

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Војна академија Универзитета одбране у Београду



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Наоружање

Предмет: Технологије прераде пластичних маса

Број индекса: 525/2011

Матовић Р. Филип

**Примена пластичних маса за производњу цеви
у индустрији третмана вода**

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. ред. проф. др Богдан Недић - ментор

Датум одбране: _____

2. _____ - члан

Оцена: _____

3. _____ - члан

Крагујевац, 2020.



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Војно индустријско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Наоружање**

Име и презиме: **Филип Матовић**

Број индекса: **525/2011**

ПРИЈАВА ДИПЛОМСКОГ РАДА

Тема рада: **Примена пластичних маса за производњу цеви у индустрији третмана вода**

Задатак: У оквиру дипломског рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о својствима полимерних материјала, специфичностима третмана вода и примени полимерних материјала за цеви у индустрији третмана вода. У оквиру рада описати врсте, својства и примену појединих полимерних материјала за израду цеви.

Дипломски рад треба да садржи следеће целине:

1. Увода разматрања,
2. Својства полимера и полимерних материјала,
3. Специфичности третмана вода,
4. Карактеристике и примена полимерних материјала за производњу цеви у индустрији третмана вода.
5. Закључци,
6. Литература.

Ментор:

Крагујевац, 02.10.2020.

Др Богдан Недић, редовни професор

САДРЖАЈ

РЕЗИМЕ	1
1. УВОД	2
2. ОПШТЕ О ПОЛИМЕРИМА	3
3. ПОЛИМЕРНИ КОМПОЗИТИ ОЈАЧАНИ КОНТИНУАЛНИМ ВЛАКНИМА 8	
3.1. Карактеристике полимерних композита	9
3.2. Класификација композита	10
3.3. Примена композита са полимерним матрицама	12
4. СПЕЦИФИЧНОСТИ ТРЕТМАНА ВОДА.....	14
4.1. Третман воде за пиће	15
4.2. Процеси у третману воде.....	17
5. ПРИМЕНА И КАРАКТЕРИСТИКЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА ЗА	
ИНДУСТРИЈУ ТРЕТМАНА ВОДА	20
5.1. Полиетилен (ПЕ).....	20
5.1.1. Полиетилен ниске густоће (ПЕ-ЛД)	23
5.1.2. Полиетилен високе густоће (ПЕ-ХД)	23
5.1.3. Полиетиленске цеви за воду	24
5.1.4. Карактеристике полиетиленских цеви за воду.....	24
5.1.5. Транспорт и складиштење полиетиленских цеви	26
5.1.6. Полиетилен друге (ПЕ-ХД 80) и треће генерације (ПЕ-ХД 100)	28
5.1.7. Испитивање ПЕ цеви за воду	30
5.2. Полипропилен (ПП).....	31
5.2.1. Полипропиленске цеви за воду.....	32
5.2.2. Вишеслојне цеви	33
5.2.3. Спајање ПП-Р цеви.....	35
5.3. Поливинил хлорид (ПВЦ)	38
5.3.1. ПВЦ цеви за воду	39
6. ЗАКЉУЧАК.....	46
7. ЛИТЕРАТУРА.....	48

РЕЗИМЕ

У раду је дат преглед пластичних маса (полимера) који се примењују у изради цеви које се користе у индустрији третмана вода. Објашњене су основе настанка, структуре и својстава полимерних материјала, а посебно су описане врсте полимера које се најчешће примењују у изради цеви за индустрију третмана вода, како пијаћих, тако и отпадних. У ту групу спадају полиетилен (ПЕ), полипропилен (ПП) и поливинилхлорид (ПВЦ).

Најзаступљенији тип полиетилена у изради овог типа цеви је полиетилен високе густоће (ПЕХД), најзаступљенији тип полипропилена је рандом полипропилен (ПП-Р), док је код поливинилхлорида најзаступљенији поливинилхлорид за воду под притиском (ПВЦ-У).

. Кључне речи: полимерни материјали, полимери, цеви, третман вода, индустрија

ABSTRACT

The paper gives an overview of plastics (polymers) used in the manufacture of pipes used in the water treatment industry. The basics of origin, structure and properties of polymeric materials are explained, and the types of polymers that are most often used in the production of pipes for the water treatment industry, both drinking and waste, are described in particular. This group includes polyethylene (PE), polypropylene (PP) and polyvinyl chloride (PVC).

The most common type of polyethylene in the construction of this type of pipe is high density polyethylene (PEHD), the most common type of polypropylene is random polypropylene (PP-R), while polyvinyl chloride is the most common polyvinyl chloride for water under pressure (PVC-U).

Keywords: polymeric materials, polymers, pipes, water treatment, industry

1. УВОД

Вештачке (синтетичке) супстанце које имају аморфну макромолекуларну структуру чине велику групу грађевинских материјала који се једном речју називају пластика. Полазни материјали за производњу пластике могу бити минералног и органског порекла. Минералне сировине су: нафта, угаљ и природни гас, од којих се прво праве основна хемијска једињења за даљу прераду. Ова једињења се различитим поступцима претварају у полупроизводе, који могу бити у облику гранула, течности, смола, таблета итд. Даљи процеси прераде ових полупроизвода у финалне утичу не само на промену облика и структуре, већ и на промену хемијских веза које чине основу материје.

Пластика се може израђивати у облику лимова, фигура и структура, нудећи значајну флексибилност и еластичност тог дизајна. Пластични материјали су хемијски отпорни, јефтини, лагани, са широким спектром физичких и оптичких својстава. Многе пластике имају способност топлотног заваривања, лако се штампају, могу се интегрисати у производне процесе где се амбалажа формира, пуни и затвара у истој производној линији. Употреба пластичних материјала је најчешћа за производњу различитих врста амбалаже, иако је присуство пластичних материјала све више добило замаха у производњи широког спектра компонената у готово свим гранама савремене индустрије. Могућност рециклирања и рециклаже је још једна у низу предности која се првенствено манифестује са економског и еколошког становишта.

Главни недостатак пластичних материјала је њихова променљива пропустљивост за светлост, гасове и пару.

У наставку овог рада приказане су врсте полимера који се најчешће користе за производњу цеви у индустрији третмана вода. У последњем поглављу дат је закључак на основу прикупљених и систематизованих података који су протумачени кроз дипломски рад.

2. ОПШТЕ О ПОЛИМЕРИМА

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

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

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

Синтетички полимери се добијају синтезом мономера, а основне методе су: полимеризација, поликондензација и полиадиција. Полимеризација је стварање макромолекула спајањем мономера без издвајања споредних продуката и регруписавања атома у молекулу. Процес полимеризације се не сме прекидати јер се не може на исти начин и наставити [1].

Посебан случај синтезе је полимеризација различитих мономера која се назива **кополимеризација**, при којој се стварају макромолекули састављени од основног састојка који се у полимеру углавном правилно понављају. Својства добијеног полимера се битно разликују од својстава компоненти (мономера), или од својстава њихове смеше.

Пластификатори, омекшивачи, су материје у којима се полимери растварају, односно набубре, што изазива промену њихових својстава, првенствено повећање еластичности на рачун затезне чврстоће и тврдоће, као и измену неких физичко-хемијских својстава, у првом реду снижења температуре топљења. По хемијском саставу пластификатори су сложена органска једињења, нпр. камфор, трикрезол сулфат, трибутил фосфат и др., а према агрегатном стању су најчешће уљасте течности високе температуре кључања, али могу бити и у чврстом стању слично воску и каучуку [1].

Пунила се пластичним масама додају како ради побољшања механичких својстава, тако и због смањења цене коштања пластичних маса [1].

Неорганска пунила утичу на измену одређених својстава, нпр. електро проводности, када се додаје метални прах, односно ако се желе добра изолациона својства додаје се лискун [1].

Органска пунила делују првенствено као очвршћивачи. Као пунило користе се дрвено брашно, азбест, текстилна влакна, стаклена вуна, графит и др. Извесне пластичне масе, као што су органско стакло, целулоид и др. немају пунила [1].

Боје се пластичним масама додају према потреби, а задатак им је да поред обојености масе, утичу и на хемијску и термичку стабилност [1].

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

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

Термопластичне пластичне масе се одликују могућношћу поновне еластичне деформације у загрејаном стању.

Ове пластичне масе углавном не садрже пунила, осим средстава за бојење и пластификатора којим се постиже измена својстава чврстоће.

Основне одлике термопластичних пластичних маса су:

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

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

Основне одлике термореактивних пластичних маса су:

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

Анализа пластичних маса изводи се праћењем општих карактеристика, начина обликовања, додатних материја као и њихов задатак, а најзначајнија класификација пластичних маса је према главним хемијским фамилијама и према њиховој природи (Табела 2.1).

Врста пластичне масе	Фамилија - Хемијска природа	Врста пластичне масе	Фамилија- Хемијска природа
Термопластичне пластичне масе	Полиетилени	Термореактивне пластичне масе	Феноли
	Полипропилени		Аминопласти
	Епоксидне смоле		Епоксидне смоле
	Епоксидне смо		Полиестери
	Полиамиди		Урелици
	Полиформалдехиди		
	Поликарбонати		
	Целулозе		
	Метакрили		
	Политетрафлуоретилени		
	Ацетати		

Табела 2.1. Преглед основних врста пластичних маса [1]

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

Табела 2.2. Карактеристике термопластичних пластичних маса [1].

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

* Додатак кополимера стирол-акрилонитрата и поликарбоната и метакрила

** Могуће је ултразвучно заваривање

Табела 2.3. Карактеристике термореактивних пластичних маса [1].

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

* Практично нерастворљива под дејством топлоте и разних растварача.

