

Факултет инжењерских наука у Крагујевцу
Универзитета у Крагујевцу

Милош М. Стојановић
ТЕХНОЛОГИЈЕ СПАЈАЊА ПЛАСТИЧНИХ ЦЕВИ
мастер рад

Крагујевац, 2013.

Факултет инжењерских наука у Крагујевцу

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Технологије прераде пластичних маса

Број индекса: 412/2011

Милош М. Стојановић

ТЕХНОЛОГИЈЕ СПАЈАЊА ПЛАСТИЧНИХ ЦЕВИ

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. _____

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да: изврши прикупљање и систематизацију података и објасни технологије спајања цеви. Потребно ја да се опишу материјали који се користе за израду поменутих цеви као и врсте пластичних цеви које се могу изградити. Такође је потребно описати поступке спајања цеви и у посебном поглављу дати конкретан пример спајања цеви. У посебном поглављу је потребно извршити пројектовање описаног дела за спајање пластичних цеви.

Препоручена литература:

1. Богдан Недић, Владислав Ђукић, Пластичне масе - Машински факултет, Крагујевац, 2004.
2. Богдан Недић, Технологије прераде пластичних маса - Машински факултет, Крагујевац, 2008.

Крагујевац, датум:

ментор:

Др Богдан Недић, ред. проф.

Извод:

У овом раду се разматрају особине пластичних материјала за израду цеви, врсте пластичних цеви, поступци спајања пластичних цеви, кроз примере су објашњени поступци спајања пластичних цеви, описан је поступак спајања цеви електричном спојницом и извршено је моделирање спојнице са уграђеним електричним грејачем.

Кључне речи: Пластичне масе, пластичне цеви, спајање цеви, електрична спојница.

Abstract:

This paper discusses the properties of plastics for pipes, types of plastic pipes, plastic pipes, joining processes, the examples are explained procedures connecting plastic pipes, describes the procedure for connecting pipes and electrical coupling was used for modeling connectors with built electric heater.

Key words: Plastics mass, plastic pipes, connecting pipes, electrical coupling.

САДРЖАЈ

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА	1
2. МАТЕРИЈАЛИ И ВРСТЕ ПЛАСТИЧНИХ ЦЕВИ	3
2.1. Материјали намењени за израду пластичних цеви	3
2.1.1. Поливинил хлорид – ПВЦ	3
2.1.2. Полипропилен – ПП	6
2.1.3. Полиетилен – ПЕ	7
2.1.4. Полистирен – ПС	11
2.1.5. Акрилонитрил бутаден стирен – АБС	13
2.1.6. Полиметилметакрилат – ПММА	13
2.1.7. Полиацетати – ПОМ	14
2.1.8. Целулозни деривати – ЦА	15
2.1.9. Полиамиди – ПА	16
2.1.10. Поликарбонати – ПЦ	17
2.2. Врсте пластичних цеви	19
3. ПОСТУПЦИ СПАЈАЊА ПЛАСТИЧНИХ ЦЕВИ	27
3.1. Заваривање термопласта	27
3.1.1. Заваривање топлим ваздухом/гасом	28
3.1.2. Заваривање врућим алатом	30
3.2. Спајање пластичних цеви спојницама	32
3.3. Спајање пластичних цеви лепљењем	34
3.3.1. Поступак спајања пластичних цеви лепњем	37
4. СПАЈАЊЕ ПЛАСТИЧНИХ ЦЕВИ ЕЛЕКТРИЧНОМ СПОЈНИЦОМ	41
4.1. Електрична опрема за спајање цеви електричним фитингом	43
4.1.1. Машина за заваривање HST 300 Pricon+	43
4.2. Поступак хлађења споја након процеса спајања цеви	45
4.3. Поступак спајања пластичних цеви електричним фитингом	46
4.4. Примери неправилно остварених спојева приликом спајања цеви електричним фитингом	50
5. ПРИМЕР ПРОЈЕКТОВАЊА ДЕЛА	52
6. ЗАКЉУЧАК	63
7. ЛИТЕРАТУРА	65

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Захваљујући могућности испуњења најразличитијих захтева, полимерни материјали налазе примену у практично свим областима људске делатности. Развој хемијске индустрије последњих година 20-ог века, посебно у области полимерних материјала довео је до развоја читавог низа нових производа и масовне производње најразличитијих материјала специфичних механичких и других карактеристика. Са појавом композитних материјала долази до нове технолошке револуције, јер се нови материјали могу пројектовати и производити тако да имају знатно боље карактеристике од појединачних особина полазних материјала или нама познатих материјала. Посебан значај нови материјали на бази полимера добијају применом у аутомобилској, авио и космичкој индустрији, као и у грађевинарству, електротехници и телекомуникацијама [1].

За прве писане документе о настанку и примени полимерних материјал могу се усвојити извештаји из 1843. Године малајског хирурга др Монтгомерија у којима износи да Малајци користе гутанерку (коагулисани латекс неких малајских дрвета) за прављење дршки ножева и за друге предмете.

Хемијска влакна се први пут срећу у старој Кини, где се свила добијала на вештачки начин, цеђењем секрета из свилених буба, који се састојао од смеша два протеина: фиброина и серицина. Развој машинске технологије полимерних влакана је започео тек почетком 20 века. Термин полимер први је увео Барцелијус. Године 1909. Др Хендрик Бекеланд, је успео после многобројних покушаја да добије контролисану реакцију између фенола и формалдехида. Материјал који је након тога добијен назван је бакелит по свом проналазачу. То је била прва синтетичка смола и представљао је почетак индустрије синтетских пластичних материјала.

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

Упоредо са експерименталним истраживањима у индустрији, текао је рад из области експерименталне и теоријске физике и хемије у многим научним установама, тако да је дошло до развоја теоријских модела добијања полимерних материјала. Низом експерименталних метода омогућено је да се макромолекули „виде“ и на тај начин учине могућим за изучавање динамике полимерних система.

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

Полимерни материјали имају веома разноврсну структуру што представља основне проблеме при анализи утицаја полазних сировина и технолошких параметара на њихове карактеристике. 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 [1].

Израда предмета од пластичних маса има читав низ предности: ниска цена коштања, 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, добра прозрачност и способност бојења, 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 [1].

Међутим, недостаци пластичних маса су: ниска чврстоћа на повишеним температурама и смањење чврстоће у току дуготрајног оптерећења.

У другом поглављу овог рада описани су материјали који се користе за израду пластичних цеви и описане су врсте пластичних цеви које се користе, треће поглавље описује врсте поступака којима се спајају пластичне цеви и дати су примери спајања пластичних цеви.

У оквиру четвртог поглавља описана је електрична спојница за спајање пластичних цеви различитих пречника, описана је опрема која се користи приликом поменутог поступка спајања и дати су примери грешака који се јављају током процеса спајања пластичних цеви електричним фитингом. У петом поглављу је описан поступак пројектовања електричне спојнице.

У петом поглављу је извршено моделирање спојнице са уграђеним електричним грејачем и сликовито је приказан поступак његовог извођења. На крају је дат закључак и коришћена литература за израду овог мастер рада.

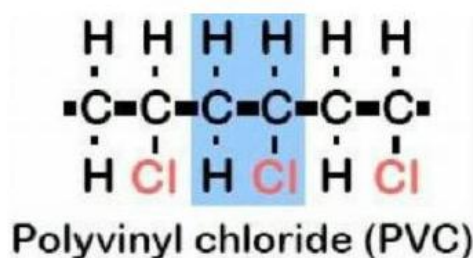
2. МАТЕРИЈАЛИ И ВРСТЕ ПЛАСТИЧНИХ ЦЕВИ

2.1. Материјали намењени за израду пластичних цеви

Данас се за екструдирање цеви примењује преко десет врста полимерних материјала како оних масовних у које се убрајају ПВЦ (поливинилхлорид), ЛДПЕ (полиетилен мале густине), ПП (полипропилен), ПММА (полиметилметкрилат), ПС (полистирен), ЦА (целулозни ацетат) тако и инжењеринг материјала ПА (полиамид), ПОМ (полиацетат), ППО (полифенил оксид), ПЦ (поликарбонат), ПЕТП, ПБТП. Могућа је и следећа подела материјала који се користе за производњу цеви и то на: кристалне термопласте ХДПЕ (полиетилен велике густине), ЛДПЕ (полиетилен мале густине), ПП, ПА и аморфне термопласте ПВЦ, ПС, АБС (акрилонитрил бутаден стирен), ППО, ПЦ.

2.1.1. Поливинил хлорид – ПВЦ

Поливинил хлорид – ПВЦ маса представља термопластични материјал добијен полимеризацијом винил – хлорида. Поливинил хлорид је бели ситан прах растворљив у воденим растворима уз присуство пластификатора (омекшивача), термичких стабилизатора, мазива, пуниоца или ојачивача и одговарајућих пигмената.



Слика 1. Схема макромолекула поливинилхлорида

Примена ПВЦ пластичних маса је знатна јер се својства изменом састава могу поправити у широким границама, а лако се украшавају у свим бојама. Погодна је за израду предмета обраде свим познатим методама као пресовањем, формирањем у вакуму, и др. Веома се добро обрађује резањем, нпр. бушењем, глодањем, стругањем, брушењем, полирањем, гравирањем, лепљењем и заваривањем [1].

Зависно од начина прераде поливинил хлорида од њега се могу добити:

- Чврсти ПВЦ – непластифицирани поливинил хлорид;
- Меки ПВЦ – пластифицирани поливинил хлорид;
- Пенасте ПВЦ масе;
- Веома меке ПВЦ масе, поливинил хлорид пасте и емајли.

Поливинил хлорид пластичне масе су безопасне за здравље, а пластичне масе на бази ПВЦ су углавном безопасне, зависно од додатака.

Значајни утицајни фактори на својства поливинил хлорида су топлота (загревање изнад 140°C) и светлост. У процесу деструкције знатно опадају својства чврстоће, повећава се крутост и мења се боја полимера.

ПВЦ пластична маса није запаљива, али је то условно, јер може да гори одавајући велику количину топлоте образујући густо дим.

Кополимеризацијом винил хлорида и 5-20% винилацетата добија се низ пластичних маса позната као винилити, са веома израженом отпорношћу на хабање, малом апсорпцијом воде, малом запаљивошћу и постојаношћу на ниским температурама.

Поливинил хлорид ПВЦ – тврди

Поливинил хлорид ПВЦ – тврди, који се назива и винил, је настао пластифицирањем пластичних маса којима се додају стабилизатори и мазива, а иста се затим подвргавају каландровањем или екструзији.

Физичко механичка својства поливинил хлорида ПВЦ тврдог су:

- Густина 1,35-1,45 g/cm^3 ;
- Затезна чврстоћа 500 daN/cm^2 ;
- Издужење 10-50% ;
- Притисна чврстоћа 800-1000 daN/cm^2 ;
- Чврстоћа савијања 1000-1200 daN/cm^2 ;
- Ударна жилавост са зарезом 0,07-0,10 J ;
- Ударна жилавост без зареза 1,5 J ;
- Тврдоћа по Бринелу 15-16;
- Специфични електрични отпор 1014-1016 Ωcm ;
- Електрична чврстоћа – пробојност 45 kV/mm ;
- Топлотна постојаност 70-90°C ;
- Коефицијент линеарног ширења (запремински) $(6-10) \cdot 10^{-5} 1/^\circ C$;
- Температура прага хладног лома до -10°C;
- Топлотна проводљивост 0,13-0,14 $ccal/mh ^\circ C$ [1].

Пластичне масе ПВЦ – тврди производи су у облику фолија, лимова, шипки и др. Поливинил хлорид је веома осетљив на зарез, што се види из нивоа ударне жилавости, мада додатком неких видова каучука може се ударна жилавост знатно побољшати.

