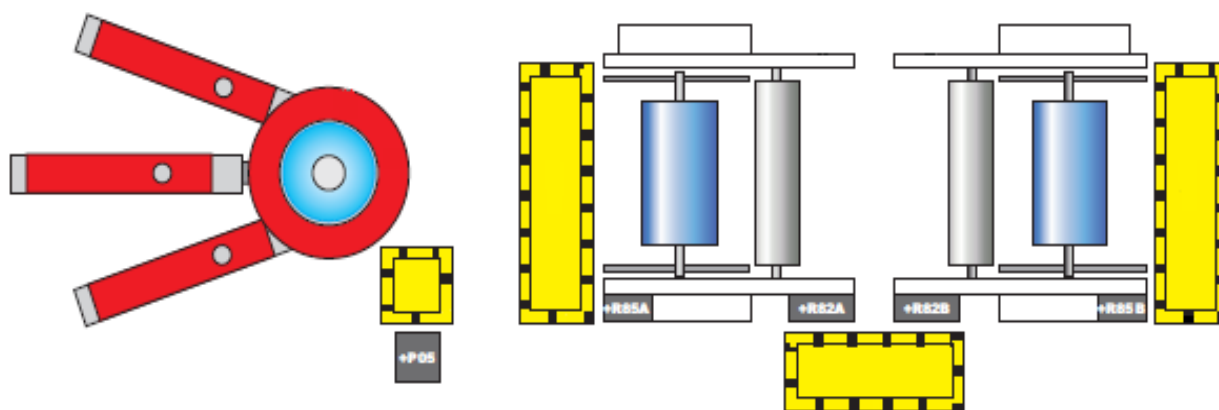
Отвор млазнице између трна и прстена млазнице може бити од 0.4-0.9 mm. Постоје млазнице код којих се отвор може мењати. Већи отвор млазнице незнатно повећава капацитет растопа, али отежава контролу дебљине фолије и линије отврдњавања. Такође постоји могућност да се фолија прекине, када се истеже да би била тања.

Брзина хлађења црева је битна за постизање високог квалитета фолије и спречавање слепљивања фолије на вучним ваљцима и ваљку за намотавање. Прстенасти отвор за ваздух, на врху млазнице, је најчешће употребљаван начин очвршћавања и хлађења црева. Кроз добро конструисани прстенасти отвор за ваздух може протећи велика количина расхлађеног ваздуха или ваздуха на собној температури, малим брзинама, са равномерном расподелом око дуваног црева. [10]

Цео процес добијања фолије се јасније може видети и лакше разумети на следећима сликама: слика 6.9 и слика 6.10.



Слика 6.9 Преглед постројења: 1 - Комадни стуб (PROCONTROL TS), 2 - Усисно транспортни система и систем за дозирање, 3 - Екструдер, 4 - Измењивач сита, 5 - Глава дувалице, 6 - Етажно хлађење, 7 - Хлађење, 8 - Уређај за мерење дебљине, 9 - Уређај за калибрирање фолије, 10 - Реверзирајући уређај за простирање, и извлачење, 11 - Уређај за мерење ширине, 12 - Регулација кретања траке, 13 - Уређај за усисавање одсечених ивица, 14 - Припремна станица, 15 - Јединица за увлачење фолије, 16 - Места намотавања. [11]



Слика 6.10 Шематски приказ постројења у погледу са висине[11]

6.4. Потребна опрема при изради фолије технологијом дувања

6.4.1. Довод материјала у екструдер

Веза између постројења за екструзију и посуда за сировину је усисно транспортни систем (слика 6.11). Централни усисни систем, пакетно снабдева резервоаре сировина појединачних екструдера (дисконтинуални усисни транспорт).

Достава материјала је могућа из цакова, буради, контејнера, силоса итд. Испред места доставе материјал се усисава преко усисног црева у сепаратор транспортног уређаја. Након завршетка периода доставе отвара се поклопац и материјал пролази у резервоар. Поклопац је истовремено и сензор јављања потребе за додатним материјалом. [11]

Ако аутоматски систем надгледања нивоа јавља даље потребе, започиње нови циклус доставе.