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

Табела 2.4. Главни додатни материјали за термореактивне пластичне масе

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

Табела 2.5. Главни додатни материјали у термопластичним пластичним масама

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

3. ПОЛИМЕРНИ КОМПОЗИТИ ОЈАЧАНИ КОНТИНУАЛНИМ ВЛАКНИМА

Реч композит односи се на нешто што се састоји од два или више делова. Због тога би матријали сачињени од два или више изграђивачких састојака или присутних фаза требало да представља композитни материјал. Међутим, прихваћено је да се под композитним материјалом подразумева само онај вишефазни материјал чије фазе поседују физичке особине које се међусобно значајно разликују. Тако се метали и легуре са нежељеним нечистоћама или са легирајућим елементима, пластика са незнатним садржајем додатака, подмазивача и класична керамика, не класификују као композити, иако представљају вишефазне материјале. Ови материјали имају фазе сличних физичких особина, а често је и једна од фаза присутна у значајно мањој мери од осталих [4].

Модул еластичности челика је неосетљив на садржај угљене фазе. Зато се челици, као низ других легура, не сматрају композитима. Са друге стране, неке двофазне легуре или кермети представљају честицама ојачане композите у правом смислу. Пластика са мањим садржајем ојачања као адитива је композит и све док садржај ојачања не пређе границу од 10 %v, овакав материјал се назива ојачана пластика.

Класификација материјала као композита може бити базирана на критеријуму да ли долази или не до значајне промене услед спајања конституената (пример алумине ојачане цирконијум оксидом). До овакве промене особина најчешће долази када је једна од фаза обично од плочица или влакана, али и када је запреминска фракција једне од присутних фаза већа од 10 %v.

Композитима се могу сматрати материјали који се састоје од две или више хемијских различитих фаза уочљивих на макро скали, са видљивим међу површинама које раздвајају фазе. Ова дефиниција се односи, у пуној мери, на влакнима ојачане композите, који представљају сигурно највећу и најзначајнију групу композитних материјала [4].

3.1. Карактеристике полимерних композита

Композит представља континуалну фазу у коју је уграђена једна или више дисконтинуалних фаза. Дисконтинуална фаза је обично крућа, тврђа и јача од континуалне фазе и назива се ојачање или ојачавајући материјал, док је континуална фаза матрица. Композити са кућном матрицом од ојачања су гумом модификовани полимери, док су композити са крутим матрицама и крутим ојачањем угљеник-угљеник композити и композити са керамичким матрицама [4].

Керамичким матрицама композита настаје јачањем керамике интегрисане у керамичким матрицама. На пример, појачања могу бити дуга континуирана влакна, кратка влакна или тромбоцити, а типични појачивачи су алуминијум-оксид, кордиерит, мулит, силицијум-карбид, силицијум-нитрид, цирконијум-диоксид, титанијум-диборид, топљени силицијум-диоксид и графит, док уобичајени материјали матрице су алуминијум-оксид, кордиерит, мулит, силицијум-карбид, силицијум-нитрид, цирконијум-диоксид, титанијум дибориде. Композити са керамичким матрицама имају одличну отпорност на корозију, одличну издржљивост на високим температурама, високи ниво тврдоће, релативно висок модул еластичности и релативно малу тежину. За разлику од полимерских матрица композита, којој треба појачање, пре свега, како би побољшала структурне карактеристике, керамичка матрица композита користи појачања ради побољшања жилавост, поузданости и трајности, као и да унапреди структурне карактеристике [5].

Метална матрица композита (ММК) се састоји од материјала, као што су лаке легуре алуминијума, магнезијума, титанијума, односно ојачане са керамичким честицама или влакнима. Као што је случај са керамичким матрицама композита, појачања могу бити континуална или дисконтинуална. Угљена и керамичка влакна се користе као континуална појачања у металним матрицама композита. Типична керамичка влакана која се користе као континуална појачања су алуминијум-оксид, силицијум, бор, алуминијум-силицијум, цирконијум, магнезијум, мулит, бор-нитрид, силицијум-нитрид и титанијум-диборид. Најчешћи примењиване честице су алуминијум, титанијум-карбид, силицијум-карбид, карбид и волфрам-карбид [5].

Угљени-угљеник композит се састоји од угљених влакана као влакна за ојачање и угљених материјала као материјала матрице. Угљени-угљеник композит се обично класификује у две врсте: структурни и неструктурни. Влакна за ојачање могу имати

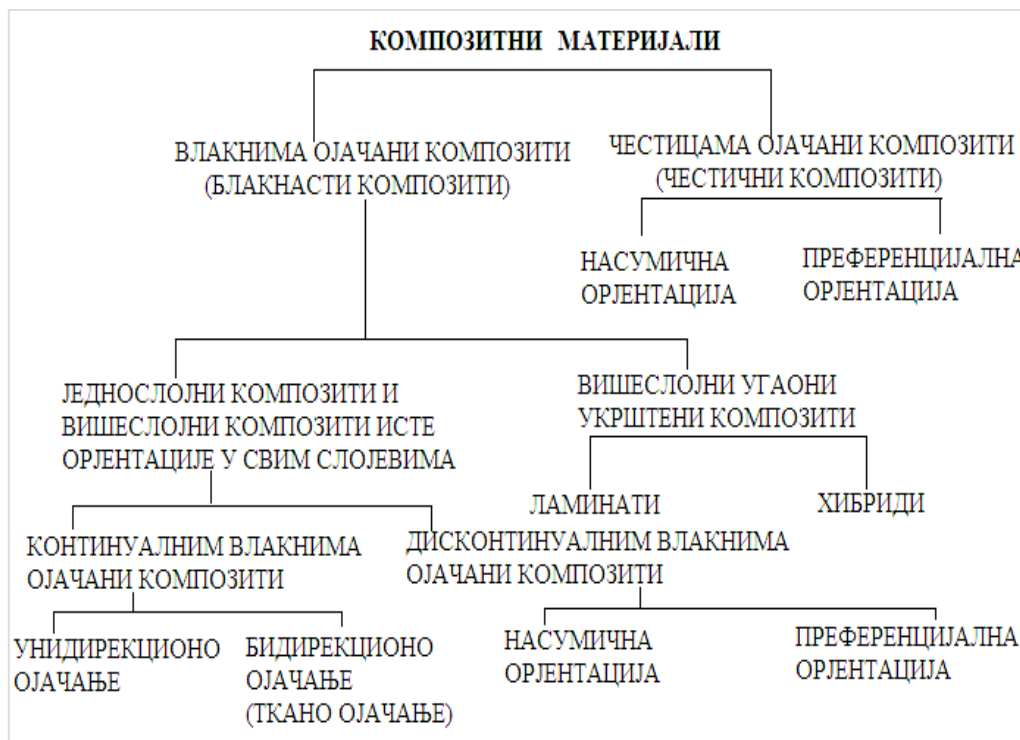
разне облике: исецкани, континуални, дводимензионалне тканине и тродимензионалне тканине. Избор ојачања зависи од примене, а процес депоновања угљеника у угљенична влакна предформе, који делује као материјал матрице, а тај процес се назива згушњавање. Депортовање се врши на два општа начина, најчешћи метод је таложење хемијских пара (KVB), такође познат као хемијско-испаривање инфилтрацијом (CVI), а други метод се назива течна импрегнација. Оба процеса се морају поновити више пута како би се постигао уобичајени ниво згушњавања, што чини угљени-угљеник композита доста скупим. Микроструктура материјала угљеника матрице има важан утицај на карактеристике коначног композита. Значајан износ истраживачког рада је у току развијања квантитативне корелације између микроструктуре и механичких и топлотних својстава угљеник-угљеника композита [5].

3.2. Класификација композита

Највећи број композита је развијен и производи се с циљем да се побољшају њихове механичке особине, као што су крутост, чврстоћа, жилавост или високотемпературне карактеристике. Логично је да се композити класификују према заједничком механизму ојачања, а како овај последњи зависи од геометрије ојачања, композити се класификују према геометрији репрезентативне јединице ојачања. Опште прихваћена шема класификације композита приказана је на **слици 3.1**. Према овој класификацији, битна карактеристика честица је да су оне по својој природи невлакнасте. Оне могу бити: сферичне, кубне, тетрагоналне, плочасте или неправилног облика, али су све прилично еквиаксијалне. Влакна одликује велики однос дужине према димензијама попречног пресека. Честицама ојачани композити називају се често честични (engl. particulate), а влакнима ојачани композити влакнасти (engl. fibrous) композити. Ови последњи представљају велику групу нових конструкционих, композитних материјала [4].

Ламинарни композити влакна/пластика представљају класу врло атрактивних конструкционих материјала. Изузетна предност ових материјала су њихове изванредне механичке карактеристике, посебно њихове специфичне механичке карактеристике, као и могућност уношења флексибилности при пројектовању конструктивних елемената од ових композита. Структура и природа ламинарних

композита су другачија него исте код класичних поликристалних конструкционих материјала. Исто тако, иницирање и простирање лома, као и критеријуми разарања и отпорности материјала су другачији него у класичним конструктивним материјалима.



Слика 3.1. Приказ класификације композитних материјала [4].

Произведени филаменти и влакна од неорганских материјала имају чврстоћу у правцу влакана већу од чврстоће масивних материјала, јер су велике пукотине, критичне за иницирање катастрофалног лома, присутне у масивним материјалима, минимизирани у влакнима, због малих димензија попречног пресека влакана. Високе вредности чврстоће и крутости у органским, полимерним влакнима последица су оријентација молекуларне структуре [4].

Због малих димензија њихових попречних пресека сама влакна нису посебна за манипулацију и инжењерске примене. Уграђена у погонске матрице она представљају влакнасте композите. Матрица служи да повеже влакна, пренесе оптерећење, спречи утицај околне средине и оштећења при манипулисању.