Обрада резањем ПВЦ – тврдог поливинил хлорида је веома добра, нпр. стругањем, глодањем, бушењем, брушењем, полирањем и сл. Загревањем поливинил хлорида ПВЦ – тврдог могуће је предметима обраде дати жељени облик, а најчешће ударним пресовањем. Поливинил хлорид ПВЦ – тврди се веома добро лепи и заварује, а најчешће је то и основни метод спајања делова у машинству, с обзиром да шав у завареном споју има 80-85% затезне чврстоће основне масе.

Поливинил хлорид ПВЦ – меки

Мека и еластична пластична маса на нормалним температурама, на основу поливинил хлорида, добијају се увођењем специјалних органских пластификатора. Увођењем већег садржаја пластификатора смањује се затезна чврстоћа и знатно повећава издужење, а диелектрична својства се умањују.

Нека својства меких пластичних маса су:

- Затезна чврстоћа око 100 daN/cm^2 ;
- Издужење, у % око 150;
- Температура прага хладног лома око -15°C .

Од меког поливинил хлорида, који је у довољној мери пластифициран, се путем каландровања са загревањем на температури $150-170^\circ\text{C}$ израђује се лим. За израду пластичних маса од поливинил хлорида у облику фолија или лима користи се велики број рецептура. Фолије се израђују у дебљинама 0,3 до 0,7 mm, а лимови са дебљинама 0,2-0,7 mm, ширине 650- 000 mm [1].

Веома пластичне ПВЦ масе

Јако пластифицирани поливинил хлорид, где је учешће пластификатора 70-90% се одликује веома ниском затезном чврстоћом, свега 20 daN/cm^2 . Ова мека пластична маса се користи за израду калупа за гипсане и цементне одливке, за израду модела код уметничког и тачног ливења. Радна температура се креће у границама $0-80^\circ\text{C}$, а температура топљења је око $140-150^\circ\text{C}$. У пракси се ове ПВЦ пластике називају нпр. Формапласт, гидропласт и сл. Поред наведених веома пластичних ПВЦ маса овде се могу и сврстати: поливинил хлорид пасте, поливинил хлорид емајлни раствори и пенасте ПВЦ масе.

Поливинил хлорид пасте

Поливинилхлорид пасте се израђују при мешању праха ПВЦ са одговарајућим пластификаторима, стабилизаторима и другим компонентама, на собној температури. Повишењем температуре настаје процес желатинизације, а после потпуно изведене желатинизације на повишеним температурама паста гради веома мекан и пластичан пластификат.

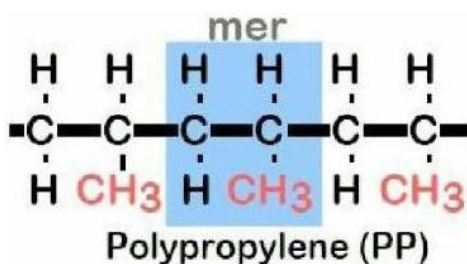
Пенасте пластичне масе – поливинил хлорид

Пенасте пластичне масе пресдавају смеше термопласта, дуромера или еластомера са гасовима. У току прераде на повишеним температурама могуће је полимере испунити гасом тако да они добијају пенасту структуру, односно структуру са порама пречника 0,01 до 3 mm. Умрежавањем или при хлађењу зидова и ових пора постају чврсти, тако да се добијају материјали ћелијске структуре, испуњене гасом, веома мале густине.

2.1.2. Полипропилен – ПП

Полипропилен је високомолекуларни полимер добијен стереоскопском методом полимеризације пропилена при ниском притиску у присуству катализатора *Cigela – Nantta*.

Полипропилен се испоручује у виду белог праха или гранула масе 0,4-0,5 g/cm³. Основна одлика полипропилена су значајно боља својства чврстоће и ударне жилавости од полиетилена, уз задржавање добрих својстава способности прераде пресовањем.



Слика 2. Схема макромолекула полипропилена

Основна физичко – хемијска својства полипропилена су:

- Густина 0,90-0,91 g/cm³ ;
- Граница течења 250-400 daN/cm² ;
- Затезна чврстоћа 250-350 daN/cm² ;
- Издужење 200-800%;
- Ударна жилавост 0,33-0,80 J;
- Тврдоћа по Бринелу 6,3;
- Модул еластичности при савијању 6700-11000 daN/cm² ;
- Специфични електрични отпор 1016-1017 Wcm ;
- Електрична чврстоћа, пробојност за дебљину 1 mm , 28-40 kV ;
- Температура топљења 160-170°C;
- Специфична топлота 0,46 kal/g °C;
- Коефицијент термичког ширења (90-100°C) 1,1 10⁻⁴ 1/°C;
- Температура прага хладног лома од -5 до -15°C;
- Максимална радна температура 120-140°C;
- Скупљање, око 1%.

Полипропилен се може заварити помоћу додатног материјала у струји инертног гаса температуре 220-250°C.

Израда предмета од полипропилена може се изводити ливењем, екструзијом и пресовањем, на исти начин као и полиетилен. Ливење под притиском ($1200-1700 \text{ daN/cm}^2$), изводи се на температуре 200-300°C у калупима загрејаним 30-90°C. Екструзија полипропилена изводи се на исти начин као и полиетилена, али се препоручује примена дугачких пужних вретена, уз коришћење инертног гаса.

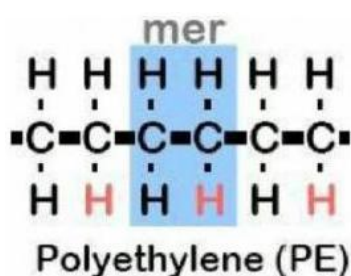
Од полипропилена екструзијом се израђују нити применом посебних глава са каналима одређених димензија, а исте се после израде кале у води температуре 49°C. После каљења влакна се у две етапе излажу затезању и на тај начин ојачавају у жељеној мери [2].

Примена полипропилена

Примењује се у аутомобилској индустрији, где све више замењује друге материјале. Употребљава се за израду метализираних делова, пресвлака, тепиха, па и виталних делова мотора. У новије верме се очекује замена АБС-а полипропиленом при изради сигурносних појасева, волана и плоча за инструменте. Примењује се у грађевинарству за израду водоводних цеви за хладну и топлу воду. Велике количине пропилен се користе за прање и сушење рубља, прање посуђа и хладњака. У електронској индустрији се користи за делове радија и ТВ уређаја.

2.1.3. Полиетилен – ПЕ

Полиетилен представља макромолекуларни продукт полимеризације етилена, са степеном кристализације 55-92%, зависно од методе добијања. Према хемијској структури, полиетилен је најједноставнији полимер из групе полиолефина. Полиетилен је термопластична пластична маса, без укуса и мириса, веома мале густине, биолошки је „безопасан“ и добрих је електро изолационих својстава.



Слика 3. Схема макромолекула полиетилена

Разликују се три врсте полиетилена, и то:

- Полиетилен ниске (мале) густине $0,91-0,92 \text{ g/cm}^3$ са степеном кристализације 55-67%, добијен је методом високог притиска и високе температуре, због чега се често назива и полиетилен високог притиска.
- Полиетилен велике густине $0,94-0,96 \text{ g/cm}^3$ са високим степеном кристализације 75-85%, добија се методом ниског притиска, због чега се назива и полиетилен ниског притиска.

• Полиетилен средње густине 0,96-0,97 g/cm^3 са степеном кристализације 90%, назива се и полиетилен средњег притиска.

Полиетиленске пластичне масе мале густине (ЛДПЕ)

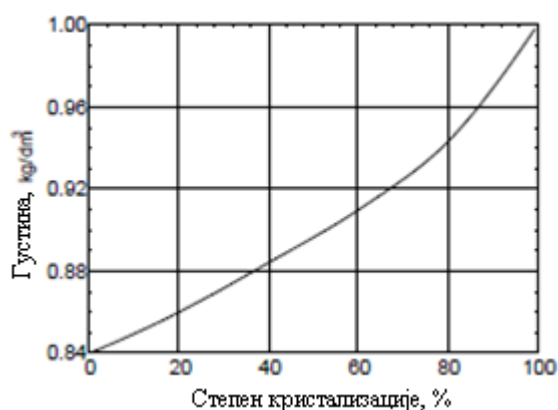
Полиетилен мале густине добијен методом високог притиска испоручује се у облику гранула 0,5-0,55 g , природно је беле боје, или обојен.

Одликује се следећим својствима:

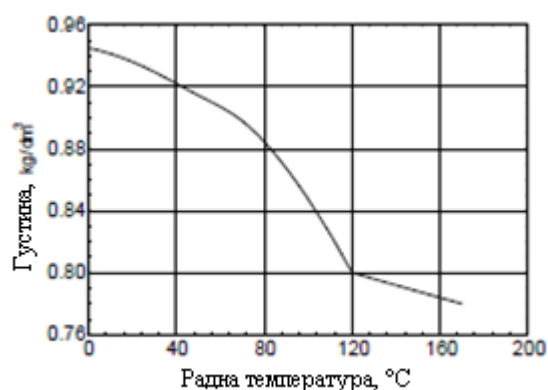
- Густина 0,918-0,935 g/cm^3 ;
- Модул еластичности 1500-2000 daN/cm^2 ;
- Граница течења 90-100 daN/cm^2 ;
- Затезна чврстоћа 120-160 daN/cm^2 ;
- Чврстоћа савијања 120-170 daN/cm^2 ;
- Издужење 150-600% ;
- Специфични отпор 1017 Ωcm ;
- Температура топљења 105-108°C ;
- Електрична пробојна чврстоћа: за 1 mm 45-60 kV/mm , за 2 mm 28-36 kV/mm ;
- Специфична топлота 0,50 kal/g °C ;
- Коефицијент термичког ширења на 0°C 2,2 10^{-4} $1/^\circ C$;
- Температура прага хладног лома < 70°C ;
- Средња вредност скупљања 1-3% ;

Густина полиетиленских пластичних маса је, након технолошког процеса прераде, основни критеријум за избор, а иста је директно у функцији степена кристализације, *слика 4*.

Повећањем радне температуре густина полиетиленских еластичних маса опада и на температури 110°C маса постаје аморфна, *слика 5*.



Слика 4. Зависност густине полиетилена мале густине од степена кристализације

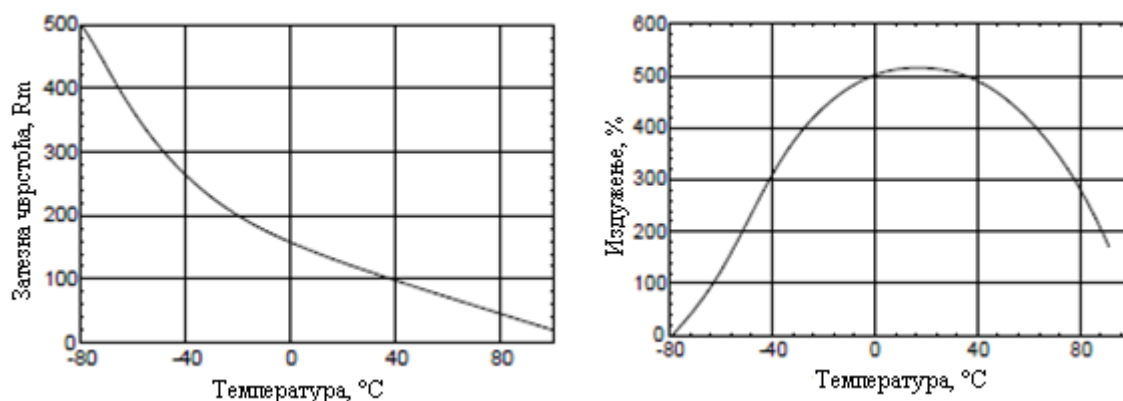


Слика 5. Зависност густине полиетилена од радне температуре

Боја полиетиленских пластичних маса се остварује додавањем пигмената органских и минералних једињења, који се добро мешају са полимером.