Слика 6.11 Систем дозирања 1- главне компоненте левка за дозирање, 2- споредне компоненте левка за дозирање, 3- комора за мешање, 4- пужни систем дозирања, 5- разводни орман. [11]

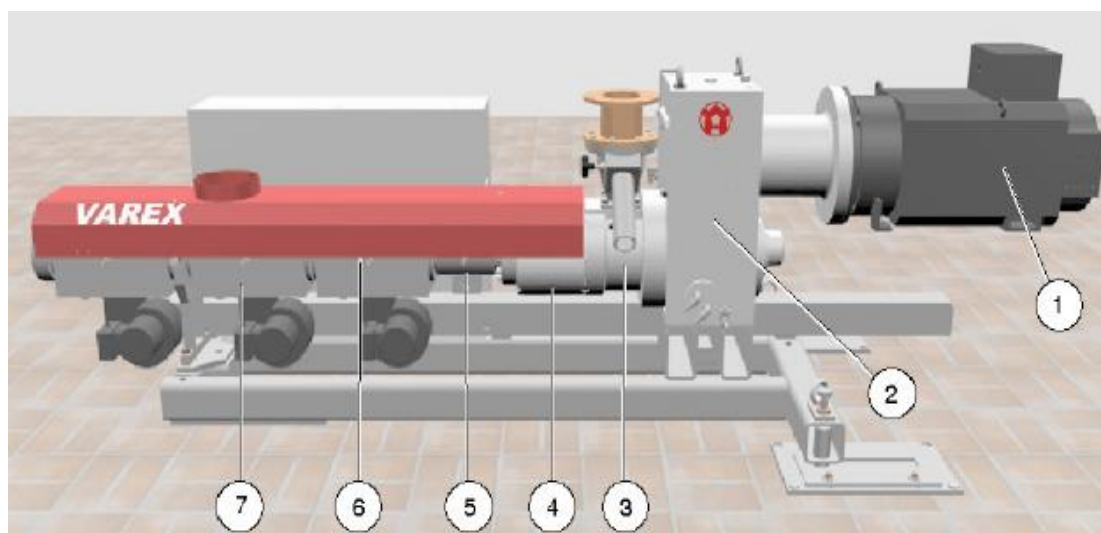
Варирања у протоку материјала настају због:

- промене у насипној густини гранулата,
- промењеној способности сипања,
- промена сировине код различитих терета.

6.4.2. Екструдер

За израду фолија користе се екструдери са једним пужем (слика 6.12). Они имају задатак да транспортују сировину која се допрема у облику гранулата (термопластични полимери), и да је хомогенизују. [11]

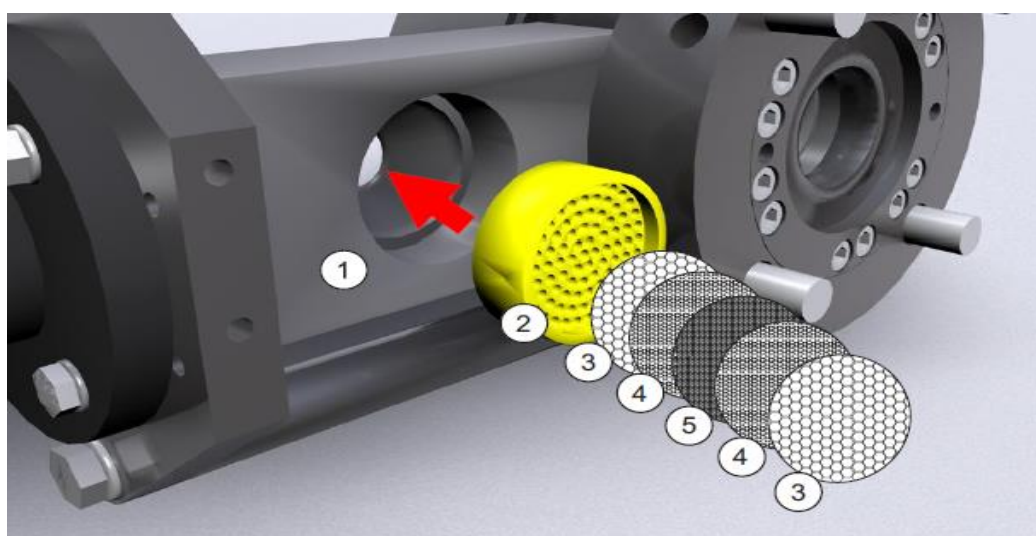
Након тога екструдери под високим притиском растопину потискују за потребе обликовања фолије у алат за екструдер (главу дувалице).