У зависности од врсте и особина система развијен је низ различитих техника израде композитних материјала. Тако се композити стакло/полиестар довијају техником ручног слагања (engl. hand lay-up), уз умрежавање на собној и одређивање на температурама до 100 °C. Композити са епоксидним термопластичним матрицама

добијају се техникама врућег пресовања на повишеним температурама, препрека или стока слојева влакана и матрица у калупима или у аутоквалима, или пак, техником контактнoг вакум пресовања. Цилиндрични или сферични делови од композита добијају се техником механичког намотавања (engl. filament winding), а композитни делови ојачани континуалним влакнима израђују се и техникама екструзије, пултрузије и пулформинга [4].

3.3. Примена композита са полимерним матрицама

Усавршени композити на бази континуалних влакана и полимерских матрица прогресивно замењују у многим областима класичне конструкционе материјале, нарочито метале.

Из више разлога (повољне особине за примену, једноставна и јефтина технологија добијања, уштеде у инвестицијама, трошкови производње и експлоатације) композитни материјали постали су веома атрактивна група конструктивних материјала, а биће незаменљиви материјали у будућности. Поред низа погодних особина за другу и безбедну примену, према неким, њихова најбоља особина је цена, поготову када се има у виду производња, експлоатација и замена делова. С обзиром на уштеде у потрошњи енергије, чак и цена композита са угљеним влакнима није тако велика, упркос чињеници да су карбонска влакна по јединици количине најмање двадесет пута скупља од стаклених влакана [4].

Скупи композити угљена влакна/епоксидна матрица изузетних карактеристика (високе вредности чврстоће и крутости, ниске густине, извнредне отпорности на замор и корозију) налазе своју примену за специјалне намене: васионска и ракетна техника, судови под притиском, антене, ротори центрифуга, цеви и осовине подвргнуте цикличним оптерећењима, делови мотора, тркачких аутомобила, спортских реквизита. Највећа примена ових композита су примарни и секундарни делови авионских конструкција. У авионе који се данас производе уграђују се до 40 % делова од ових композита. Висока цена компонената од ових композита компензује се уштедама у потрошњи горива, јер су композити угљеник/епоксид лакши 5 до 7 пута од челика.

Пораст производних капацитета, цена и експлоатација примене угљених влакана су тесно повезани. Сматра се да ће се производна цена угљених влакана са садашњег

нивоа од 30 US\$/ kg са повећањем производних капацитета ових влакана на 120-130 t/годишње, спустити испод границе од 20 US\$/ kg.

Развој и примена композита са угљеним влакнима поспешила је развој и примену усавршених композита са дугим континуалним влакнима, пре свега, са арамидним и стакленим влакнима [4].

Композити стаклена влакна/полиестарска или епоксидна смола поседује низ добрих карактеристика: велика чврстоћа, изваредну отпорност на удар, корозиону стабилност, ниску густину, једноставне поступке производње, лакоћу израде комплексних облика. Са повољним односом између цене са особина, уз коришћење континуалних влакана, увођење нових технолошких поступака израде (ињекционо пресовање, механичко намотавање, пултрузија, пулформинг, индустријска производња нетканых трака) примена ових композита се јако повећава и обухвата следеће области:

- хемијску индустрију;
- индустрију третмана вода
- електронику и информационе технологије;
- бродоградњу, приморска и постројења на мору (платформе за експлоатацију нафте);
- грађевинарство и инфраструктура;
- аутомобилску и индустрију вагона;
- војној индустрији (оружја, оруђа, борбена возила и остала наоружања), итд [4].

Композити са полимерним матрицама (ПМК) су материјали направљени комбиновањем полимера са другом класом материјала, као што је керамика. Генерално, намера прављења полимерних композита је да се добију материјали мале тежине, високих перформанси који су супериорни у односу на појединачне компоненте.

4. СПЕЦИФИЧНОСТИ ТРЕТМАНА ВОДА

Значај воде за људе, живи свет, екосистеме и планету у целини, веома је велики и многострук, почев од тога да је вода услов живота, па до многих других функција. Вода је једна од најважнијих основних материја у природи и неопходна је за одржавање биљног, животињског и људског живота.

Вода у природи је најраспрострањенија материја. Налази се у атмосфери, хидросфери, криосфери, биосфери и литосфери.

Она у организму човека одржава потребан хидростатички, осмотски и онкостатички притисак, а такође омогућава метаболизам. У одсуству воде живот се гаси за неколико дана. Поред великог физиолошког и хигијенског значаја, вода има и знатну епидемиолошку и токсиколошку улогу. Потребе за водом одраслог човека износе од 2,5 до 3 литара дневно.

Вода налази најразличитију примену у човековом деловању: служи за пиће, за припрему хране, за одржавање личне хигијене, стамбене и урбане хигијене, користи се у пољопривреди, индустрији, саобраћају, енергетици, риболову, рекреацији итд.

Буран технички прогрес XX века проузроковао је исцрпљење природних ресурса, загађење атмосфере, тровање водне средине, уништавање растиња итд., што се негативно одражава на људско здравље. Већина река, канала и неких језера у Србији загађено је у мањој или већој мери. Наше највеће реке Дунав, Сава, Тиса и Велика Морава припадају III класи вода, што значи да су делимично погодне за наводњавање и за неке индустријске сврхе, али не и за пиће док се не прераде.

Ради стварања услова за рационално коришћење и употребу вода, заштиту квалитета вода и заштиту од штетног деловања вода граде се водопривредни системи, који спадају међу најсложеније људске творевине. Њихова изградња, одржавање и погон захтевају веома висока средства која у значајној мери оптерећују друштвену економију. Да би се ови трошкови минимизирали неопходно је да се у планирање развоја и управљање водопривредним системима уведу квалитативно садржајнији приступи који се

већ одавно примењују у развијеним земљама. Такви приступи захтевају целовито и свеобухватно вредновање карактеристика хидролошког режима.

Пречишћавање воде је било који поступак који побољшава квалитет воде како би био прикладан за одређену крајњу употребу. Крајња употреба може бити пиће, индустријско снабдевање водом, наводњавање, одржавање речног тока, рекреација воде или многе друге намене, укључујући безбедно враћање у животну средину. Третман воде уклања загађиваче и нежељене компоненте или смањује њихову концентрацију тако да вода постане погодна за жељену крајњу употребу. Овај третман је пресудан за људско здравље и омогућава људима да имају користи и од пијења и од наводњавања. Свакако два најважнија третмана за нас представљају третман воде за пиће и третман отпадних вода.

4.1. Третман воде за пиће

Иако за пиће није потребно више од 2 - 3 литара воде по човеку, ипак је укупна дневна потрошња много већа и одраз је стандарда живљења и културе понашања. Норма потрошње се стално повећавала. За градске центре у Србији она се мењала од око 100 л/дан у 1950. години, 214 л/дан у 1963. години, 283 л/дан у 1971. години, 391 л/дан у 1981. години до 459 л/дан у 1991. години. Садашња норма потрошње је око 460 л/дан у највећим градовима. Овом нормом су обухваћена сва коришћења висококвалитетних вода. Од ове количине у току 1991. године домаћинства су користила 45%, индустрија 30%, а преосталих 25% одлазило је на потребе ресторана, болница, прање улица и заливање паркова, а један део се због неисправности водоводне мреже губио.

У савременој индустрији, без воде готово да нема никаквог процеса. Нарочито је велика потрошња у прехранбеној и хемијској индустрији. У табели 1 дат је преглед потрошње количине воде за поједине производе. Мањи део од тих количина уграђује се у нови производ, а већи се користи као расхладни и транспортни медиј, односно за одвајање и пречишћавање

појединих материја.

Производ	Потрошња воде (l)
Пиво (1l)	20
Бензин (1l)	180
Амонијак (1kg)	180 - 400
Папир (1kg)	400 - 1000
Челик (1kg)	25 - 200
Памучна кошуља (1 комад)	50
Путнички аутомобил (1 комад)	38000

Табела 4.1 Количина воде потребна за производњу неких индустријских производа

За риболов, рекреацију, разне спортове, за бањска лековита и терапеутска дејства вода је опет у незаменљивој функцији.

Потребе за водом у индустрији се најчешће не могу подмирити само водом из бунара, јер се из тих извора снабдева и становништво. Капацитет бунара креће се од 0,1 - 10 m^3 /час и њихов број се не може повећавати неограничено, јер се обично ради о ограниченом капацитету водоносног слоја. Због тога је пожељно да лоцирање индустрије буде поред већих река. Ово је и са аспекта одвођења отпадних вода најповољније решење, јер се тиме спречава загађивање подземних вода, које су значајан ресурс воде за пиће.

Третман за производњу воде за пиће подразумева уклањање загађивача из сирове воде како би се произвела вода која је довољно чиста за људску употребу без икаквог краткорочног или дугорочног ризика од било каквих штетних ефеката на здравље. Уопштено говорећи, највећи микробни ризици су повезани са гутањем воде која је загађена фекалијама људи или животиња (укључујући птице). Измет може бити извор патогених бактерија, вируса, протозоа и хелминта. Уништавање микробних патогена је од суштинске важности и обично укључује употребу реактивних хемијских средстава као што су суспендоване чврсте материје за уклањање бактерија, алги, вируса, гљивица и минерала, укључујући гвожђе и манган. Ове супстанце и даље

наносе велику штету неколико ниже развијених земаља које немају приступ пречишћавању воде.

Предузете мере за осигурање квалитета воде не односе се само на третман воде, већ на њен пренос и дистрибуцију након третмана. Због тога је уобичајена пракса да се заостала средства за дезинфекцију држе у пречишћеној води како би се убила бактериолошка контаминација током дистрибуције.