Поред густине и намене полиетиленских пластичних маса, основа за класификацију је брзина течења растопа (МЕП), а то је количина екструдиране масе у грамима која истиче кроз капилар одређених димензија при одређеној температури и притиску.

Затезна чврстоћа полиетиленских пластичних маса мале густине опада са порастом температуре, односно издужење расте, *слика 6*.



Слика 6. Зависност затезне чврстоће и издужења полиетилена од температуре

Технолошка својства полиетиленских пластичних маса мале густине су:

- могућност прераде ливењем под притиском на машинама притиска реда 1000 daN/cm^2 и температуре $150\text{-}200^\circ\text{C}$. Процес ливења траје $20\text{-}50$ секунди, са пожељним држањем под притиском после ливења у току $10\text{-}30$ секунди. Скупљање је око 3%,

- пресовање се одвија при притиску $40\text{-}100 \text{ daN/cm}^2$ и температуре $130\text{-}150^\circ\text{C}$. По пресовању предмети обраде се лагано хладе (под притиском) до температуре $30\text{-}40^\circ\text{C}$. Екструзија се изводи, нпр. код израде цеви, на температури $115\text{-}140^\circ\text{C}$ са накнадним лаганим хлађењем,

- лако и чврсто се полиетилен мале густине заварује помоћу топлог ваздуха температуре 250°C и

- добро се обрађује резањем, израђује се у облику лимова, цеви и сл [2].

Полиетиленске пластичне масе велике густине (ХДПЕ)

Полиетилен велике густине се, по својим својствима, знатно разликује од полиетилена мале густине. Има знатно већу густину и висок степен кристализације, што условљава повећање чврстоће, модула еластичности и топлотне постојаности.

Својства полиетилена високе густине су:

- Густина $0,945\text{-}0,955 \text{ g/cm}^3$;
- Модул еластичности при савијању $5,5\text{-}8,0 \times 10^3 \text{ daN/cm}^2$;
- Граница течења $220\text{-}260 \text{ daN/cm}^2$;
- Затезна чврстоћа $220\text{-}320 \text{ daN/cm}^2$;
- Чврстоћа савијања $200\text{-}350 \text{ daN/cm}^2$;
- Издужење (при кидању) $400\text{-}800\%$;

- Тврдоћа по Бринелу 4,5-5,8 ;
- Специфични електрични отпор $1017 \Omega \text{cm}$;
- Температура топљења $120-125^{\circ}\text{C}$;
- Специфична топлота $0,55 \text{ kal/g } ^{\circ}\text{C}$;
- Коефицијент линеарног ширења (за 20°C) $4.10^{-4} 1/^{\circ}\text{C}$;
- Температура прага хладног лома $< -70^{\circ}\text{C}$;
- Средња вредност скупљања 2-3% ;
- Електрична чврстоћа: за лим 1 mm $45-60 \text{ kV/mm}$,
за лим 2 mm $28-36 \text{ kV/mm}$.

Технолошка својства полиетиленских пластичних маса велике густине су:

- Прерада се одвија на нешто вишим температурама од полиетилена ниске густине,
- Ливење под притиском одвија се при температури $200-270^{\circ}\text{C}$ и притиску 1200 daN/cm^2 . Процес ливења траје 40-90 секунди. Потребно је одржавати калуп у температурном интервалу $50-70^{\circ}\text{C}$,
- Екструзије се примењује за добијање цеви, црева, различитих профила, као и наношење изолационих и заштитних слојева на пароводима и електричним кабловима. Температура екструзије је у зависности од густине масе и креће се у границама од $180-200^{\circ}\text{C}$, односно $250-260^{\circ}\text{C}$,
- Пресовање се изводи на температури $145-180^{\circ}\text{C}$ и притиску $60-100 \text{ daN/cm}^2$,
- Лако и чврсто се заварује како путем топљења додатног материјала тако и спајањем под притиском загрејаних делова.

Полиетиленске пластичне масе средње густине

Основна разлика између полиетиленске масе средње густине и других врста полиетиленских пластичних маса је што се она одликује највећим вредностима чврстоће, врло ниском гасном пропустљивошћу, и добар је диелектрик.

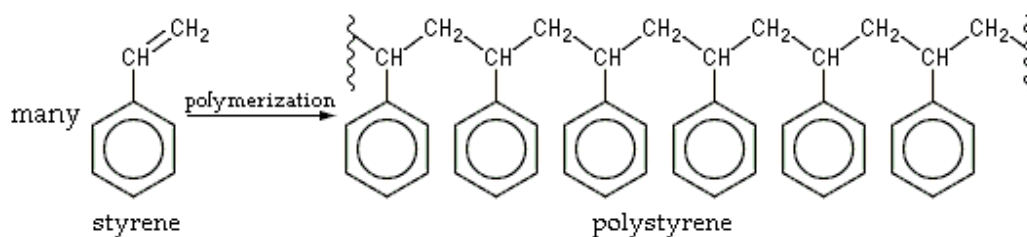
Основна физичко механичка својства су:

- Густина $0,96-0,97 \text{ g/cm}^3$;
- Затезна чврстоћа $270-330 \text{ daN/cm}^2$;
- Граница течења $250-300 \text{ daN/cm}^2$;
- Чврстоћа савијања $250-400 \text{ daN/cm}^2$;
- Издужење (за брзину 50 mm/мин) $400-900\%$;
- Модул еластичности при савијању $8\ 000-10\ 500 \text{ daN/cm}^2$;
- Специфични електрични отпор $10-17 \Omega \text{cm}$;
- Специфична топлота $0,53-0,58 \text{ kal/g } ^{\circ}\text{C}$;
- Коефицијент линеарног ширења (за 20°C) $2,2 \cdot 10^{-4} 1/^{\circ}\text{C}$;
- Температура прага хладног лома $> -70^{\circ}\text{C}$;
- Електрична чврстоћа: за лим 1 mm $45-60 \text{ kV/mm}$,
за лим 2 mm $29-31 \text{ kV/mm}$.

2.1.4. Полистирен – ПС

Полистирен је пластомер линеарних макромолекула чија општа формула гласи: $[-CH(C_6H_5)-CH_2-]$. Полистирен је врло важан полимер због својих добрих својстава и ниске цене. Он се лако прерађује и показује многа добра својства важна за практичну примену.

Полистирен настаје полимеризацијом чистог стирена као хомополимер којем се према потреби додају антистатици, светлосни стабилизатори, бојила и пигменти, средства против горења и сл. Модификовањем полистирена каучуком ствара се двофазни систем па се тако производи полистирен посебних својстава, у првом реду високе ударне жилавости.



Слика 7. Схема макромолекула полистирена

Стирен лако ствара кополимере с многим мономерима међу којима је најважнији стирен-акрилонитрин (САН) који се такође може модификовати каучуком и дати врло употребљив терполимер акрилонитрил-бутадиенстирен (АБС). САН је хемијски отпорнији од полистирена и показује нека боља механичка својства док АБС поседује већу крутост, тврдоћу и лакшу прерадљивост [1].

Хомополимерни полистирен

Хомополимерни полистирен је пластомерни материјал врло добрих механичких (табела 1.), топлотних и изолацијских својстава. Густина му је од 1.05 до 1.06 g/cm^3 , бројни просек релативне молекулске масе износи од 60 000 до 180 000 док масени просек износи од 200 000 до 400 000. Тврд је и крт, сличан стаклу (стакласт) и прозиран, мале ударне жилавости, великог индекса лома и велике светлосне пропустљивости. Остаје посојан на температури између 80 и 100°C па се може примењивати само до температуре до 70°C. Полистирен је изврстан електрични изолатор.

Табела 1. Физичка и механичка својства полистирена

ОСОБИНЕ		ПС	ХИПС	САН	АБС
Густина	g/cm ³	1,05...1,06	1,05...1,07	1,08	1,03...1,06
Затезна чврстоћа	N/mm ²	35...55	22...34	50	41...56
Издужење	%	1...2	13...60	-	5...25
Притисна чврстоћа	N/mm ²	80...110	28...62	-	75...85
Ударна жилавост	J/m	13...20	25...600	18	160...320
Модул еластичности	N/mm ²	2400...3300	1800...3200	3600...3800	2000...2800
Тврдоћа (Rockwell)		M 65...80	M 20...80	-	R 107...115
Индекс лома		1,59	-	-	-
Специфични топлотни капацитет	JK ⁻¹ g ⁻¹	1,3	1,3	-	1,3...1,7
Топлотна проводност	WK ⁻¹ cm ⁻¹	(10...14) · 10 ⁻⁴	(4...13) · 10 ⁻⁴	32 · 10 ⁻⁴	(19...33) · 10 ⁻⁴
Коефицијент топлотног истегања	K ⁻¹	(6...8) · 10 ⁻⁵	(8...10) · 10 ⁻⁵	(6...8) · 10 ⁻⁵	(8...10) · 10 ⁻⁵
Температура сталне употребе	°C	70	65	85	75...90
Температура топљења	°C	100...105	85...90	110	90...100

Полистирен високе жилавости (ХИПС)

Полистирен високе жилавости, називан и модификовани полистирен или полистирен отпоран на ударе, двофазни је систем finely диспергираних честица еластомера у полистирену. Комерцијалне врсте полистирена високе жилавости садрже од 3 до 12% полибутадиена с величином еластомерних честица од 1 до 5 nm. За разлику од обичног полистирена који је тврд и крт материјал па пуца већ при издужењу до 1%, модификовани полистирен је врло жилав и може се пре лома истегнути и до 60% своје почетне дужине. Том комбинованом полимерном материјалу полистирен даје умерену крутост и добра прерадбена својства, а еластомер му повећава еластичност и ударну жилавост.

Прерада и примена полистирена

Полистирен се одликује лаганом прерадљивошћу. Његова топљивост је мале вискозности у великом температурном подручју, па зато врло добро испуњава калупе. Прерађује се свим поступцима прераде пластомера у температурном подручју од 180 до 250°C, посебно ињекционим пресовањем, екструдирањем у плоче и филмове за дување у предмете различитих облика.

Полистирен и модификовани полистирен највише се употребљава као амбалажа за паковање прехранбених, фармацеутских и хемијских производа, за израду делова различитих апарата и уређаја, производа електричне и електронске индустрије, затим за израду кућних потреба и играчака.

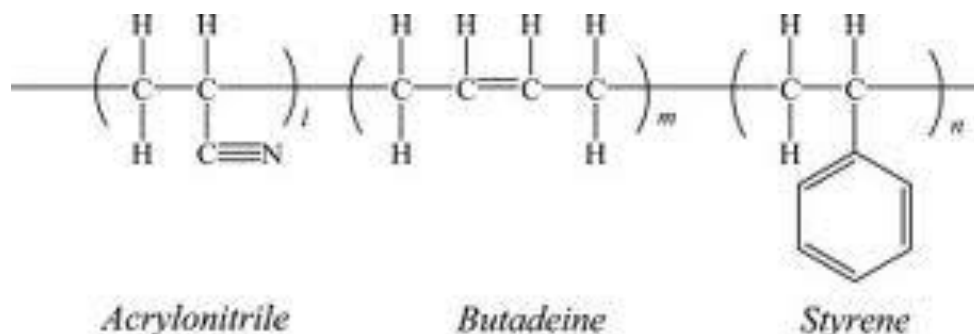
За паковање највише служе производи од модификованог полистирена танких зидова као што су посуде и чаше за воће и поврће, сладолед, кисело млеко, свежи сир, чоколаде, јаја и сл. Од прозирног полистирена израђују се кутије и одмерне посуде за брашно, шећер, слаткише, лекове, креме, украсне и декоративне вазе, вешалице, оквири за слике и огледала, штапаљке, четке и др [1].