Слика 6.12 Екструдер и његове основне компоненте: 1- асинхрони трофазни мотор, 2- преносник екструдера, 3- левак са улазном чауром са жлебовима, 4- чаура са жлебовима; 5- прстенаста грејна тела, 6- јединица за топљење која се састоји, 7- грејно расхладни елемент од цилиндра и транспортног пужа. [11]

6.4.3. Сито

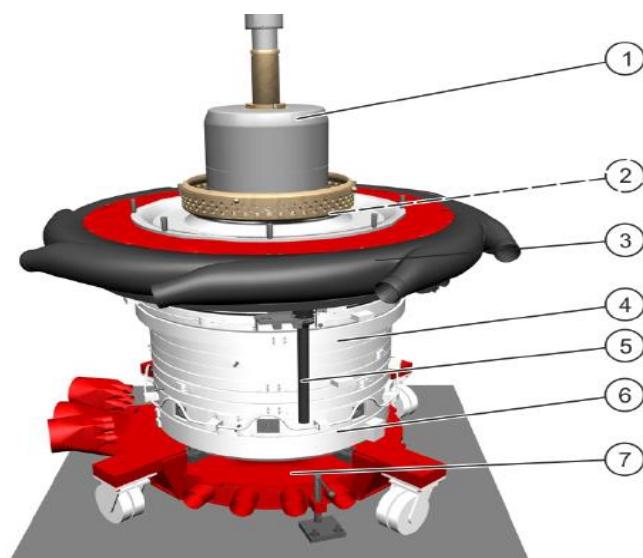
Сито има улогу филтрирања растопљене пластичне масе и поставља се између екструдера и алата за екструзију (дувалице). (слика 6.13) [11]



Слика 6.13 Сито за филтрирање пластичне масе 1- клизач касета у позицији за измену сита, 2- ослони прстен, 3- средње сито, 4- фино сито. [11]

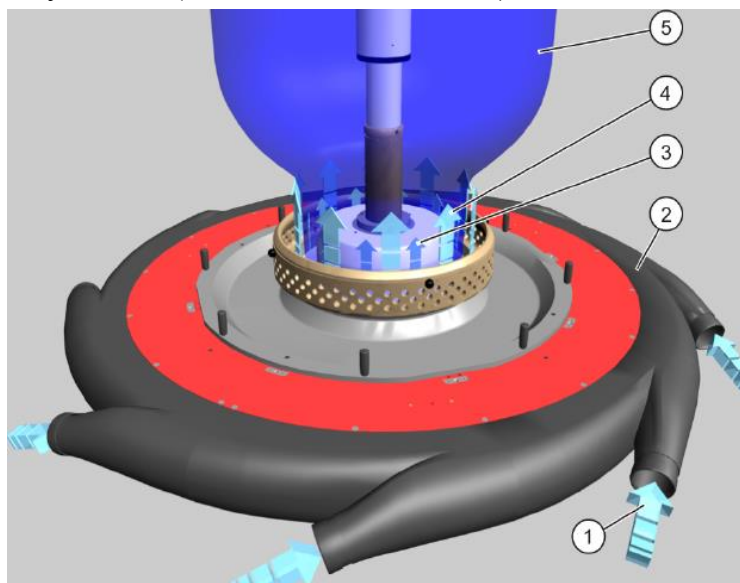
6.4.4. Глава дувалице

Глава дувалице обликује растопљени материјал, који долази из екструдера у вишеслојни спој фолије слика 6.14. [11]

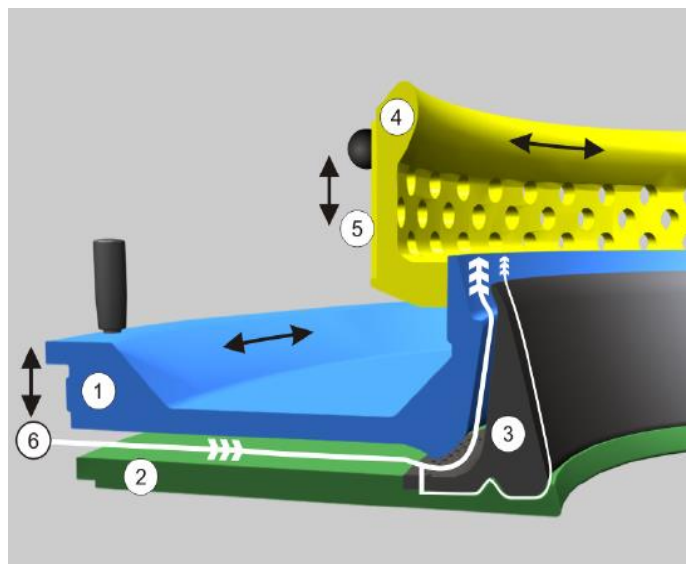


Слика 6.14 Конструкција главе дувалице 1- унутрашње хлађење фолије, 2- млазница дувалице, 3. спољашње хлађење фолије, 4- главни разделник за растопљену масу, 5-расхладни прстен-висинско подешавање, 6- предразделник растопине, 7- колица главе дувалице. [11]