Вода која се испоручује у домаћинства, за воду из славине или за другу употребу, може се даље третирати пре употребе, често користећи линијски поступак третмана. Такви третмани могу да укључују омекшавање воде или размену јона. Многи и системи такође уклањају заостале дезинфицијенсе и јоне тешких метала.

4.2. Процеси у третману воде

Процеси који су укључени у уклањање загађивача укључују физичке процесе као што су таложење и филтрирање, хемијски процеси као што су дезинфекција и коагулација и биолошки процеси као што је споро филтрирање песка.

Комбинација изабрана из следећих процеса користи се за пречишћавање комуналне воде за пиће широм света.

Сирова вода, тј. вода коју преко водозахватних објеката узимамо за потребе водоснабдевања никад није апсолутно чиста. Она увек садржи, мање или више, различите материје у раствореном и суспендованом стању, а које су унешене из околине кроз коју пролази (са површине литосфере, кроз хидрогеолошки медиј, кроз атмосферу итд.).

У води такође могу да се нађу унешене разне врсте загађења. Да би се утврдило присуство појединих супстанци у сировој води, морамо на бази прописано узетих узорак извршити одговарајуће анализе чије резултате упоређујемо са важећим стандардима воде за пиће. Резултати поређења говоре да ли и у којој мери треба вршити кондиционирање воде.

Кондиционирање воде за пиће подразумева коришћење различитих процеса и операција којима се уклања неки недостатак сирове воде, понекад и читав комплекс недостатака, а понекад се вештачки поправља одређено својство које захтевају потрошачи, односно стандарди којима су прописани

критеријуми квалитета воде за пиће.

Методе за припрему воде за пиће обухватају низ главних и допунских процеса и операција који се комбинују у оквиру технолошког поступка, често и са посебним третманом, чија шема кондиционирања може бити веома једноставна (нпр. само дезинфекција воде), али и крајње комплексна.

За кондиционирање воде користе се следеће основне операције и процеси:

- мешање,
- аерација,
- коагулација и флокулација,
- таложење,
- флотација,
- филтрирање,
- дезинфекција.

Као допунски процеси, примјењују се:

- оксидација,
- сорпција,
- одстрањивање гвожђа и мангана,
- одстрањивање амонијака,
- омекшавање,
- стабилизација воде, и сл.

Саставни део процеса кондиционирања воде је обрада и одстрањивање муља из постројења. При кондиционирању воде за пиће често се користи и операција задржавања на решеткама и ситима пливајућих и лебдећих материја. Уређаји за ову операцију постављају се ван постројења на почетку водозахватних објеката или на самом улазу у постројење.

Постројење за пречишћавање воде обједињује објекте процеса, опрему и хемикалије које треба применити да би се на технички реалан и економски оправдан начин из сирове воде уклонили сви нежељени састојци. Комбинације процеса могу бити следеће:

- дезинфекција,
- флокулација, филтрирање, дезинфекција,
- флокулација, таложење, филтрирање, дезинфекција,
- флокулација, флотација, филтрирање, дезинфекција.

У случајевима изузетно лошег квалитета сирове воде, уз набројане комбинације процеса, мора се укључити још и:

- аерација,
- оксидација и
- сорпција.

5. ПРИМЕНА И КАРАКТЕРИСТИКЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА ЗА ИНДУСТРИЈУ ТРЕТМАНА ВОДА

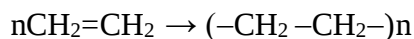
За потребе овог рада узете су три најзаступљеније врсте пластичних маса које се најчешће примењују у изради цеви за индустрију третмана вода. То су:

- полиетилен (ПЕ),
- полипропилен (ПП) и
- поливинилхлорид (ПВЦ).

Ове полимере краси пре свега висока флексибилност и отпорност на ударе и померања тла, висока отпорност на корозију и хватање каменца унутар цеви. Изузетно битан фактор је и трошак производње цеви од ових материјала, који је неупоредиво јефтинији од цеви истих пречника од различитих метала. Такође, физиолошки и токсиколошки су потпуно безбедне за коришћење у водоснабевању.

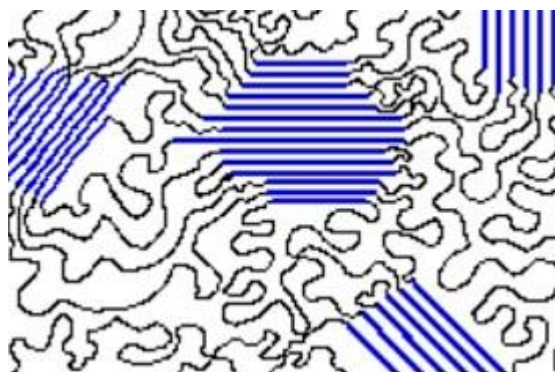
5.1. Полиетилен (ПЕ)

Полиетилен (ПЕ) је најједноставнији, а уједно и један од најпознатијих и најважнијих полимера данас. Индустрijски се производи полимеризацијом етена, а у лабораторији се може добити и од диазометана. Следећа једначина приказује реакцију добијања полиетилена:



Најважнији структурни параметри који директно утичу на својства полиетилена су: степен кристалности, просечна молекулска маса и расподела молекулске тежине.

Поновљене јединице полиетилена су $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)$ које врло лако омогућавају његову кристализацију. Полиетилен кристалише у издуженом цик-цак или трансконформацији, а његов степен зависности зависи од степена кристалности и односа кристалне фазе према аморфној фази. У комерцијалним полиетиленским, кристалним и аморфним регионима се смењују, градећи, између осталог, различите морфолошке формације, најчешће сферолите (Габуд, 2016). Слика 1. приказује схему структуре полиетилена.



Слика 1. Схематски приказ аморфних и кристаластих подручја у полиетилену

Степен кристалности као последица уређене, правилне структуре првенствено зависи од структуре самих макромолекула. Линеарне полиетиленске макромолекуле садрже бројне бочне групе које могу бити кратководне и дуголанчане, што спречава густо слагање сегмената ланаца и потпуну кристализацију, а тиме смањује степен кристалности са повећањем гранања. Гранатирање кратког ланца у полиетилену састоји се од бутила, метила, етила, и винил групе. Њихово присуство, односно општа мера за гранање полиетиленских макромолекула одређује се бројем метилних група на 1000 Ц атома кичме и износи до 80. Гранање дугих ланаца у полиетилену износи само до две групе по макромолекули кичме, али и даље значајно утиче на његова својства маса. Степен кристалности је директно пропорционалан густини полиетилена. Како се густина може лако мерити, својства полиетилена процењују се према његовој густини. Како се густина повећава, тачка топљења се повећава и побољшава већина механичких својстава, међу којима су тврдоћа, затезна чврстоћа, истезање, истезање, отпорност на пузање, крутост и такође хемијска отпорност. Поред тога, смањује се пропусност течности и гасова. С друге стране, са повећањем густине смањују се флексибилност, прозирност, жилавост и отпорност на пуцање.

Способност обраде полиетилена зависи од просечне молекулске масе полиетилена, па је полиетилен веће молекулске тежине тежи за обраду. На основу разлика у густини, односно молекуларној тежини, полиетилен као технички материјал класификује се у неколико врста:

- Полиетилен мале густине (ПЕ-ЛД) – енгл. Low density polyethylene
- Линеарни полиетилен мале густине (ПЕ-ЛЛД) – енгл. Linear low density polyethylene
- Полиетилен велике густине (ПЕ-ХД) – енгл. High density polyethylene
- Полиетилен ултра велике молекулске тежине (ПЕ-УХМВ) – енгл. Ultra high molecular weight polyethylene
- Полиетилен средње густине (ПЕ-МД) – енгл. Medium density polyethylene
- Полиетилен врло мале густине (ПЕ-ВЛД) – енгл. Very low density polyethylene
- Умрежени полиетилен (ПЕ-Кс) – Crosslinked polyethylene

ПЕ-ЛД, ПЕ-ЛЛД и ПЕ-ХД су комерцијално веома важни материјали и производе се у великим количинама, док се ПЕ-УХМВ, ПЕ-МД, ПЕ-ВЛД и ПЕ-Кс производе у мањим количинама.

Полиетилен се може прерадити у свим главним процесима обраде пластомера. Екструдирање, дување калупа, бризгање и ротационо ливење су најчешће коришћени. Температура обраде полиетилена је обично у распону од 180 до 280 °C.

Када је изложен ултраљубичастом зрачењу, полиетилен је подложен процесима разградње, хемијској или термичкој оксидацији, посебно на повишеним температурама. Отпорност на ултраљубичасто зрачење постиже се додавањем УВ стабилизатора, деривата хидроксibenзентриазола или посебне врсте чађи у количини од 2%. Термичко разлагање се у потпуности спречава додавањем до 1% антиоксиданата као што су супституисани феноли и ароматични амини

5.1.1. Полиетилен ниске густоће (ПЕ-ЛД)

Полиетилен мале густине ПЕ-ЛД користи се за екструдирање филмова и фолија за паковање, кеса и носача, пољопривредних фолија, водоотпорних баријера у грађевинарству, брызгање прибора, контејнера и боца мале запремине.

5.1.2. Полиетилен високе густоће (ПЕ-ХД)

Полиетилен велике густине је врста полиетилена у којој основни полимерни ланац полиетилена не садржи гране, па се назива и линеарни полиетилен. ПЕ-ХД је чврст материјал, високог модула еластичности, воштаног изгледа и непотпуне прозирности. Због своје високе кристалности, има ниску хемијску реактивност и стога показује малу пропустљивост за већину хемијских једињења. Потпуно је непропусна за воду и неорганске гасове, а има врло малу пропусност за течна и гасовита органска једињења. Нерастворљив је у било ком органском растварачу на собној температури, иако у неким растварачима бубри. Тачка топљења ПЕ-ХД је од 128 до 135 °С, а разлаже се на температурама од 290 до 300 °С.