Од модификованог полистирена израђују се делови за врата, преграде фрижидера, кућишта за радио апарате и телевизоре, делови усисивача, писаћих

машина, телефона и других уређаја. Од полистирена се производе многе играчке, од коцки за слагање до различитих модела возила.

2.1.5. Акрилонитрил бутаден стирен – АБС

АБС је настао као наставак побољшавања особина полистиренских полимера. Састоји се од три мономерне компоненте: акрилонитрила, бутадена и стирена, а убраја се у тзв. техничке пластике.



Слика 8. Схема макромолекула АБС-а

То су материјали чије су особине такве да се могу користити као конструкциони елементи, као замена за метале. Одликују га висока жилавост и крутост у широком температурном подручју, као и дименциона стабилност, пузање и хладно течење. Жилавији је од полистирена, има бољу отпорност на високе температуре и хемикалије. Обично је непровидан и може се бојити у маси или површински.

Прерада и примена АБС-а

Прерада АБС-а се може вршити бризгањем, екструдирањем, дувањем и вакумирањем. АБС се добро обрађује стругањем, глодањем и утискивањем, добро се штампа и лепи одговарајућим лепковима. Ради боље хомогенизације масе за прераду АБС-а, користе се углавном једнопужни екструдери са односом L/D:

- за цеви и профиле до 25 mm
- за плоче до 33 mm.

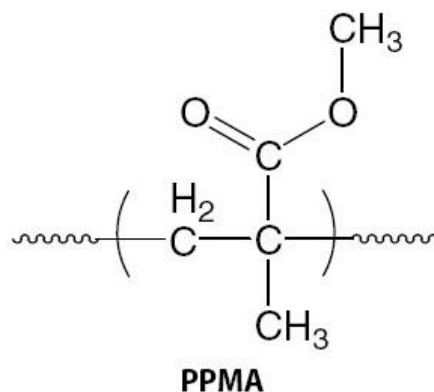
За прераду АБС-а користе се пужеви са компресионим односом (2,0÷3,1):1, а температуре прераде се крећу, за цеви од 200-240°C, а за плоче од 160-220°C [2].

Примењује се у хемијској, електро, аутомобилској индустрији, у индустрији за израду електричних кућних апарата, телефона, за израду играчака, батерија за купатило, хемијске оловке и друге техничке робе, јер има добру топлотну и механичку ударну жилавост. Ударна жилавост је добра и код нискох температура.

2.1.6. Полиметилметакрилат – ПММА

ПММА је најпрозирнији термопласт, има изванредне оптичке особине, отпорност на атмосферске утицаје и хемикалије (отпоран је на воду, алкалије и слабе киселине). Одликује га добра дименциона стабилност, стабилност боја, није подложен

старењу. Производе се типови посебно отпорни на високе температуре. има добре механичке особине, сјајну површину, велику тврдоћу и добра својства жилавости.



Слика 9. Схема макромолекула ПММА

Прерада и примена ПММА-а

ПММА се прерађује бризгањем, дувањем и екструдирањем. Успешно подноси метализацију, може се лепити и заваривати ултразвуком, лако се обрађује механичким поступцима. Код прераде акрилног полимера и кополимера, посебно ПММА, користи се мали број обртаја пужа. Могућност екструдирања, одређује степен полимеризације, као и величина и пресек готовог производа. За екстудирање акрилних полимера употребљава се пуж са сталним дубинама навоја где однос компресије износи 2:1. Пре почетка рада екструдер је потребно загрејати на 100°C. За време рада потребно је екструдер лагано хладити да не би дошло до прегревања материјала. Услед прегревања материјал губи боју и долази до деполимеризације. Готов производ који излази из алата не сме се одмах хладити јер се код наглог хлађења појављују мехурови на предмету. Температуре прераде по зонама за израду цеви од ПММА крећу се од 195 210°C, а за плоче од 200-215°C.

Главна примена ПММА је у изради прозирних плоча, неломљивог стакла, светлећих реклама и знакова, у прехранбеној индустрији, за израду разних посуда, у радио индустрији, за производњу играчака, ТВ опреме, телефона, делова за хладњаке, делова у индустрији аутомобила [1].

2.1.7. Полиацетати – ПОМ

По многим механичким особинама, полиацетати конкуришу лаким металима. Одликују их изванредне механичке особине, отпорност на хемикалије, отпорност на хабање и мали коефицијент трења. Имају добра диелектрична својства, лако се боје, отпорни су на високе температуре и могу бити трајно изложени температури од 105°C.

Прерада и примена ПОМА-а

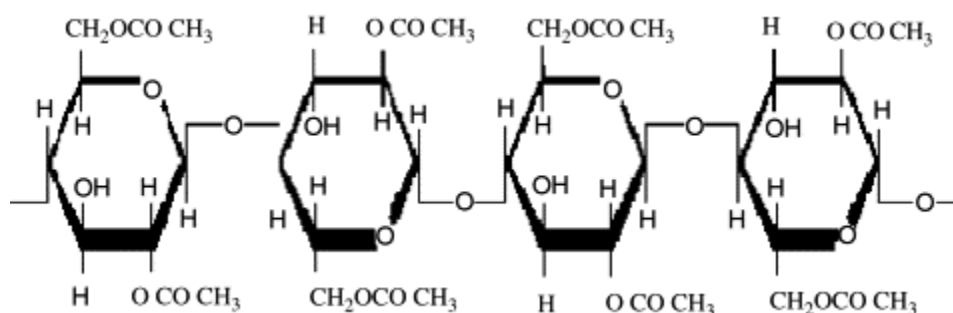
Прерађују се бризгањем, екструдирањем и дувањем. Обликовани предмети се могу машински обрађивати (дообликовати) и ултразвучно заварити. Тешко се лепе па се спајају заковицама или се заварују. Да би се процес екстудирања правилно извршио потребно је постићи одговарајуће температуре у зонама екструдера. Температуре које су потребне првенствено зависе од врсте пластичне масе која се

обрађује. Пуж екструдера треба да има однос L/D 15-20. Најповољнији је двостепени пуж са компресионим односом $(3,5\div 4):1$. Примена сита није неопходна, најчешћи производи су цеви, фолије и профили за хемијску индустрију. При производњи најчешће се користе постројења за ливење.

Ови материјали се примењују у електротехници, електроници, у аутомобилској индустрији, прехранбеној индустрији, хемијској индустрији, за израду играчака, кућних апарата, за високо прецизне механичке предмете.

2.1.8. Целулозни деривати – ЦА

Целулозне деривате убрајамо у најстарије термопласте. Због своје велике прозирности и хомогене обојености имају разноврсну примену у индустрији и у домаћинству.



Слика 10. Структура ЦА

Одликује га велика ударна чврстоћа, велика отпорност на савијање, отпорност на хабање и лом, добра постојаност облика и добра својства течења, постојаност према бензину, уљима и мастима, добра диелектрична својства. Има врло добар површински сјај и низ других особина које омогућавају овом термопласту широку област примене.

Прерада и примена целулозних деривата

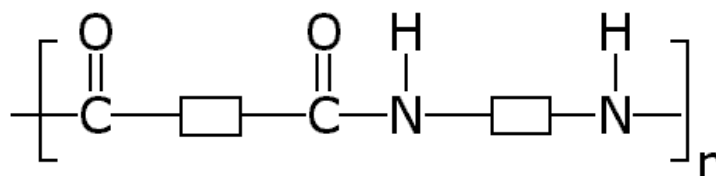
Прерађује се бризгањем, екструдирањем (у цеви, плоче, профили), дувањем и рото ливењем. Производи се могу површински обрађивати, а полирање се врши раствором ацетона – етилацетата. Екстудирање се може успешно вршити на свим уобичајеним екструдерима за прераду осталих термопласта, али је за добру прераду потребан пуж екструдера за целулозни ацетат.

За екстудирање ЦА-а најбоље је користити пуж са односом L/D 20-30. Компресиони однос пужа износи $(1,8\div 2,4):1$. При преради целулозног ацетата препоручљиво је употребљавати и челична сита са 300 до 500 отвора по центиметру квадратном. Цеви од целулозног ацетата се одликују изванредно глатком и сјајном површином, као такве оне не стварају отпор протицању течности, нису подложне корозији и лаке су. Обавезно је сушење пре прераде, врши се у коморној сушири струјањем топлог ваздуха на 333 до 343K у времену од три до четири сата код дебљине од 30 m. Целулозни ацетат ЦА, целулозни ацетобуритат ЦАБ и целулозни пропионат ЦП имају незнатну разлику својстава код примене. Прерађују се без тешкоћа на машинама са пужним дозирањем растопљене масе. Основни и најважнији фактори који утичу на квалитет обликованих производа су температуре цилиндра, за ЦА 150-230°C, за ЦАБ 170-220°C и за СР 120-225°C.

Употребљава се за израду четкица за зубе, ручки волана, ручки за бицикле, дршки у аутомобилима, ветробрана за моторе, оквира за наочаре, играчака, тоалетних производа, делова телефона, кућишта за рачунаре.

2.1.9. Полиамиди – ПА

Полиамидне пластичне масе представљају хетерогене смеше полимера линијске грађе које у себи садрже у основи ланац амидне групе. У пракси ови термопласти се називају најлони. Полиамиди по спољашњем изгледу су крупни гранулати од беле до светло крем боје, провидне у танком слоју. Неки полиамиди су прозрачни, а то су мешани полиамиди.



Слика 11. Структура полиамида

Зависно од полазне грађе, од односа етилена и амидних група у полимеру, полиамиди се разликују по температури топљења и пропустљивости воде. Тако што је веће учешће полиетилена у полиамидима треба очекивати нижу температуру топљења полимера, мању пропустљивост воде, нижу тврдоћу, мањи модул еластичности, већу хемијску постојаност и боља електроизолациона својства.

Физичка и механичка својства мешаних полиамида (полиамида добијених кондензацијом две или више компоненти) се знатно разликују од својстава једнородних полимера. Они се јављају при нижим температурама и имају већу еластичност, нижу чврстоћу и нижи степен кристализације [1].

Висока чврстоћа и еластичност, постојаност према хабању омогућују примену полиамида (најлона) за израду танких тканина, вештачке коже. Далеко значајнија примена полиамида је за разне конструктивне делове у аутомобилској и авио индустрији, нпр. за израду зупчаника, вентилатора, делове електроизолације, делове отпорне према деловању киселина, медицинске инструменте и др. С обзиром на то да висока својства чврстоће, повећана отпорност према хабању, корозиона и хемијска постојаност, способност пригрушивања осцилација и добра обрадљивост резањем им то омогућује. Преглед неких полиамида према нашој литератури дат је у *табели 2*.