На следећој слици се може видети систем спољног расхлађивања и излажење мехура фолије из млазнице дувалице. (слика 6.15 и слика 6.16) [11]



Слика 6.15 Прстенасти систем спољног расхлађивања 1- доведени расхладни ваздух, 2- расхладни прстен, 3- доња ваздушна струја, 4- горња ваздушна струја, 5- дувалица фолије. [11]



Слика 6.16 Вођење ваздуха 1- горње усне прстена, 2- доње усне прстена, 3- конус прстена, 4- перфорирани прстен, 5-месингани перфорирани прстен, 6- расхладни ваздух. [11]

Положај опреме система дозирања, екструдер, дувалица у линији производње фолија. (слика 6.17).



Слика 6.17 Линија производње [11]

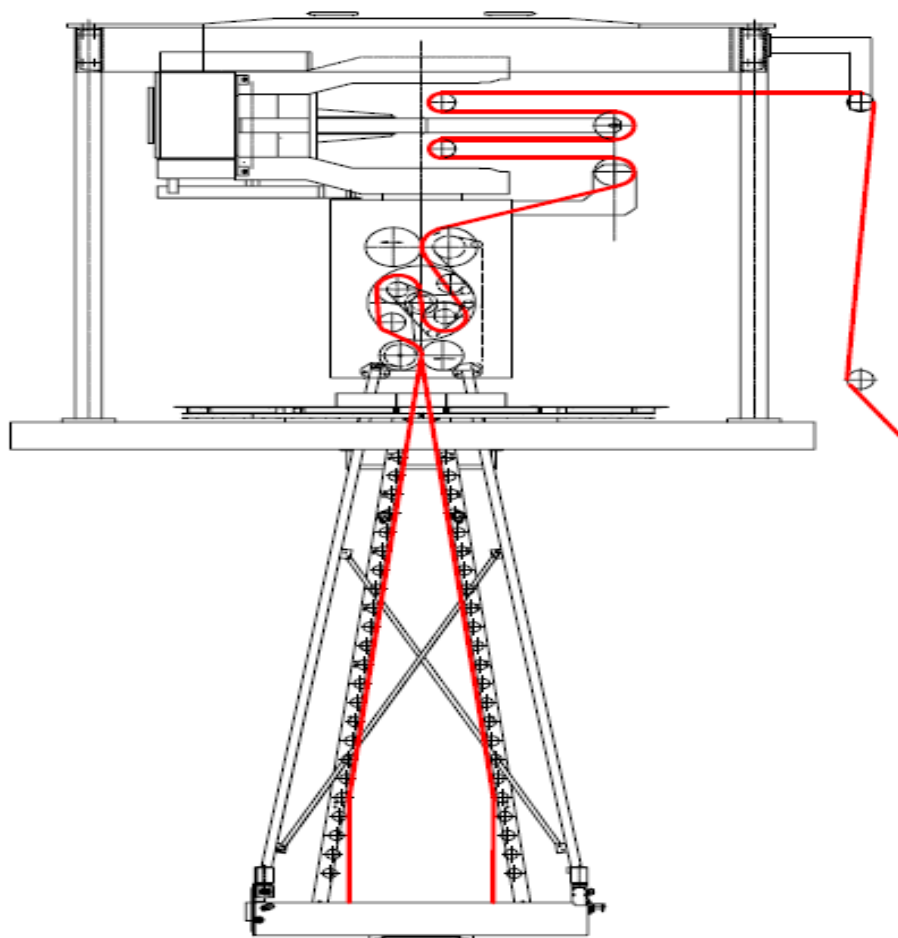
6.4.5. Вођење помоћу расхладних ваљака и контрола дебљине фолије

Оваквим вођењем мехура фолије постиже се равњање фолије и постиже се жељена дебљина фолије која је условљена производњом.