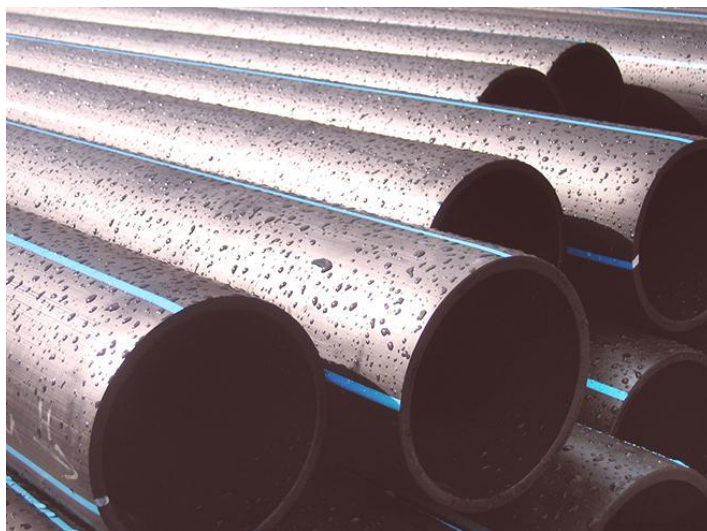
ПЕ-ХД је први пут добијен 1890. године од диазометана, а његова комерцијална производња започела је 1956. године у компанији „Phillips Petroleum Co.“

За добијање ПЕ-ХД се користе следећи поступци:

- Полимеризација у раствору који се користи за добијање ПЕ-ХД мале молекулске тежине,
- Полимер суспензијска полимеризација за добијање ПЕ-ХД и ниских и врло високих молекуларних тежина,
- Полимеризација у гасној фази која захтева најниже трошкове и најмање захтеван процес јер се изводи под релативно ниским притисцима.

5.1.3. Полиетиленске цеви за воду

ПЕХД цеви за транспорт воде под притиском су висококвалитетне цеви израђене од најквалитетнијег полиетилена ПЕ-80 и ПЕ-100. Цеви од полиетилена су физиолошки и токсиколошки потпуно безбедне за употребу у водоснабдевању. Предности ове врсте цеви у односу на друге материјале за цеви су да се због велике флексибилности и отпорности на сеизмичке ударе и померање тла могу користити за уградњу у подручја у којима се може рачунати на такве ситуације Велика отпорност полиетилена на каменац чини ове цеви погоднијим за употребу у водоводним системима од осталих материјала за цеви. Полиетиленске цеви за воду су отпорне на УВ зраке као и на температуре од -30°C до $+60^{\circ}\text{C}$. На слици 2. можемо видети цеви од ПЕ-ХД материјала.



Слика 2. Цеви од ПЕ-ХД материјала

5.1.4. Карактеристике полиетиленских цеви за воду

Позитивне карактеристике полиетиленских цеви су неспорне. Полиетиленске цеви су чврсте, отпорне на контакт са агресивним медијима, отпорне на корозију и изузетно отпорне на механичке ударе. Поред тога, лагани су и флексибилни и омогућавају економичну уградњу. Флексибилност материјала омогућава велике

дужине уградње према потреби. Ово смањује удео причвршћивача и окова на минимум.

Полиетилен је апсолутно нетоксичан материјал и потпуно је инертан у контакту са водом. ПЕ цеви су једноставне за транспорт и руковање (дужине цеви се могу смањити по наруџби за појединачне грађевинске пројекте, смањујући тако трошкове транспорта). Чак се настављају заваривањем или спојевима. Животни век им је преко 50 година. Не утичу на мирис и укус воде. Они не захватају каменац, па се проток временом не смањује. Веома су флексибилне и изузетно отпорне на вибрације, сеизмичке ударе итд. ПЕ-80 цеви имају већу флексибилност. Губици притиска су врло мали, јер је коефицијент трења 10 пута мањи од челичних цеви.

ПЕ цеви имају следеће карактеристике:

- Флексибилни су, омогућавају лакшу уградњу цевовода,
- Нису корозивни, нетоксични и дозвољени у примени воде за пиће,
- Имају високу отпорност на хабање и хемикалије,
- Имају мале губитке услед трења, што значи мањи пад притиска,
- Густина ПЕ је 0,95 - 0,96 кг / дм³, што омогућава цевима да плутају у морској води.

Предности уштеде у испоруци ПЕ дугих цеви су:

- Потребно је врло мало простора за заваривање, а понекад уопште нису потребни,
- Набавка цеви у дужинама од 500 - 550 м резултира потребом за само неколико спојева,
- Ниски трошкови транспорта (трактор у једном транспорту превози неколико хиљада метара цеви великог пречника),
- Значајне уштеде у времену и трошковима за извођача јер није потребан простор за изградњу и складиштење,
- Трошкови уградње су ниски због кратког времена уградње и није потребна тешка опрема за уградњу,
- Мањи је ризик од оштећења током руковања и складиштења.

Све ове карактеристике су веома важне и цењене од стране крајњег корисника који има користи од цевовода са дужим животним веком у поређењу са било којим алтернативним цевоводом направљеним од других материјала. У зависности од потреба корисника ове цеви могу се наручивати у форми правих цеви и у форми котура. (Слика 3.)



Слика 3. ПЕ цеви у форми правих цеви(шипке) и у форми котура

5.1.5. Транспорт и складиштење полиетиленских цеви

Системи полиетиленских цеви захтевају пажљиво руковање током транспорта. Цеви и фитинзи се морају транспортовати у одговарајућим возилима, а посебна пажња мора бити посвећена током утовара или истовара како би се спречило оштећење спољних површина цеви.

Током транспорта, цеви морају одговарати целом дужином возила како би се ограничило савијање и избегле деформације цеви. Даље, током транспорта, али и током складиштења, потребно је предузети мере за заштиту од могућих оштећења (нпр. Шилјати предмети, камење итд.). Такође је неопходно избегавати повлачење цеви на тлу. Током складиштења мора се водити посебна пажња како би се спречиле неовлашћене деформације. Висина наслаганих цеви на градилишту не сме бити већа од једног метра и морају бити причвршћене бочно. Место за одлагање мора бити тако

равно да цев може да одговара целој дужини. Палете се морају слагати искључиво дрво на дрво. Максимално дозвољена висина наслаганих цеви је један метар.

Црне ПЕ цеви су заштићене од УВ зрачења и дозвољено их је чувати на отвореном. Међутим, треба водити рачуна да сунчево зрачење није само на једној страни, што може проузроковати неравномерно загревање и последично савијање.

Мање ПЕ-ХД цеви испоручују се намотане у завојнице дужине обично 100 м. При уклањању траке за омотавање која држи завојнице треба да буду присутне најмање две особе. Прво се мора уклонити трака која држи спољни крај цеви, а тек онда се уклањају остале траке које причвршћују остале делове цеви. Потребно је уклонити само онолико трака колико је потребно за одмотавање потребне дужине цеви. Након одмотавања и одсецања цеви из калема, крај цеви се затвара и проверава оштећење преосталих трака. При уклањању трака, цев се не сме огревати, а приликом употребе бубња за одвијање цев се не сме оштетити додиром са земљом или другим предметима.

Цеви су на својим крајевима затворене пластичним чеповима, као што је приказано на слици 4.



Слика 4. ПЕ цев затворена чепом на крајевима

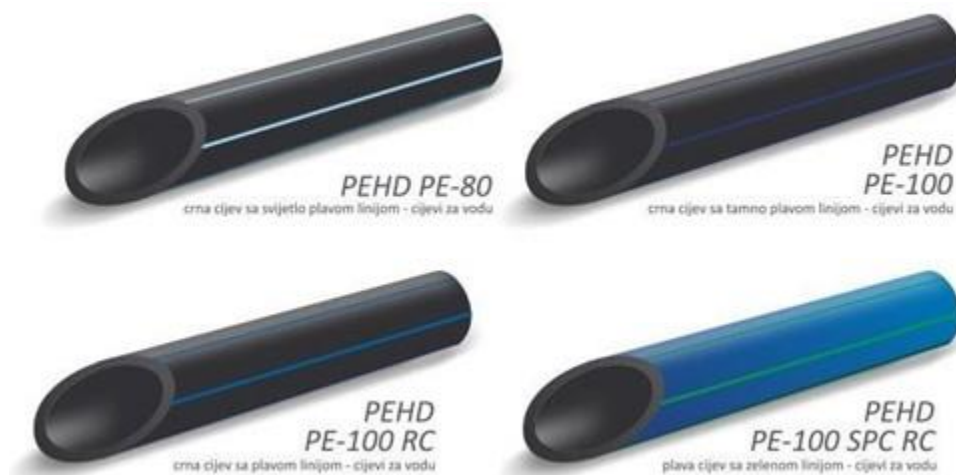
5.1.6. Полиетилен друге (ПЕ-ХД 80) и треће генерације (ПЕ-ХД 100)

Крајем 80-их развијена је нова генерација ПЕ-ХД материјала, ПЕ 100, који својим знатно побољшаним механичким својствима омогућава конкурентност ПЕ цеви у подручју већих пречника и радних притисака до 16 бара. ПЕ-ХД 100 је најчешће коришћени пластични материјал за подземне инсталације у дистрибуцији воде. Пошто ПЕ 100 има добру отпорност на брзо ширење пукотина (РЦП), гарантује велику сигурност приликом пројектовања цевовода високог притиска. Танкослојне цеви су лакше и стога погодније за транспорт, руковање и уградњу. Цеви ПЕ 80 израђене су од гранула реномираних европских и светских произвођача. Користи се изворно обојени црни, плави и жути материјал чији пигмент пружа максималну заштиту од УВ зрачења и топлоте. Полиетиленске цеви су нетоксичне, јаке, лагане, отпорне на корозију, употребљиве у разним цевоводним системима и све више замењују цеви израђене од конвенционалних материјала.