Табела 2. Преглед својстава полиамида према нашој литератури

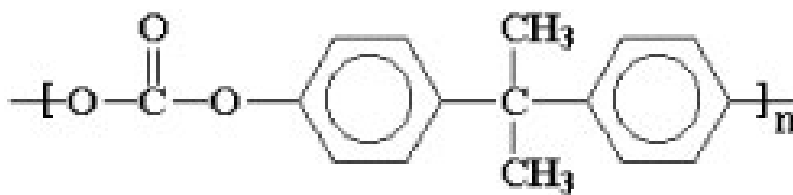
Својство	Полиамид 6.6	Полиамид 6	Полиамид 11	Полиамид 6.10	Полиамид 6.12	Полиамид 12
Густина, g/cm ³	1,1-1,15	1,18-1,26	1,03-1,05	1,07-1,10	1,06-1,08	1,01-1,02
Апсорпција воде, %	1,3-4	0,1-0,6	0,2-0,9	0,3-0,15	0,3-0,4	0,15-0,9
Температура омекшавања, °C	225-266	218-221	185-188	210-216	208-212	175-180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

Елементи од полиамида могу радити без подмазивања или са врло slabим подмазивањем, што је од посебног значаја у текстилној индустрији и папирној индустрији где су услови подмазивања отежани.

Оптерећења делова од полиамида су веома блиска оптерећењима нпр. од обојених метала и њихових легура. Основно својство полиамида је отпорност према хабању, које је 6-10 пута веће од метала, а најбоља комбинација примена полиамида је у пару са окаљеним челиком. Примена полиамида у пару са алуминијумом и другим обојеним металима није дозвољена.

2.1.10. Поликарбонати – ПЦ

Поликарбонати су термопластичне масе добијене поликондензацијом бифенола и феогена. Основни полимер је провидан и лако се може обојити.



Слика 12. Структура поликарбоната

Основна одлика поликарбоната је висока температура топљења, мало омекшавање скоро до температуре топљења, отпорност према топлоти, провидност, добра својства чврстоће, висока ударна жилавост, затим добра постојаност у атмосфери и мала пропустљивост воде. Сва наведена позитивна својства омогућују примену поликарбоната као квалитетног конструкционог материјала.

Делови од поликарбоната израђују се ливењем под притиском или калуповањем и имају савршено равномерно скупљање, 0,5-0,7%. Понашање поликарбоната при повишеним температурама је веома добро и делови се могу оптеретити статичким и динамичким оптерећењима, а није подложен пузању, што омогућује примену и у оштријим условима рада. Поликарбонат је отпоран на деловање атмосферских услова па се може применити и у тропским условима [1].

Једно од врло важних својстава је прозрачност, која је зависна од дебљине и чистоће полазне сировине и достиже 90% прозрачности, ради чега се користи за заштиту екрана ТВ апарата, за фарове аутомобила, лампе, рефлекторе, затим за грамофонске плоче, дечије играчке и сл. Производи од поликарбоната који се примењују у медицини могу се дезинфиковати и топлим дезинфикујућим растворима.

Ограничена је отпорност према светлости и треба изводити побољшање поликарбоната путем додавања адитива. Како је добре отпорности према топлоти користи се за фарове или унутрашње сијалице. Имају добру отпорност према киселинама, али су слабо отпорне према алкалијама. Преглед својстава поликарбоната, према нашој литератури дат је у *табели 3*.

Табела 3. Преглед својстава поликарбоната

Својство	RC поликарбонат	CR 130.500 FIAT 55231	CR 100.800 FIAT 55231
Густина, g/cm ³	1,20-1,24	1,2	1,2
Апсорпција воде, %	0,15		
Температура топљења, °C	220-230		
Постојаност према топлоти, °C	120-140	125	110
Темп. Стабилн. облика 1,8N/mm ² , °C	135-140	>135	>100
Температура омекшавања према Викату, °C	150-155	>150	>140
Затезна чврстоћа, daN/cm ²	600-680	600	600
Издужење, %	80-120	>70	
Модул еластичности, daN/cm ²	2200-2600	2500	2200
Чврстоћа савијања, daN/cm ²	850-1000		
Тврдоћа по Роквелу	70-78	>70	>45
Специфична топлота, kJ/Kkg	1,16-1,25		
Коеф. Линеарног ширења, 10 ⁻⁵ /K	6-7	7	7
Топлотна проводљивост, W/mK	0,13-0,21		
Спец. Запр. Електрични отпор, Ωcm	> 10 ¹⁶		
Спец. Површински отпор, Ω	> 10 ¹⁵		
Диелектрична чврстоћа, kV/mm	35		
Диелектрична константа, 10 ⁶ Hz	2,8-3,0		
Брзина истицања, g/10 min		-	-
Ударна жилавост, J/cm ² на 23°C	-	5	5

2.2. Врсте пластичних цеви

Подела пластичних цеви се може извршити на више начина, једана од подела је у зависности од пластичне масе која се користи за њихову израду и намене цеви. Та подела може бити на:

- водоводне цеви (полиетиленске),
- цеви за гас,
- цеви за уличну канализацију,
- коруговане (ребрасте) цеви,
- полиетиленске (ПЕХД) спиралне цеви,
- цеви за кућну канализацију,
- цеви за заштиту каблова.

Полиетиленске водоводне цеви које се користе за изградњу водоводних система производе се од полиетилена високе густине *PE80* или *PE100* према *SRPS ISO 4427:2001* чији квалитет гарантује да ће и после 50 година цеви издржати исто напрезање. Полиетиленске цеви су намењене за јавно, приватно и индустријско водоснабдевање, за изградњу укопаних и надземних цевовода, као и инсталација унутар зграда и ван њих. За јавно водоснабдевање, цеви су дефинисане пројектима који имају водопривредну сагласност, док за приватно и индустријско водоснабдевање не постоје ограничења у погледу употребе одређеног притиска [3].

Дозвољено је трајно топлотно оптерећење до $+60^{\circ}\text{C}$, а тренутно до $+80^{\circ}\text{C}$. Отпорне су на ниске температуре и имају глатку спољашњу и унутрашњу површину. Називни (спољашњи) пречник цеви је од $\varnothing 20$ до $\varnothing 500\text{ mm}$, а радни притисак од 4, 6, 8, 10, 12.5, 16, 20, 25 и 30 бара.

Стандардно су црне боје са коекструдираним плавим линијама и носе следеће ознаке :

- врста и тип материјала,
- називни пречник,
- радни притисак,
- *SRPS G.C6.605*,
- знак произвођача и годину производње.



Слика 13. Полиетиленске водоводне цеви [3]

Пакују се у котовима од 50 до 500 метара или у шипкама од 6 и 12 метара (зависи од пречника и притиска). Најмањи пречник бубња за намотавање цеви мора бити 18xd како би се овалност цеви сачувала. Изабрани називни (спољашњи) пречници и дебљине зидова у складу за изабраним називним притисцима дати су у одговарајућим табелама.

Цеви за гас које се користе у изградњи гасовода производе се од полиетилена високе густине *PE80* или *PE100* чији квалитет гарантује да ће и после 50 година цеви издржати исто напрезање. Производња и контрола квалитета усаглашена је са важећим међународним и домаћим стандардима: *EN 1555*, *ISO 4437*, *SRPS G. C6. 661*.

Материјал је нетоксичан, лак за транспорт и руковање. Цеви су флексибилне и отпорне на вибрације, сеизмичке ударе и померање тла. Дозвољено је трајно топлотно оптерећење до $+60^{\circ}\text{C}$, а тренутно до $+80^{\circ}\text{C}$. Ниски су губици притиска јер је коефицијент трења мали [3].

Стандардно су црне боје са коекструдираним жутим линијама и носе следеће ознаке :

- врста и тип материјала,
- спољашњи пречник,
- радни притисак,
- SRPS G. C6. 661,
- знак произвођача,
- годину производње,
- обележавање дужине котура на сваких један метар.

Глатке су спољашње и унутрашње површине, пречника од Ø20 mm до Ø500 mm, за радне притиске од 1, 4, 6 и 10 бара, у зависности од класе материјала. Називни пречник је спољашњи пречник цеви.



Слика 14. Цеви за гас

Полиетиленске цеви пречника од Ø20 до Ø110 се пакују у котурима од 50 до 200 метара, а већи пречници у шипкама од 6 и 12 метара. Најмањи пречник бубња за намотавање цеви мора бити 18xd и такав да је овалност цеви сачувана. Полиетиленске гасне цеви се могу полагати у земљу и под водом.

Цеви за уличну канализацију се производе од неомекшаног поливинилхлорида (ПВЦ-а). Квалитет ПВЦ-а задовољава услове квалитета утврђене стандардом SRPS G.C6.502. ПВЦ је високо квалитетан материјал, па су цеви и спојни елементи, направљени од ПВЦ-а, отпорни на корозију и хемијско нагризање киселина, алкала, једињења соли, база, сулфата, алкохол и многе друге хемикалије. Могу се трајно применити у температурним границама од 0°C до +60°C. Отпорни су на механичке ударе. Дobar су електрични изолатор. Животни век им је преко 50 година. Не могу се примењивати за отпадне воде које садрже велики проценат бензина, ацетона и бензола [3].



Слика 15. ПВЦ уличне канализационе цеви [3]

ПВЦ уличне канализационе цеви се користе за изградњу цевовода који се монтирају у земљу или површински на слободним равним површинама. Служе за одвод отпадних и атмосферских вода. Користе се и за одвод отпадних индустријских вода, за инсталације слободног (гравитационог) режима течења и инсталације ниског притиска. Цеви се израђују у квалитету S-25 и S-20. Примена квалитета зависи од места полагања и од врсте подлоге. Корисна дужина цеви је дужина цеви без дубине наглавка.

Називни пречници (спољашњи пречници) цеви су од Ø160 до Ø400 mm, а дужина израде од 1000 mm до 6000 mm у квалитету S-25 и S-20. ПВЦ уличне канализационе цеви су црвено-браон боје и носе следеће ознаке:

- врста материјала,
- спољашњи пречник,
- SRPS G.C6.507,
- знак произвођача,
- годину производње.

Коруговане (ребрасте) двослојне цеви за уличну канализацију производе се од неомекшаног поливинилхлорида (ПВЦ-а) и намењене су за одвод атмосферске и фекалне канализације. ПВЦ је високо квалитетан материјал отпоран на механичке ударе, на абразију и хемијско нагризање од стране киселина, алкала, једињења соли, база, сулфата, алкохола и многих других хемикалија.



Слика 16. Коруговане (ребрасте) двослојне цеви за уличну канализацију

Цеви са дуплим зидом, ојачане спољним ребрима, лакше су од ПВЦ уличних канализационих цеви за исту примену и до 40% (у зависности од пречника). Имају добре хидрауличке карактеристике због глатке унутрашње површине која има мали коефицијент трења. Веома су издржљиве при механичким кретањима земљишта. Добар су електрични изолатор. Лако се уграђују и имају дуг рок трајања са малим захтевима на одржавању. Не могу се примењивати за отпадне воде које садрже велики проценат бензина, ацетона и бензола [3].

ПВЦ коруговане цеви и пратећи спојни елементи од ПВЦ-а могу се трајно применити у температурним границама од 0°C до + 60°C. Коруговане ПВЦ цеви се производе за стандардне притиске, а за потребе нестандартних пројеката производе се и за веће вредности теменог притиска. Спољашњи пречници цеви су од Ø200 до Ø500 mm, дужина до 6 m или према захтеву купца.

ПВЦ коруговане цеви су црвено-браон боје и носе следеће ознаке :

- врста материјала,
- спољашњи пречник,
- *DIN 16961*,
- знак произвођача и годину производње.

Полиетиленске (ПЕХД) спиралне цеви су квалитетан, практичан, сигуран и дугорочно исплатив начин за одвод отпадних вода. Спиралне цеви су најбољи избор јер на тај начин показујемо да мислимо о здрављу људи и очувању животне околине.

Захваљујући унапређеној технологији екструдирања, спиралне цеви су лакше и чвршће у односу на глатке ПВЦ цеви. Ове карактеристике утичу на мањи напор при транспорту и изградњи цевовода, уштеду времена и новца. Подносе већа оптерећења од глатких ПВЦ цеви захваљујући одличној еластичности и великој крутости прстена.