Лакорадни угљенични ваљци у решетки за равњање, који су под оштрим углом у смеру тока фолије међусобно нагнуте, доводе цилиндричну цев фолије у двоструко положени калуп.

Након проласка јединице за предгњечење и расхладних ваљака–јединице за накнадно хлађење, изравњано црево фолије пред ваљком за одвођење у комбинацији са гуменим притисним ваљком основног гњечења се даље транспортује у смеру вретена фолије (слика 6.18). [10]

Овим поступком се могу обрађивати следећи материјали: LDPE,LLDPE,HDPE и PP.



Слика 6.18 Вођење мехура фолије [11]

Мере за побољшање особина фолије

Да би се побољшале особине фолије, неопходно је добро усагласити:

- висину линије отврдњавања,
- однос дувања ваздуха,
- радну брзину,
- капацитет екструдера.

6.5. Припрема полимерних фолија

Полимерне фолије могу да се спајају са другим амбалажним материјалима, лакирају или штампају. То значи да се на површину наносе други материјали. Основни захтев је да се обезбеди добра адхезија. Ради побољшања адхезије, површине тих полимерних фолија је потребно претходно припремити (обрадити). [12]

Површине треба тако обрадити да површина добије поларни карактер. При томе, то може бити површина амбалажних материјала или површина амбалаже. Значи, површина мора бити у одређеном степену поларна. То се може постићи на следећи начин:

- обрадом површине пламеном и
- обрадом површине јонима гасова.

6.6. Обрада површине пламеном

Пламен (горење) се јавља у бурним егзотермним процесима оксидације, а оксидационо средство је кисеоник из ваздуха.

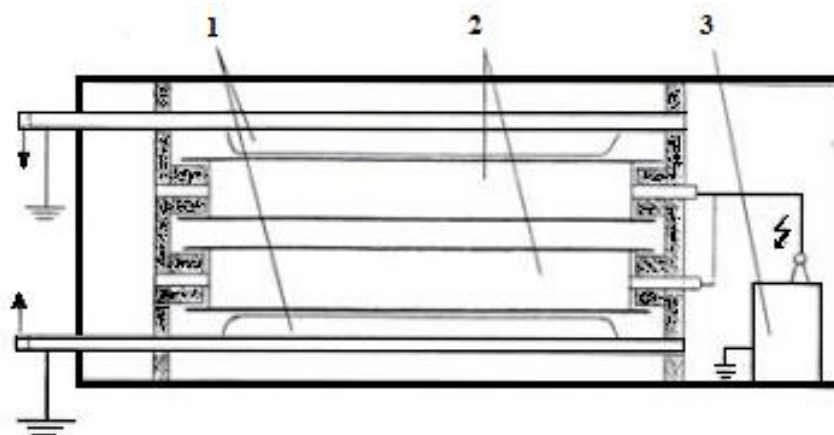
Процеси горења нису једноставне хемијске реакције оксидације, већ се одвијају степенасто уз стварање активних честица. Активне честице могу бити слободни атоми. Ако се њиховом деловању изложи површина полимерних материјала, по сложенем хемијском механизму долази до активирања површине, односно, површина полимерног материјала постаје поларна. Пре обраде пламеном, објекат треба очистити и одмастити. Затим се излаже пламену, нпр. брениру све док површине не покажу сјај. Метода се искључиво употребљава за обраду делова неправилних површина, као на пример медицинске и козметичке флашице. [12]

6.7. Обрада површине јонима гасова (бомбардовање)

Други начин обраде површине, пре свега полимерних фолија, је третирање озоном (O_3). Дејством електричне струје између аноде и катоде долази до стварања озона од кисеоника из ваздуха (слика 6.19). Озон се лако распада на атомски кисеоник, који је негативно наелектрисан и у том пољу се креће ка позитивно наелектрисаној електроди. Ако се тај пут пресече полимерном фолијом, провлачењем исте између електрода, кретање атома кисеоника се завршава ударањем (бомбардовањем) површине полимерне фолије, окренуте према негативно наелектрисаној електроди. На тај начин се активира (обради) површина полимерне фолије окренута струји атома кисеоника.