Предности ПЕ 80 / ПЕ 100 система цеви за дистрибуцију пијаће воде у поређењу са конвенционалним системима су:

- Велика чврстоћа и крутост чине их отпорним на продужени унутрашњи притисак и спољна оптерећења
- Трајност у раду
- Велика флексибилност, жилавост и мала тежина и отпорност на ударце
- Велика флексибилност на ниским температурама (- 50 °C)
- Велика отпорност на спољно хабање
- Одлична флексибилност и отпорност на кретање услед земљотреса
- Висока глаткоћа унутрашњих зидова са врло малим губицима протока
- Висока хемијска отпорност на агресивне медије
- Не кородирају, не рђају, не подржавају раст гљивица или плесни
- Могу се спојити заваривањем, електрофузијом, механичким спојевима
- Места заваривања имају исту механичку чврстоћу као и саме цеви.

На слици 5. можемо видети различите врсте ПЕ-ХД 80 и ПЕ-ХД 100 цеви, док на сликама 6. и 7. можемо видети две различите врсте спајања ових цеви. (сучеоним заваривањем и електрофузионо)



Слика 5. Врсте ПЕ-ХД цеви



Слика 6. Сучеono спајање



Слика 7. Електрофузионо спајање

5.1.7. Испитивање ПЕ цеви за воду

У оквиру испитивања полиетиленских цеви за воду врше се испитивања основних својстава ПЕ материјала за цеви (конвенционална густина, термичка стабилност на оксидацију, отпорност на лом, садржај влаге, чађи) и својстава готових ПЕ цеви (изглед цеви, боје и ознаке, мерење димензија, стабилност димензија при загревању, отпорност на унутрашњи притисак, прекидна чврстоћа, максимално дозвољени радни притисак). Опрема за испитивање састоји се од микрометра, покретне ваге, манометра, сушара и воденог купатила, како је приказано на слици 8.



Слика 8. Опрема за испитивање полиетиленских цеви за воду

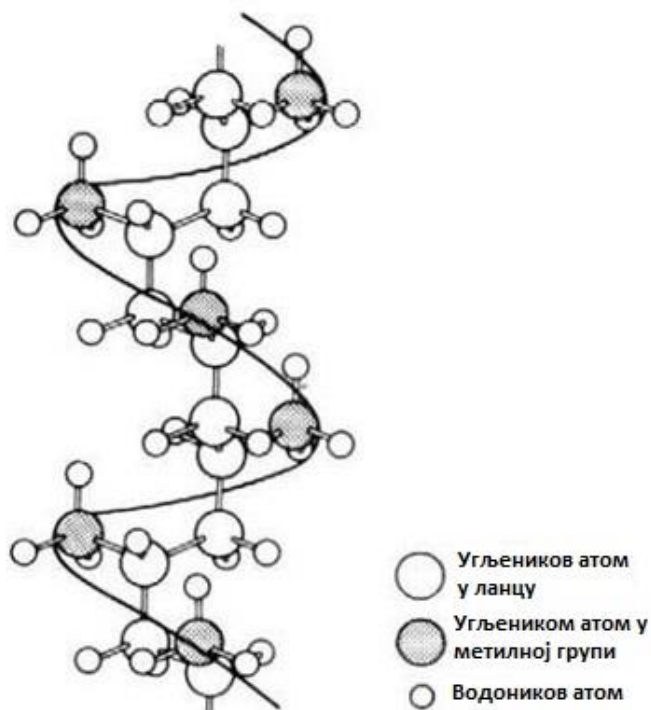
5.2. Полипропилен (ПП)

Полипропилен (ПП) је основни материјал за израду пластичних цеви за дистрибуцију топле и хладне воде. Полипропилен је пластомер мале густине и тачке топљења од 160 - 170 °C. Својства полипропилена приказана су у табели 3.

Густина	g/cm ³	0.9 – 0.91
Затезна чврстоћа	N/mm ²	31 – 41
Издужење при кидању	%	100 – 600
Јачина притиска	N/mm ²	38 – 55
Тачка топљења	°C	160 -170
Коефицијент топлотног ширења	K ⁻¹	(8.1-10)*10 ⁻⁵

Табела 3. Својства полипропилена

Загрејани материјал се лако обликује савијањем, а након хлађења задржава нови облик. Настаје процесом координатне полимеризације у којем је неколико малих молекула пропиленског мономера (пропена) у правилном распореду повезано у дугачке ланце молекула – макромолекуле. (Слика 9.)



Слика 9. Схематски приказ макромолекулског састава полипропилена

5.2.1. Полипропиленске цеви за воду

У производњи цеви постоје три врсте полипропилена:

- Хомополимер ПП-Х (ПП, ПП1) или чисти полипропилен користи се за проток хладне воде.
- Блок кополимер ПП-Б (ПП2) је полипропилен са одређеним адитивима који побољшавају флексибилност цеви, па се користи за производњу цеви малог пречника за проток хладне воде и за производњу цеви за подно грејање.
- Рандом полипропилен ПП-Р (ПП3) има састав који задовољава све стандарде за проток пијаће и топле воде и за дистрибуцију централног грејања. Овај полипропилен се најчешће среће у пракси.

Предности употребе ПП-Р цеви у санитарном инжењерству у односу на поцинковане челичне цеви су следеће:

- ПП-Р цеви не рђају,
- Минерали и каменци се не таложе на ПП-Р цевима,
- ПП-Р цеви су глатке, тако да су губици специфичне енергије током протока безначајни,
- ПП-Р цеви су мање способне да преносе буку и зујање у цевоводу (тише су),
- ПП-Р цеви су флексибилније,
- ПП-Р цеви трају дуже од челичних цеви (њихов век трајања је до 50 година),
- ПП-Р цеви се лако и брзо постављају итд.

Недостатак ПП-Р цеви је велики коефицијент топлотног издужења. У неким случајевима се као недостатак помиње мала тврдоћа због које се може догодити да се цев пробуши због непажње током постављања санитарних елемената.

На слици 10. можемо видети ПП-Р цеви различитих димензија.



Слика 10. Цеви од полипропилена (ПП-Р)

5.2.2. Вишеслојне цеви

Вишеслојне цеви су створене у потрази за задржавањем свих позитивних својстава полипропилена и осталих цеви израђених од полимерних материјала и елиминисањем њиховог највећег недостатка - великог линеарног коефицијента топлотног ширења. Ове цеви имају термички коефицијент ширења за четвртину нижи од класичних ПП-Р цеви, па брига за издужење услед промена температуре на водовима у кући отпада. Њихов линеарни коефицијент топлотног ширења и чврстоће веома су слични челичним цевима.

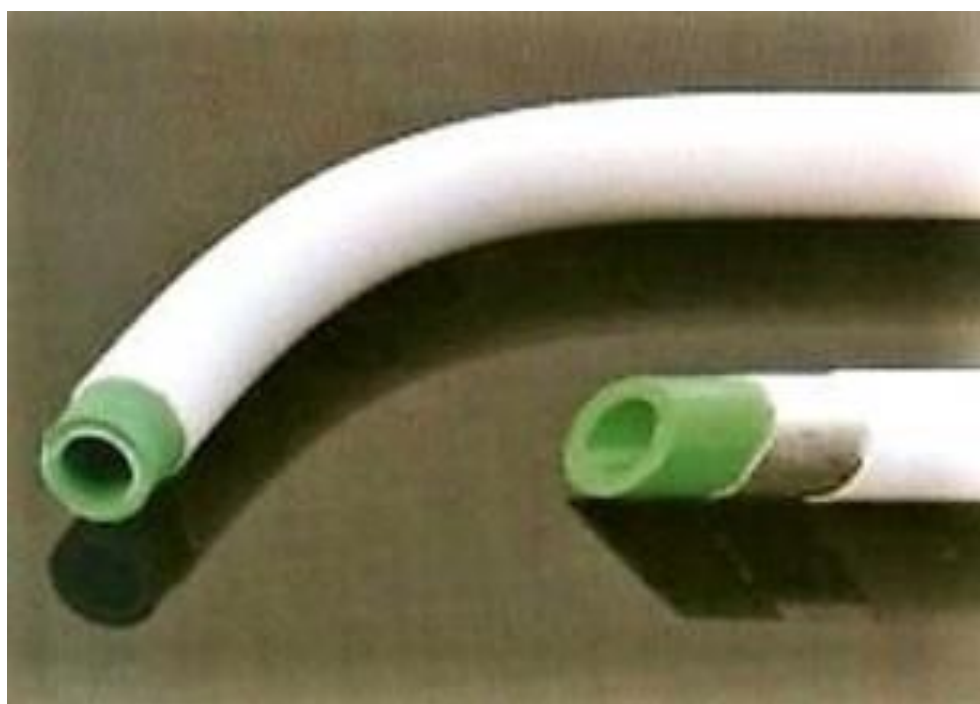
Постоје две врсте композитних цеви:

- Композитне цеви које су стабилизоване мешавином влакана у средњем слоју,
- Вишеслојне цеви које су стабилизоване алуминијумским уметком између два слоја полиетилена мрежице случајног полипропилена (ПП-Р) (ПЕ-Кс) или полибутена (ПБ). Због материјала слојева: пластике, алуминијума, пластике ове цеви се могу назвати ПАП цеви. Процес израде ових цеви разликује се од произвођача до произвођача и постоји неколико поступака за њихово спајање.