Слика 17. Полиетиленске (ПЕХД) спиралне цеви

Спиралне цеви имају добре хидрауличке карактеристике. Спољашњи зид цеви је екструдиран у виду спирале, а глатка унутрашња површина, која има мали коефицијент трења гарантује да и након дуге употребе неће доћи до стварања наслага. Могуће је испирање под великим притиском захваљујући својствима полиетилена и дизајну цеви. Унутрашњег су пречника од Ø300 до Ø1200, дужине од 6 до 12 m.

Отпорне су на абразију, агресивне отпадне воде, хемијске утицаје и веома су издржљиве при механичким кретањима земљишта. Примењују се за цевоводе који се монтирају у земљу и служе за одвод отпадних и атмосферских вода [3].

Цеви за кућну канализацију се производе од неомекшаног поливинилхлорида (ПВЦ-а) и намењене су за одвод свих отпадних вода. Квалитет ПВЦ-а је утврђен стандардом *SRPS G.C6.502*. Цеви и спојни елементи произведени од ПВЦ-а су отпорни на корозију и хемијско нагризање од стране киселина, алкала, сулфата, алкохола, једињења соли и многих других хемикалија. Дobar су електрични изолатор. Могу се трајно применити у температурним границама од 0°C до + 60°C. Животни век им је преко 50 година.



Слика 18. Цеви за кућну канализацију

Не могу се примењивати за отпадне воде које садрже велики проценат бензина, ацетона и бензола. Примењују се за цевоводе који се монтирају у земљу или површински на слободним равним површинама и служе за одвод отпадних и атмосферских вода. Примену имају и у индустрији, за одвод отпадних индустријских вода према којима је ПВЦ отпоран, за инсталације слободног (гравитационог) режима течења и инсталације ниског притиска. Цеви кућне канализације се производе са натичним наглавком (муфом).

ПВЦ кућне канализационе цеви су сиве боје и носе следеће ознаке :

- врста материјала,
- спољашњи пречник,
- SRPS G.C6.509,
- знак произвођача и годину производње.

Цеви за заштиту каблова се израђују од полиетилена (ПЕ) и од ПВЦ-а.

ПЕ цеви за заштиту каблова

Полиетиленске цеви се користе за провлачење оптичких каблова, заштиту телекомуникационих и електроенергетских каблова. Црне су боје, глатке спољашње и нажљебљене унутрашње површине, пречника од Ø20 до Ø110 mm за радне притиске од 6 бара. Називни пречник је спољашњи пречник цеви. Испоручују се у правим шипкама дужине 6 и 12 m, или котуровима (према захтеву купца).



Слика 19. ПЕ цеви за заштиту каблова

На сваки метар дужине цеви стављају се следеће трајне ознаке:

- врста и тип материјала,
- спољашњи пречник и дебљина зида у mm,
- назив произвођача,
- машина бр.,
- датум производње (месец и година),
- обележавање дужине цеви у интервалима од 1 m.

Производња и контрола квалитета усаглашена је са важећим стандардима: *SRPS G. C6. 601*, *SRPS G. C6. 602*, *SRPS G. S3 506*, *SRPS G. S3. 507*. И у складу са Техничким условима за полиетиленске цеви малог пречника за кабловску канализацију ЗЈПТТ. За ову намену, на захтев купца, могу се производити цеви других вредности притиска или називних пречника.

Многобројне предности полиетиленских цеви у односу на друге материјале имају за последицу њихову све ширу примену. Лако се транспортују и монтирају, добро се прилагођавају терену, имају мали коефицијент трења који проузрокује и мале губитке притиска. Дозвољено је трајно топлотно оптерећење до $+60^{\circ}\text{C}$, а тренутно до $+80^{\circ}\text{C}$. Отпорне су на ниске температуре [3].

ПЕ коруговане цеви за заштиту каблова

Полиетиленске коруговане (ребрасте) цеви за заштиту телекомуникационих и електро-енергетских каблова се производе од полиетилена високе густине *ПЕ80*, пречника Ø110, дужине у шипкама од 6 и 12 метара или у катуру од 50 метара. Флексибилност цеви у катуру обезбеђује комбинација материјала полиетилена мале густине за унутрашњи слој и полиетилен велике густине за спољашњи слој, док се цеви у шипкама производе од полиетилена велике густине. Производе се у жутој и црвеној боји или према захтеву купца.



Слика 20. ПЕ коруговане цеви за заштиту каблова

Цеви од полиетилена велике густине се лако прилагођавају рову због своје савитљивости. Могу се скраћивати обичним ножем или тестером. Полагање и коришћење полиетиленских ребрастих цеви је у температурном режиму од -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$. Отпорне су на УВ зраке.

ПВЦ цеви за заштиту каблова

ПВЦ цеви за заштиту телефонских и електро-енергетских каблова производе се од тврдог ПВЦ-а. Могу бити у жутој и црвеној боји, дужине 4 или 6 метара, или према захтеву купца.



Слика 21. ПВЦ цеви за заштиту каблова

Цеви се израђују са проширењем на једном крају које служи за спајање. Производе се и сви фазонски елементи који се користе при полагању ПВЦ цеви: ПВЦ чеп, ПВЦ уводник, ПВЦ чешаљ и ПВЦ штитник [3].

3. ПОСТУПЦИ СПАЈАЊА ПЛАСТИЧНИХ ЦЕВИ

Процес полимеризације је практично немогуће водити тако да би се добио производ сачињен од молекула исте величине. Зато се у пракси сусрећемо са полимерима који су мешавина молекула са молекулском масом већом или мањом од жељене. Многе физичко-хемијске карактеристике су у корелацији са молекулском масом (нпр. са порастом молекулске масе, могућност термичког разлагања опада, док, температура кључања и топљења расте).

При загревању термопласта не постоји уобичајена тачка топљења једињења. Термопласти при загревању омекшавају, па преко тестастог стања постају све сличнији течностима. Пре него што се маса термопласта приближи течном стању, почиње процес термичког разлагања, као последица распада већих молекула [4].

Како са поновним хлађењем термопласт реверзибилно отврдњава, то ће се особине тако охлађеног термопласта у неколико разликовати од првобитних. Разлике механичких особина су веће уколико:

- термопласт сачињавају молекули у врло широком подручју молекуларних маса;
- је удео молекула са већом молекуларном масом већи од средњих вредности;
- је удео молекула са великом молекуларном масом које омекшавају на температури блиској термичком разлагању;
- термопласт предуго загреван (нпр. загревање топлим ваздухом, до високе температуре).

Понашање термопласта при загревању показује, дакле, да се пластичне масе не могу заваривати поступцима топљења. Зато поступци заваривања одговарају поступцима заваривања метала под притиском, а начини загревања су прилагођени физичким захтевима пластичних маса [4].

3.1. Заваривање термопласта

Код свих поступака заваривања термопласта, површине које треба спојити, треба загрејати до температуре „тестастог“ стања. Помоћу притиска тако загрејаних површина остварује се заварени спој.

Поступци заваривања се међусобно разликују према начину грејања. У пракси се примењују следећи поступци заваривања:

- заваривање топлим ваздухом/гасом;
- заваривање врућим алатом;
- екструзионо;
- екструзионо са топлим гасом;
- високофреквентно, фриксионо;
- ултразвучно;
- вибрационо заваривање
- електроотпорско са спојницама, електрофузијско.

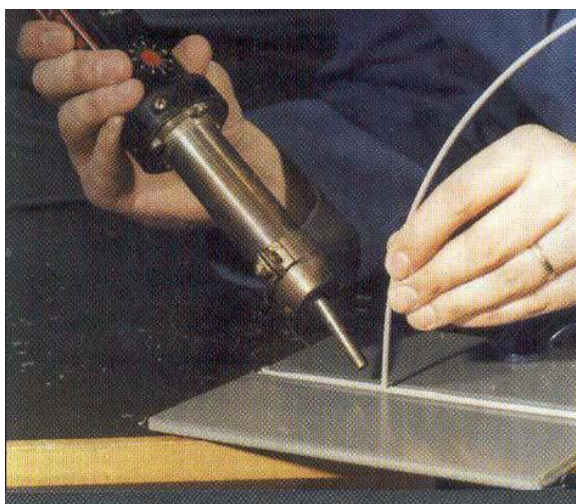
Поред наведених поступака примењују се и поступци: заваривање трењем, заваривање топлим импулсом и заваривање снопом светлости [4].

3.1.1. Заваривање топлим ваздухом/гасом

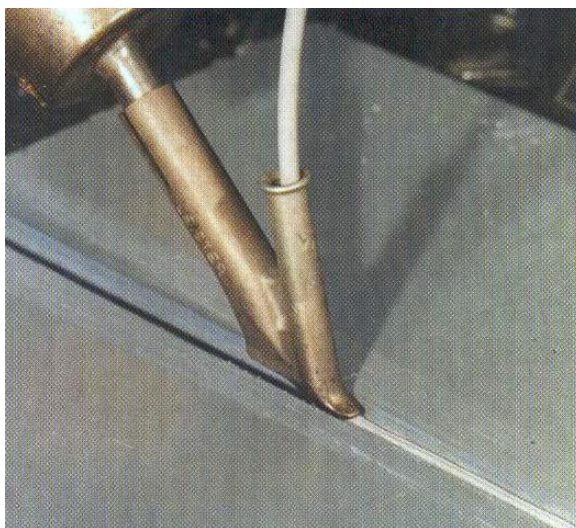
Поступак заваривања спада у ручне поступке, а приказан је на сликама 22, 23 и 24. Облици жљебова за заваривање су слични онима при заваривању челика.



Слика 22. Прибор и помоћни алат [4]



Слика 23. Вођица (шоба) са грејачем за довод топлот гаса



Слика 24. Заваривање са додатном жицом [4]

Ваздух или гас (H_2 , O_2) доводи се преко грејача (електрични или гасни) и загрева до потребне температуре. Шобом грејача усмерава се топли ваздух у жљеб за заваривање, где је постављена додатна шипка (жица од ТПМ). Током заваривања шобу треба њихати, а жицу која је изнад жљеба, треба притискивати под правим углом. Испред жице настаје надвишење шава, а по ивицама шава, заваривачка пена. При том и надвишење и пена морају бити састављени од основног материјала и материјала жице. То указује да је правилно урађено загревање.

При неправилном или недовољном загревању, надвишење ће се састојати или само од основног материјала, или само од материјала додатне жице, или уопште нема надвишења.

Превелико загревање, или превисока температура заваривања проузрокује велико термичко разлагање материјала. На то указује формирање огорине пене по шаву. Ове неправилности знатно умањују чврстоћу споја.

Параметри заваривања, према DBC 2207-3, приказани су у табели 4.