Површинском обрадом се мења површински напон полимерне фолије (површина). Под површинским напоном (γ) се подразумева сила по јединици дужине која делује на граници додире две фазе и паралелна је са површином додире. Из искуства се зна да је потребан ниво површинске обраде (површинског напона) полимерних површина припремљених за даљу прераду у границама од $38 \cdot 10^{-5}$ до $42 \cdot 10^{-5}$ N/cm. Најбољи ефекат површинске обраде постиже се непосредно при производњи полимерних фолија. Ефекат површинске обраде опада током времена, тако да се препоручује прерада површина обрађених полимерних фолија у што краћем времену. Губитак постигнуте површинске израде (напона) условљен је структуром полимера, врстом и карактером додатака у полимерном материјалу и начином и условима складиштења полимерних амбалажних материјала до прераде. [12]

Из наведених разлога тешко је теоријски предвидети време у коме ће се задржавати жељени ефекат површинске обраде, па се препоручује испитивање површинског напона непосредно пре даље прераде. У случају мањег површинског напона од $38 \cdot 10^{-5} \text{ N/cm}$, површину полимерне фолије је потребно поново обрадити (припремити). [12]



Слика 6.19 Принципијална шема уређаја за бомбардовање 1- електрода, 2-ваљци, 3- трансформатор. [12]

7. Закључак

Карактеристике које су биле основ за развој полимера могу се видети у условима и извесним стадијумима производње. Пластични материјали могу да се под утицајем топлоте и притиска обликују, а после хлађења задржавају одређени облик.

Једна од технологија која је детаљније описана кроз завршни рад јесте израда фолија од пластичних маса технологијом дувања и њихова припрема за даљу прераду штампање, лакирање тј. припрема површине, како би боју или лак што боље прихватила површина фолије. Проблематика пројектовања технолошких параметара процеса израде фолија зависи у највећој мери од искуства људи.

Полимерни материјали имају значајну улогу и код израде амбалаже од других материјала. Херметичност металне амбалаже се постиже еластомерима а стаклене пластомерима. Подручје примене папирне и картонске амбалаже је у значајној мери проширено ослобађањем са полимерним материјалима. Производна опрема која се користи у изради полимерне амбалаже је врло једноставне конструкције што за собом повлачи њену ниску цену.

Најзначајнији део производне опреме чине екструдери. Првобитна конструкција екструдера од њиховог настанка до данас није претрпела значајније измене. Све важније измене које су довеле до нових типова екструдера проузроковане су посебним захтевима који су постављени пред производ специфичне намене, тако да ће и у будућим изменама конструкције овај фактор имати значајну улогу.

На основу изложеног, може се закључити да сам процес прераде пластичних маса има добру перспективу због релативно ниских улагања у опрему, флексибилности програма производње и могућности брзог обрта капитала, с обзиром да је велики асортиман производа и амбалаже намењен широкој потрошњи.

Литература

- [1]. Milenko Plavšić, *Polimerni materijali* – IP „Naučna knjiga“ Beograd 1996,
- [2]. Ljiljana Mašković, Radojica Maksimovic, Vladan Jovovic, *Polimerni materijali-fizička svojstva i neki aspekti primene* – Policijska Akademija, Beograd 2003.
- [3]. Јовановић, М., Адамовић, Д., Лазић, В., Ратковић, Н.: Машински материјали, Машински факултет Крагујевац, 2003.
- [4]. Александар Седмак, Вера Шијачки-Жеравчић, Анђелка Милосављевић, Машински материјали, Технички факултет Чачак, 2003.
- [5]. http://moodle.mfkg.rs/pluginfile.php/60710/mod_resource/content/0/Predavanje_Materij..ali_u_BUI_-_5.pdf(28.07.2016)
- [6]. Bogdan Nedić, Vladislav Đukić, *Plastične mase - Mašinski fakultet*, Kragujevac, 2004
- [7]. [http://www.qenos.com/internet/home.nsf/\(LUIImages\)/TG4ExCo/\\$File/TG4ExCo.pdf](http://www.qenos.com/internet/home.nsf/(LUIImages)/TG4ExCo/$File/TG4ExCo.pdf), (28.07.2016)
- [8]. http://www.foka.rs/sr_index.htm (28.07.2016)
- [9]. <http://www.plastikainfo.com/tehnologija/materijali-polietilen-polyethylene-pe> (28.07.2016).
- [10]. И. Чатић: „Увод у производњу полимерних творевина“, Технички факултет, Загреб, 1987.
- [11]. <http://www.whcorp.com/us/home/extrusion/film-production/blown-film-lines/varex-ii/> (9.08.2016)
- [12]. <http://www.tecoop.co.rs/masine.php>(28.07.2016)