Слика 11. приказује композитну цев, а слика 12. вишеслојну (ПАП) цев.



Слика 11. Композитна цев



Слика 12. Вишеслојна (ПАП) цев

5.2.3. Спајање ПП-Р цеви

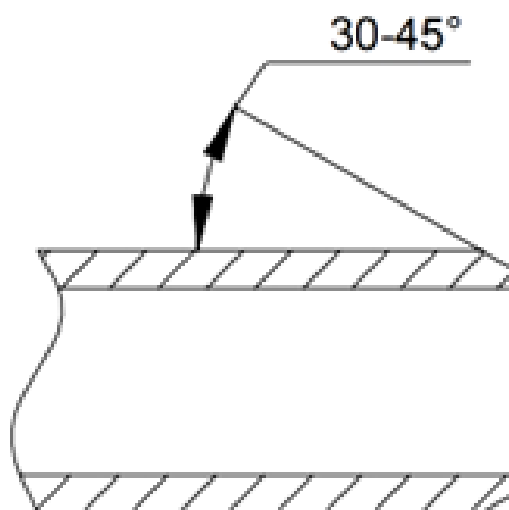
Полипропиленске цеви се спајају заваривањем. У неким каталозима термин заваривање користи се за спајање, у неким заваривањем топљењем, а у неким полифузијским заваривањем. Заваривање је поступак спајања два дела, доводећи их на удаљеност на којој се њихови атоми активирају. Заваривање полипропиленских цеви врши се површинским загревањем спојних делова на температуру од 260 °C и пресовањем (ваљањем) једног дела у други. Да би се цев и њен прикључни део загревали само површно, дужина грејања је ограничена и зависи од дебљине зида.

Техничке информације произвођача полипропиленских цеви садрже смернице о времену загревања и времену обраде, приказане у табели 4.

Vanjski promjer cijevi (mm)	Vrijeme zagrijavanja (s)	Vrijeme obrade (s)
16	4	4
20		
25		
32	6	6
40		
50		
63	8	8
75		
90		
110	10	10

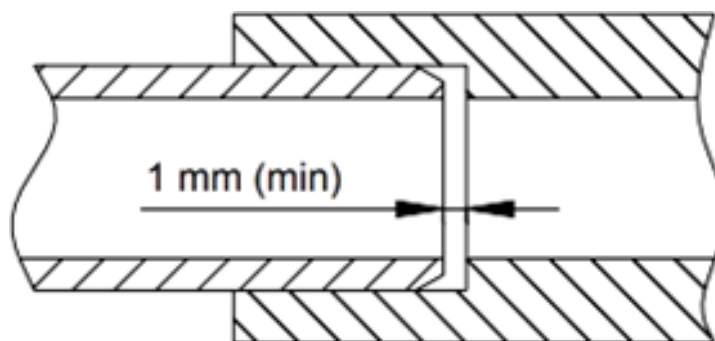
Табела 4. Смернице за заваривање ПП-Р цеви

За пресецање цеви најбоље је користити маказе јер оне остављају чист рез, док после сечења тестером посечени део треба обрадити оштрим ножем. При заваривању цеви већег пречника, препоручује се обрада краја цеви под углом од 30 или 45 ° одговарајућим алатом, као што је приказано на слици 13.



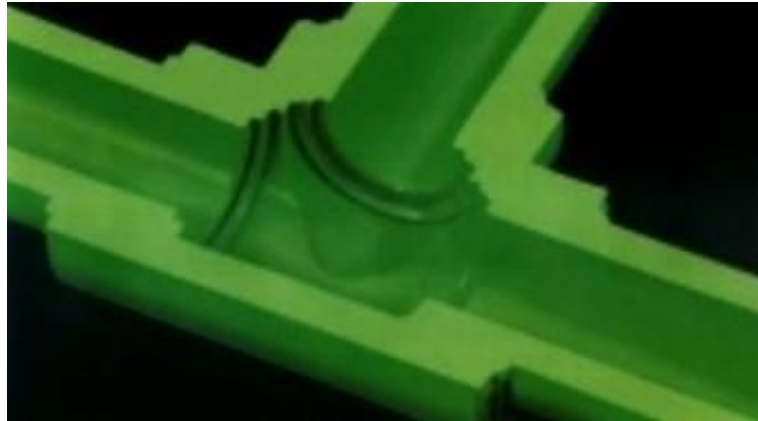
Слика 13. *Обрада крајева ПП-Р цеви већег пречника*

Пре загревања треба означити дубину удубљења цеви у елемент за повезивање тако да предубоко удубљење не ствара прстен и смањује пречник цеви. Цев није до краја утиснута у везни елемент, али треба оставити најмање један милиметар слободног простора, као што је приказано на слици 14. При спајању цеви већег пречника, слободни простор треба да буде већи.



Слика 14. *Слободни простор при спајању ПП-Р цеви и арматурних елемената*

Код спојева ПП-Р цеви са рачвањем важе иста правила о слободном простору, као што је приказано на слици 15.



Слика 15. Добро изведени спој ПП-Р цеви са рачвањем

Спајање ПП-Р цеви са коленом изводи се поступком заваривања у топлом стању. Делови поступка заваривања приказани су на сликама 16. и 17.



Слика 16. Загревање цеви и колена



Слика 17. Утискивање цеви у колено

5.3. Поливинил хлорид (ПВЦ)

Поливинил хлорид или ПВЦ је термопластични материјал добијен из уобичајене соли и фосилних горива. Овај материјал од пластичних цеви има најдужу историју од свих пластичних материјала. Поливинилхлорид (ПВЦ) је откривен крајем деветнаестог века. Научници који су посматрали новонастали хемијски гас, винил хлорид, такође су открили да када је изложен сунчевој светлости, гас подлеже хемијској реакцији (данас познатој као полимеризација) што резултира сивобелом чврстом супстанцом. Међутим, овај чврсти материјал било је толико тешко обрадити да је издвојен у корист других материјала. Неколико година касније, током 1920-их, “BFGoodrich” је ангажовао научника за гуму Валда Семона да развије синтетичку гуму која ће заменити све скупљу природну гуму. Његови експерименти су на крају произвели поливинил хлорид. (На слици xx можемо видети тродимензионални приказ ланца ПВЦ-а) Иако су произвођачи почели да користе ПВЦ на разне начине - да набројимо само штикле, ципеле за голф и кишне мантиле - његова употреба се знатно повећала током Другог светског рата. Испоставило се да је ПВЦ изврсна замена за гумену изолацију жица и много се користио на америчким ратним бродовима. После 1945. његова примена се проширила.



Слика 18. 3Д приказ ланца ПВЦ-а

5.3.1. ПВЦ цеви за воду

У водоводној и канализационој пракси доминирају цеви од тврдог ПВЦ-а, ПВЦ-а за воду под притиском (ПВЦ-У) као и варијанта високих перформанси названа ПВЦ-Ц, која се нарочито користи за водоводне цеви у затвореном, код снабдевања топлим водом.

Пластичне, а тиме и ПВЦ цеви показују нека посебна својства која им дају предност у односу на друге врсте цеви, од којих се издвајају следеће:

- Изузетно велика отпорност на корозију, а самим тим и велика трајност (при правилној монтажи ових цеви, век трајања може бити и преко 100 година, што ће уопштено премашити век трајања структура у којима су инсталиране) ,
- Добра хидрауличка својства као последица глаткоће унутрашњих зидова,
- Мала тежина (приближно 1400 кг м-3), што олакшава транспорт, руковање и уградњу,
- Отпорност на мраз, што их чини погодним за температуре испод 0 °С,
- Низак коефицијент топлотне проводљивости, што омогућава постављање цеви на мању дубину, смањујући на тај начин трошкове изградње,
- Једноставна монтажа (обрада, сечење, спајање),
- Могућност рециклирања (задовољавање еколошких критеријума).

Одређени недостаци ПВЦ цеви су:

- Није отпоран на високе температуре (смањење чврстоће, истезање, запаљивост), тако да се све ове цеви могу користити на температурама отпадних вода до максимално 60 °С,

- Крутост цеви на ниским температурама.

Веома важно својство пластичних цеви је њихова мала густина, па је цевовод направљен од ПВЦ цеви и до 10 пута лакши од, на пример, челичног цевовода. Мала тежина цеви такође значајно утиче на економију производње, јер су трошкови транспорта и складиштења знатно нижи, а уградња ових цеви је лакша.

Параметри квалитета ПВЦ цеви су: материјал, производња, чврстоћа, деформације, хемијска отпорност, отпорност на хабање, водоотпорност, трајност, заштита животне средине и усклађеност са стандардима. На слици 19. можемо видети како изгледају водоводне цеви направљене од овог материјала.



Слика 19. Водоводне цеви од ПВЦ-а

Две најзаступљеније врсте цеви од ПВЦ-а су свакако:

- У-ПВЦ и
- Ц-ПВЦ.