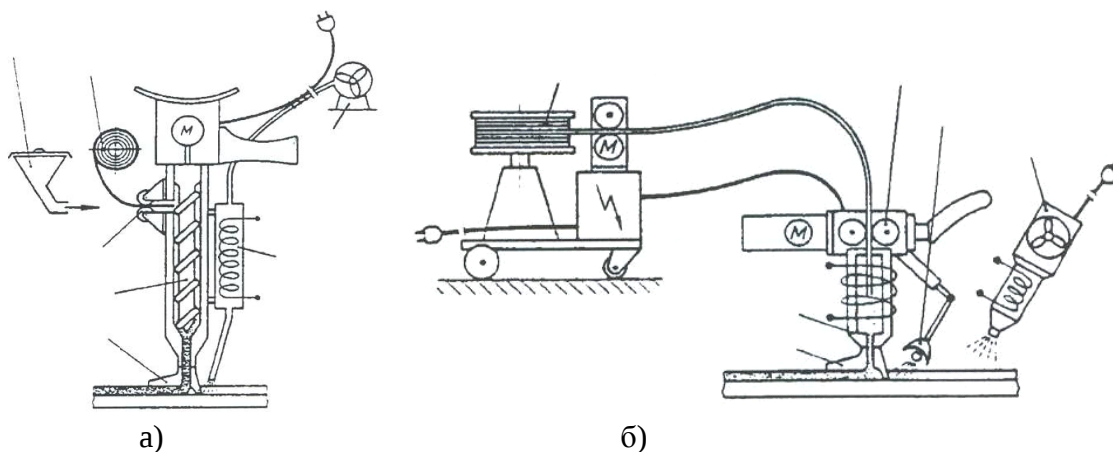
Табела 4. Препоручени параметри заваривања за различите ТМП [4]

Ознака ТМП (SRPS G.C1.290 DIN 7728-1)	Сила заваривања [N] на жици пречника		Температура гаса °C	Проток гаса l/min.
	до 3mmØ	до 4 mm Ø		
ПЕ-ХД	6...10 (WF)* 10...16 (WZ)**	15...20 25...35	300...350	40...60
ПЕ-ЛД	Прикладан само за попуне WF		260...320	40...60
ПП	6...10 (WF)* 10...16 (WZ)**	15...20 25...35	280...330	40...60
ПВЦ-У, ПВЦ-ХИ	5...9 (WF)* 8...12 (WZ)**	8...12 15...25	320...370	40...60
ПВЦ-П	15...20 (WF)* 4...8 (WZ)**	18...25 7...12	300...370	40...60
ПВЦ-Ц	10...15(WF)* 15...20 (WZ)*	15...20 20...25	350...400	40...60
ПММА	12...16 (WF)* 12...16 (WZ)*	12...16 20...30	320...370	40...60
ПВДФ	10...15 (WF)* 12...17 (WZ)*	15...20 25...35	350...400	40...60

*WF – заваривање топлим гасом, ручно додавање жице.

**WZ – заваривање топлим гасом, механизовано додавање жице.

Поступци заваривања топлим ваздухом/гасом захтевају добру оспособљеност заваривача. Овај поступак се може механизовати екструзијом. Поступак екструзионог заваривања топлим ваздухом/гасом приказан је схематски на сликама 25а. И 25б. Заваривање се изводи једним заваром, а брзина претапања додатног материјала је око 2,5 kg/h.



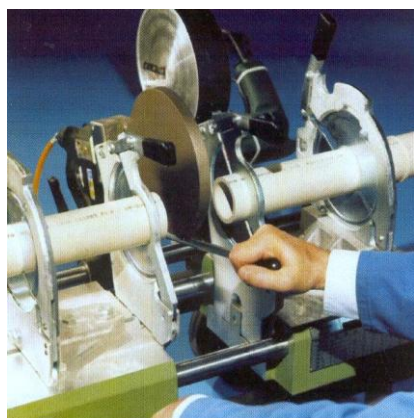
Слика 25. Поступак екструзионог заваривања топлим ваздухом [4]

3.1.2. Заваривање врућим алатом

Принцип грејања састоји се у загревању површина које се спајају, термостатичким грејачем, који се загреје до температуре која одговара термопласту. При том, површине које се спајају треба да се додирују са грејним телом (врућим алатом) за време загревања. Када су површине заваривања загрејане до задате температуре, површине се додирну и притисну и тако стегнуте држе у алату до хлађења.

Поступак је погодан за ручно заваривање шипкастих облика, механизовано преклопно заваривање, а поступак се показао најбољим за сучеоно заваривање цеви. У те сврхе, уз грејно тело, користе се посебни стезни алати, који служе и за центрирање и припрему за спајање.

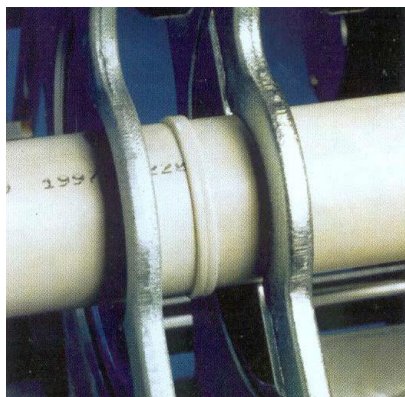
Паралелност површина за заваривање постиже се постављањем планпаралелног ротирајућег обликача. Помоћу њега се поравнају контактне површине. Провера равности ивица утврђује се по извлачењу обликача, додиром површина. Максимална ширина зазора по обиму износи 0,5 mm, а максимална денивелација по обиму износи $\pm 10\%$ дебљине зида цеви, али не већа од 1,0 mm. Површине које се заварују се потом раздвајају, поставља се термостатички грејач загрејан до температуре заваривања [4].



Слика 26. Припрема за заваривање цеви топлим алатом



Слика 27. Грејање помоћу топлоталата-пегле



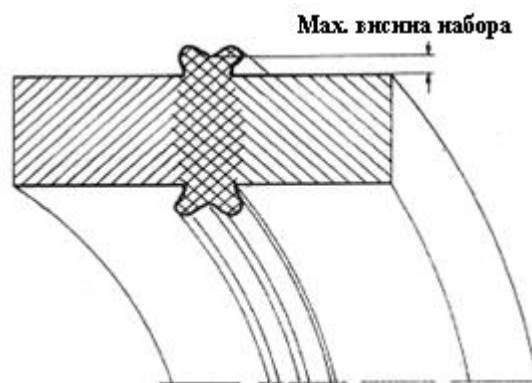
Слика 28. Заварени спој у алату [4]

Дакле, после довођења површина у паралелност и саосност, површине које се заварују се потом раздвоје. Поставља се термостатички грејач загрејан на температуру заваривања: за ПЕХД она износи 230°C , а за ПП 240°C . Око њега се примењује сила притиска од 15 N/cm^2 . Цеви се затим размакну и брзо извуче грејач. При томе се мора пазити да се не оштете загрејане и омекшане површине цеви. Затим се цеви брзо доводе у контакт. Када се површине за заваривање дотакну, повећава се сила стезања, која је једнака сили заваривања. Тако се површине одржавају у стегнутом стању у трајању препорученог времена, пазећи да сила контакта не попусти. Стезни алат се отпушта када спољна температура заваара спадне испод $35\text{-}40^{\circ}\text{C}$. То се обично догађа у бројчано једнаком броју минута као што је дебљина зида цеви у mm .

Дијаграм промене силе и температуре при заваривању цеви приказан је на слици 29. , а на слици 30. Представљен је изглед завареног споја оствареног поступком са грејним елементом.



Слика 29. Дијаграм процеса



Слика 30. Набор код сучебног споја

У табели 5 приказани су параметри заваривања цеви топлим алатом [4].

Табела 5. Препоручени параметри за цеви и фитинге од ПЕ-ХД

Номинална дебљина зида цеви (mm)	Висина истиснутог набора при: $P < 0.15 \text{ N/mm}^2$ мин. Вредности	Време грејања (10x дебљина зида цеви, s)	Време за уклањање грејача s макс.	Време спајања	
				Притиском s мин. Вредност	Хлађењем s мин. Вредност
до 4,5	0,5	45	5	5	6
4,5...7,0	1,0	45...70	5...6	5...6	6...10
7,0...12,0	1,5	70...120	6...8	6...8	10...16
12,0...19,0	2,0	120...190	8...10	8...11	16...24
19,0...26,0	2,5	190...260	10...12	11...14	24...32
26,0...37,0	3,0	260...370	12...16	14...19	32...45
37,0...50,0	3,5	370...500	16...20	19...25	45...60
50,0...70,0	4,0	500...700	20...25	25...35	60...80

3.2. Спајање пластичних цеви спојницама

У хемијској и прехранбеној индустрији, третману воде, галванским постројењима и постројењима отпадних вода најчешће коришћени материјали за израду арматура и фазонских комада су термопластични материјали (ПВЦ, ПП, ПЕ, ПВДФ и АБС). Од тих материјала се израђују вентили, цеви, колена, Т-комади, муфови, наглавци, редукције, холендери и прирубничке везе. Сви ови елементи, ако су израђени од ПП, ПЕ и ПВДФ, у зависности од врсте могу бити у варијанти чеоног и полифузионог заваривања. ПВЦ и АБС се најчешће лепе. У зависности од намене вентили могу бити у варијанти: кугласти вентили, мембрански вентили, лептир вентили, а могу се радити и неповратни вентили и клапне. Вентили по начину управљања могу бити ручни или аутоматски, који су погоњени електричним и пнеуматским актуатором. По жељи се могу поставити сензори положаја који нам говоре о отворености или затворености вентила.



Слика 31. Елементи за спајање пластичних цеви

Постоји велики број челичних поцинкованих фитинга: колена, колена с навојем, Т-комада, муфова, редуцира, холендера, обилазних лукова, чепова, продужетака, зидна колена итд.

Месингане спојнице су погодне за употребу са ПЕ цевима мале и велике густине, за радне притиске до 20 бара. Тело им је од месинга и антикорозионо обрађено. Постоје различите врсте месинганих спојница као што су: равне, Л-спојнице, Л-спојнице с причврсном плочом, полуспојнице, Т-спојнице итд.



Слика 32. Приказ спојница

Нерђајуће поправне спојнице (НП спојнице) су изграђене од прохрома (лимови, завртњи, навртке, подлошке) и гумене облоге у квалитету (гума за прехранбену индустрију). Намењене су за заптивање оштећења на водоводним и другим цевима и за спајање цеви без натичног наглавка.

Обухватајући оштећење на цевима, НП спојница заптива оштећено место, трајно зауставља цурење и омогућава несметан проток воде. Лако се уграђују, што минимизира трошкове и време поправке. Издржавају притисак до 40 бари, отпорне су на механичке ударе, корозију и хемијске утицаје.



Слика 33. Нерђајуће поправне спојнице

Постављање НП спојница се врши тако што се прво очистити оштећена цев од механичких нечистоћа, затим се обележи место за постављање НП спојнице на цевима, тако да оштећење буде у средини спојнице. Спољашњи део заптивне гуме премазати калијевим сапуном. Обухватити цев НП спојницом и затезање вршити средњим (дужим) завртњем. Приликом равномерног стезања свих завртњева, одмереним ударцима пластичним (гуменим) чекићем равномерно ударати по НП спојници.

Фазонски комади су у распону величине од 50-800 mm, за све врсте цеви, за водовodne и канализацијске системе од ПЕ и од нодуларног лива. Имају врло широку намену: вода, питка вода, морска вода и нафта. Могу бити за радне притиске од 10 и 16 бара, израђују се од ПЕ и нодуларног лива.

Постоји широка подела фазонских комада:

- фазонски комади с прирубницом и цеви (спојни, лучни с прирубницом или стопалом, кружни итд.),
- фазонски комади с ТЈ-муфом,
- фазонски комади с Унион – наглавком,
- фазонски комади за пластичне цеви,
- фазонски комади за спајање цевовода (монтажно-демонтажни).