5.3.1.1. У- ПВЦ цеви за воду

ПВЦ-У је окарактерисан као материјал високих физичких перформанси и отпоран је на корозију и хемијска једињења као што су: киселине, алкалије, високо слане материје и многа друга једињења. Није отпоран на кетоне, неке хлороване угљоводонике и ароматична једињења. Максимална радна температура за ПВЦ-У је 60 ° Ц. Дизајниран је да издржи притисак од 138 бара, а као водоводне цеви имају најдужу хидростатичку издржљивост на 23 ° Ц у односу на било коју другу термопластичну водоводну инсталацију. Пластичне цеви се спајају лепљењем (ПВЦ цемент), и такозваним хладним заваривањем. ПВЦ пластичне цеви имају дуг животни век. Студије ПВЦ цеви спроведене у Европи током 1930-их, које се и данас користе, сугеришу веома дуг и користан век трајања ових производа (пластичне цеви, водоводне цеви) од стотину година или дуже, што ће углавном премашити животни век конструкција у којима су инсталирани. Недавни тестови немачке крви и холандског ТНО потврдили су да ПВЦ пластичне цеви за воду под притиском (водоводне цеви), када су правилно постављене, имају век трајања дужи од 100 година.

ПВЦ пластичне цеви и њихови производи имају веома дуг и користан век трајања. Произведене пластичне цеви су и даље у употреби, тако да данас нема толико цеви за рециклажу. Иако тренутни стандарди не дозвољавају праксу рециклирања употребљених цеви у нове сертифициване цеви, произвођачи ПВЦ цеви могу сами рециклирати готово све остатке производа. Будући да је ПВЦ термопластичан, ПВЦ пластичне цеви могу се лако закопати, уситнити у прах и вратити у производни процес да би се направила нова цев.

Што се апликације цевовода од У-ПВЦ-а тиче, оне су:

- Безбедни за околину
- Обезбеђују дуготрајан радни век
- Лаки за инсталирање и руковање
- Отпорни на корозију

Примена:

- Инсталације за хладну питку воду (водоводне цеви)
- Инсталације за климатизацију (одвод конденза)
- Индустријске инсталације
- Транспорт различитих хемијских флуида

Температура рада:

- Стална 50 °C
- Максимална 60 °C (Температура квара)
- Притисак рада зависи од температуре

На слици 20. можемо видети како изгледају У-ПВЦ цеви и фитинг.



Слика 20. У-ПВЦ цеви и фитинг

5.3.1.2. Ц- ПВЦ цеви за воду

Хлоризовани поливинил хлорид (Ц-ПВЦ) је термопластични материјал за цеви и фитинге израђене од једињења Ц-ПВЦ. Подноси притиске до 138 бара и максималну температуру од 100°C. Током 45 година показао се као одличан материјал за цевоводе који дистрибуирају вруће и корозивне течности, топлу и хладну воду, водоводне инсталације, као и производњу цеви за грејање (опрема за грејање). Спаја се лепљењем (ЦПВЦ цемент), такозваним хладним заваривањем.

Цевовод направљен је од ове пластике резултат је нове технологије која обезбеђује повећану снагу производа. Системи за дистрибуцију воде (водовод и опрема за грејање) уграђују се одмах доступним, јефтиним алатом. Цементиран (лепљени) спојеви за које је доказано да су успешни више од 45 година - обезбеђују поузданост.

Са доказаним перформансама у домовима, етажним становима, становима и хотелима широм света, је врхунски избор за милионе задовољних власника кућа. Савремене водоводне инсталације укључују употребу пластичних цеви. Пластичне водоводне цеви, односно Ц-ПВЦ системи, идеални су за цевоводе за пијаћу воду у свим типичним стамбеним (засебним или вишепородичним) зградама, мотелима / хотелима, камп кућицама, стамбеним насељима, малим комерцијалним и институционалним структурама. Ц-ПВЦ цевовод је инсталиран и користи се од 1959. године, а оригиналне водоводне инсталације и даље раде непрекорно. Ц-ПВЦ цеви су такође погодне за употребу као цеви за грејање. Од свог развоја, цевовод Ц-ПВЦ инсталиран је на више од милијарду метара система у кућама, етажним становима, зградама, становима и хотелима, укључујући 12 милиона домова. Ц-ПВЦ цевовод се неће превремено покварити због корозије, електролизе или стварања каменца у областима у којима су вода, земљиште и / или атмосферски услови агресивни, тако да Ц-ПВЦ опрема за грејање и водовод без компромиса задовољава све стандарде.

Што се апликације цевовода, Ц-ПВЦ цевовод је:

- Безбедан за животну средину
- Има дуг рок трајања
- Лако се инсталира и користи
- Отпоран на корозију

Примена:

- Инсталације топле и хладне воде за пиће (водоводне инсталације)
- Инсталације за централно грејање (опрема за грејање, грејне цеви)
- Инсталације за климатизацију (грејање и хлађење)
- Индустијске инсталације
- Транспорт различитих хемијских течности
- Системи заштите од пожара

Радна температура:

- константна 82 °C.
- максимално 95 °C (температура грешке)
- радни притисак зависи од температуре

На слици 21. можемо видети како изгледају Ц-ПВЦ цеви и фитинг.



Слика 21. Ц-ПВЦ цеви и фитинг

6. ЗАКЉУЧАК

Брзи развој производње полимера и непрестано ширење њихове употребе у разним областима су карактеристике развоја индустрије у свету. Разлог за брзо ширење пластике треба тражити у чињеници да је немогуће повећати производњу природних материјала тако брзо као што расте потреба за њима. Производ направљен од или са великим уделом полимерних материјала је јефтинији и има боље оперативне карактеристике него када је сировина за његову производњу природни материјал.

Пластика су материјали који садрже полимерно једињење као основну компоненту. Под одређеним условима и у одређеним фазама производње, пластични материјали се могу обликовати под утицајем топлоте и притиска, а након хлађења задржавају одређени облик. Управо ове карактеристике полимера биле су основа за развој различитих технологија за прераду пластике и могућност израде широког спектра делова који имају широку примену.

Значај третмана вода као што је описано у раду расте сваким даном. Системи за третман вода се непрестано развијају и унапређују, како у погледу грађевинских карактеристика, тако и у погледу материјала који се користе у производњи различитих делова таквих система. Без обзира на облик и врсту система за третман како пијаћих, тако и отпадних вода, цеви кроз које се вода транспортује током његовог рада неизбежни су структурни део. У конструкцији цеви користе се различити материјали, међу којима доминирају полимери.

Најчешће коришћени полимери у производњи цеви за наводњавање су различите врсте полиетилена (ПЕ), полипропилена (ПП) и поливинилхлорида (ПВЦ).

Најчешћи тип полиетилена у производњи цеви за наводњавање је полиетилен велике густине (ПЕ-ХД). Најчешћи тип полипропилена у производњи цеви за наводњавање је случајни полипропилен (ПП-Р). Најчешћи тип поливинилхлорида у производњи цеви за наводњавање је поливинилхлорид за воду под притиском (ПВЦ-У).

На основу наведеног може се закључити да процес производње цеви за потребе индустрије третмана вода има огромну перспективу због релативно ниског улагања у

опрему, флексибилности производних програма и могућности брзог обрта капитала, с обзиром на то да је велики асортиман производа намењен масовној потрошњи.

7. ЛИТЕРАТУРА

1. др Богдан Недић, Владислав Ђукић, „Пластичне масе“, Машински факултет, Крагујевац, 2004. године
2. Андричић, Б. (2010.): Полимерни материјали. Ауторизована предавања. Завод за органску технологију Сплит.
<http://www.mojfaks.com/skripte/fkit/polimeri> (02.07.2020.)
3. <http://kalinic.info/strucni/cijevi.pdf> (02.07.2020.)
4. др Момчило Севановић, „Влакнима ојачани полимерни композити“, Машински факултет Београд, 2002. Март 2016
5. <http://korbindallas.com/product/pp-r-polypropylene-pipes-fittings/>
6. Процедуре унутар компаније Милановић Третман Вода д.о.о. (11.09.2020.)
7. <http://www.arapahocitrus.com/irrigation.html> (09.07.2020.)
8. <http://www.askengineering.co.uk/products/seals-and-o-rings/> (04.07.2020.)
9. <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=49180> (01.07.2020.)
10. <http://www.pipelife.hr/hr/media/pdfs/Cjenici2016/KATALOGPE100web.pdf> (09.07.2020.)
11. 24. <http://www.poljomagazin.com/?p=34382> (30.06.2020.)
12. http://www.viro-kem.hr/ponuda_granulati.asp?pp=PE (06.07.2020.)
13. <http://www.vodoskok.hr/wp-content/uploads/2016/06/pehd80100-1.jpg> (06.07.2020.)
14. <http://www.zastitabilja.eu/navodnjavanje-poljoprivrednih-povrsina/> (01.07.2020.)
15. <https://4.imimg.com/data4/NB/XC/MY-1169816/tirupati-superflow-pvc-pipes-500x500.jpg> (07.07.2020.)
16. <https://dir.indiamart.com/impcat/pvc-pipes.html> (09.07.2020.)
17. <https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ6LU63VPZDd8mvLEAYzZZy8CJ2W-6OubTRRazTx-Le-8a8J7ZX> (06.07.2020.)
18. 31. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/PVC-3D-vdW.png> (07.07.2020.)

20. <https://www.elektromax24.de/else-joy#> (07.07.2020.)
21. <https://www.environmental-expert.com/products/irritec-model-layflat-pvc-reinforced-pipe-520706> (12.07.2020.)
22. <https://www.everplast.com.tw/en/catalog/Profile-Pipe-Net-Extrusion-Machine/catalog-014.html> (12.07.2020.)
23. <https://www.pipelife.hr/hr/media/pdfs/Cjenici2016/KATALOGPE100web.pdf?m=1526019784&> (10.07.2020.)
24. <https://www.purplewave.com/auction/140813A/item/AC9412> (03.07.2020.)
25. <https://www.stabilosanitaer.de/item/images/436647/1600x1600/StabiloFLEX-PE-HD-Rohre-Trinkwasserrohre-Kunststoffrohre.jpg> (10.07.2020.)