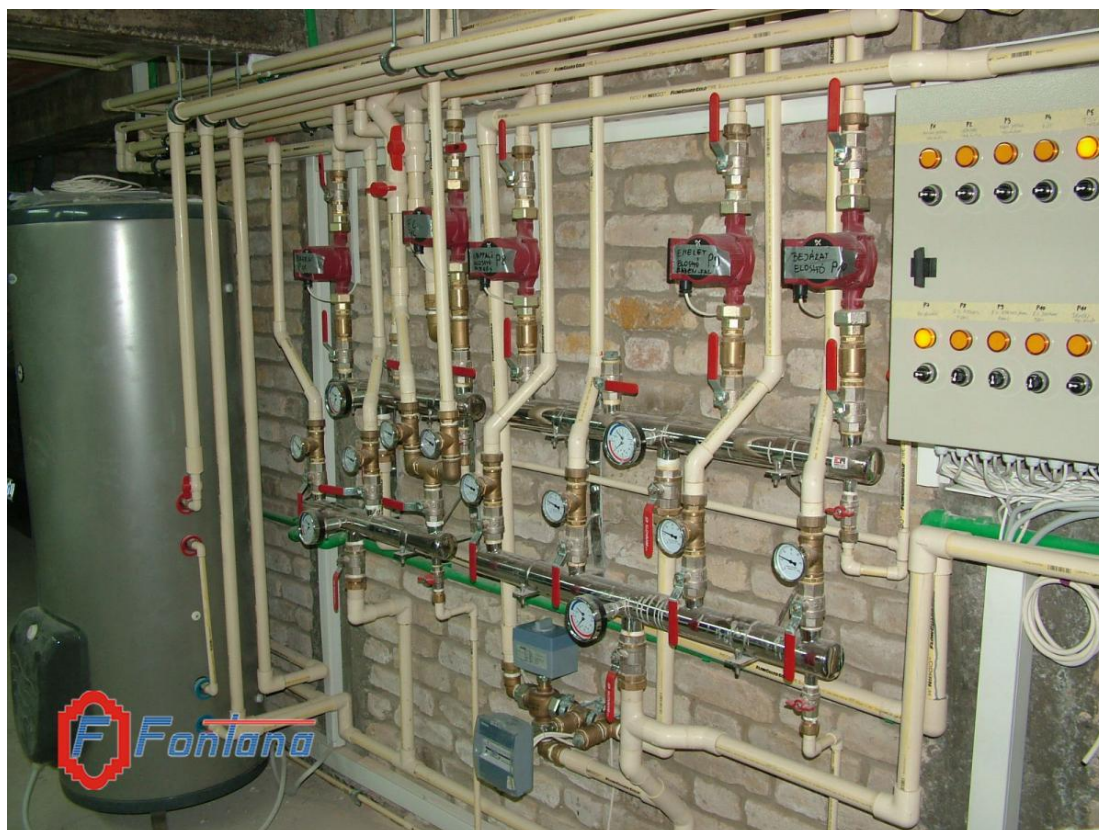
Најучесталији облици фазонских комада су: Н, Т-ком, ФФ, Q, ФФР, Ф,Х, ТТ, ФКС.



Слика 34. Фазонски комади за спајање пластичних цеви

3.3. Спајање пластичних цеви лепљењем

ПВЦ-Ц цеви и спојнице су направљене од посебне пластике која је хемијски позната као хлорисани поливинилхлорид (ПВЦ-Ц). Једноставни системи за дистрибуцију воде се монтирају без специјалних одмах расположивим јефтиним алатима. Спајање цеви са фитингом изводи се са специјалним лепком (ПВЦ-Ц цементом), а секу се маказама или тестером за метал (бонсек). Цео поступак лепљења траје око тридесетак секунди, после сат времена може се извршити проба инсталације на 10,5 бара [5].



Слика 35. Систем за дистрибуцију воде [5]

Лепак са којим се врши спајање инсталације је од исте сировине од које су направљене цеви и фитинг, али у течном стању. Зато лепак брзо реагује са материјалом спољних елемената, растапа их, а након мешања стврдњава. Ако након завршеног процеса спајања пресечете спој, нећете наћи везни слој, односно лепак већ само две спојене површине. Пробе направљене у разним компанијама показале су да тако направљен спој при температури воде од 82°C може да издржи притисак од 70 бара, а при температури воде од 23°C притисак од 140 бара. Зацементирани (залепљени) спојеви, који су се већ више од 45 година показали као успешни, осигуравају поузданост ПВЦ-Ц система ценовода. Са доказаном перформансом ПВЦ-Ц систем ценовода је супериоран избор.

ПВЦ-У је највише коришћени пластични материјал за ценовод, прве ПВЦ-У цеви су направљене током 1930-тих. Током 1950-тих, коришћене су за замењивање кородираних металних цеви и стога за доношење свеже пијаће воде до растуће урбане популације. ПВЦ-У је окарактерисан као материјал са високим физичким перформансама и отпоран је на корозију и различита хемијска једињења.

Пројектован је да издржи притисак од 138 бара, има најдугорочнију хидростатику издржљивост на 23°C од било које друге термопластичне инсталације за водовод, спаја се лепљењем (ПВЦ-У цементом). ПВЦ-У цев има дуг век трајања, проучавања цеви уграђених у Европи током 1930-тих које се и даље користе, сугеришу веома дуг користан век трајања за ове производе стотину година или дуже, што ће уопштено премашити век трајања структура у које су инсталиране. Скорија испитивања при немачком КРВ и холандском ТНО су потврдила да ПВЦ-У притисне цеви за воду, када се правилно инсталирају, имају користан век трајања од преко 100 година [5].



Слика 36. Приказ водоводне инсталације са ПВЦ-У цевима

Примена ПВЦ-Ц цеви:

- Инсталације за топлу и хладну питку воду,
- Инсталације централног грејања,
- Инсталације за климатизацију (грејање, хлађење),
- Индустријске инсталације,
- Транспорт различитих хемијских флуида.

Температура рада ових цеви је:

- стална 90°C,
- максимална 100°C (температура отказа),
- притисак рада зависи од температуре.

Примена ПВЦ-У цеви:

- Инсталација за хладну питку воду,
- Инсталације за климатизацију (одвод конденза),
- Индустријске инсталације,
- Транспорт различитих хемијских флуида.

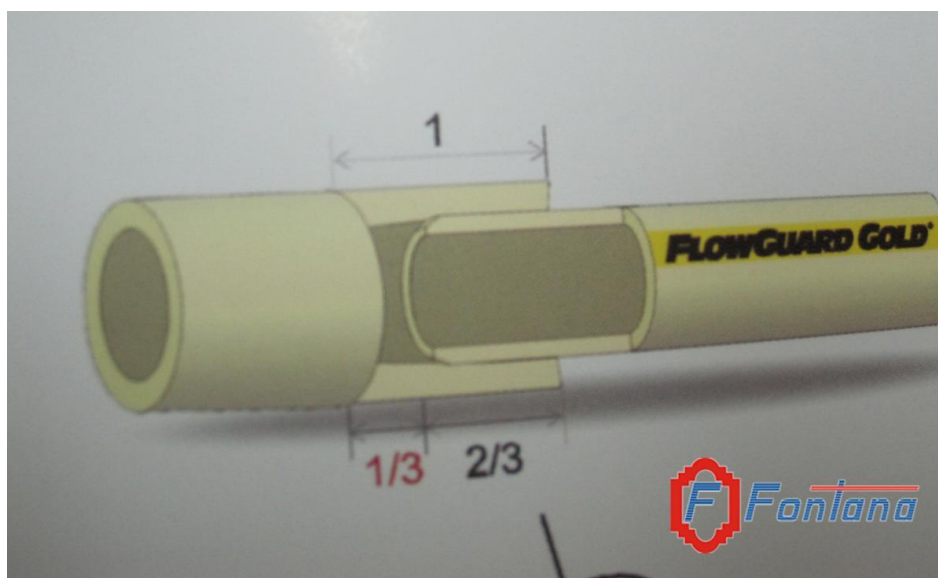
Температура рада ових цеви је:

- стална 40°C,
- максимална 60°C (температура отказа),
- притисак рада зависи од температуре.

3.3.1. Поступак спајања пластичних цеви лепњем

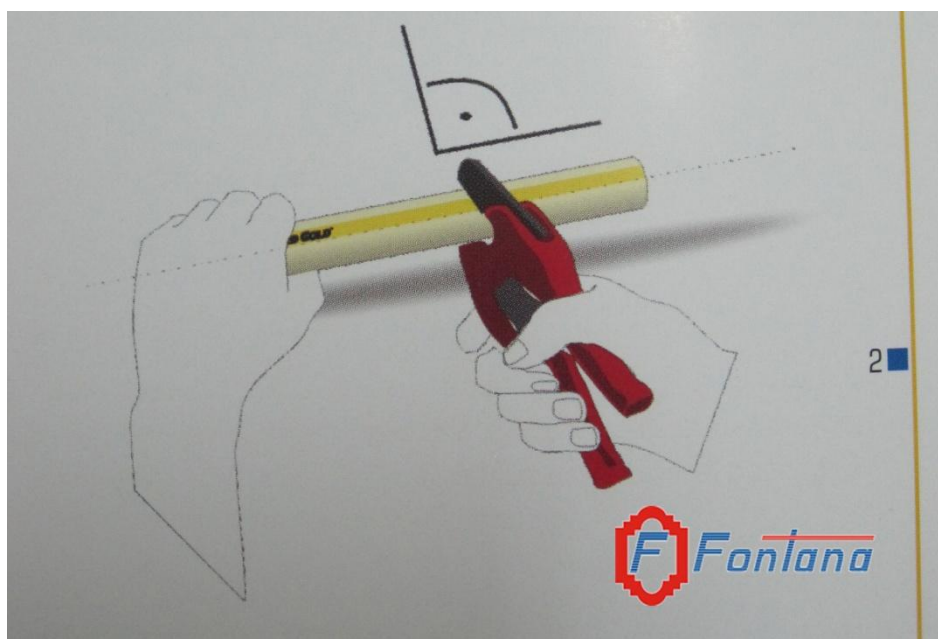
На примеру је представљен начин монтирања инсталације ПВЦ-Ц и ПВЦ-У.

1. Пре почетка лепљења инсталације ради провере величине морамо да извршимо тзв. спајање “на суво“. Цев би требало слободно да уђе до $\frac{2}{3}$ дубине гнезда спојнице.



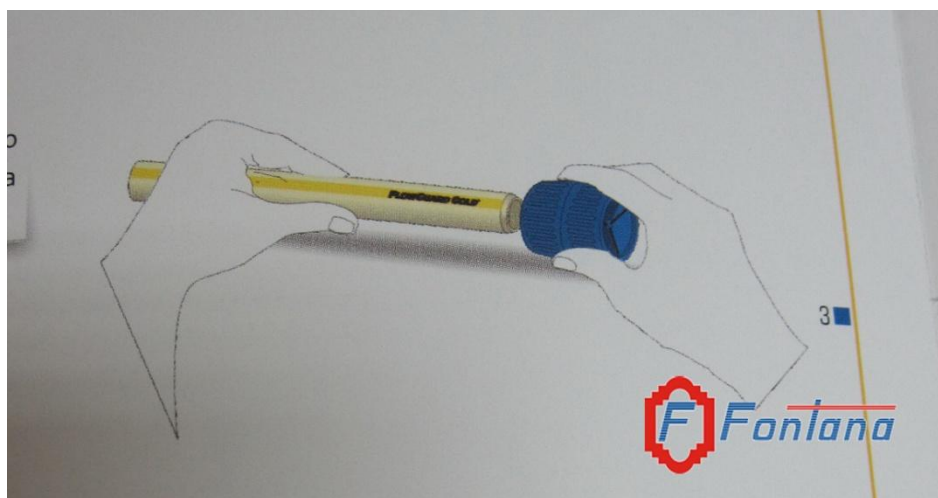
Слика 37. Спајање цеви “на суво“ пре процеса лепљења [5]

2. Сечење цеви најбоље је извршити уз помоћ маказа, а у случају већег пречника рол шнајдером. Можемо је сећи бонсек платном или малом брусилцом, водећи рачуна о одржавању правог угла у односу на осовину цеви.



Слика 38. Сечење цеви маказама

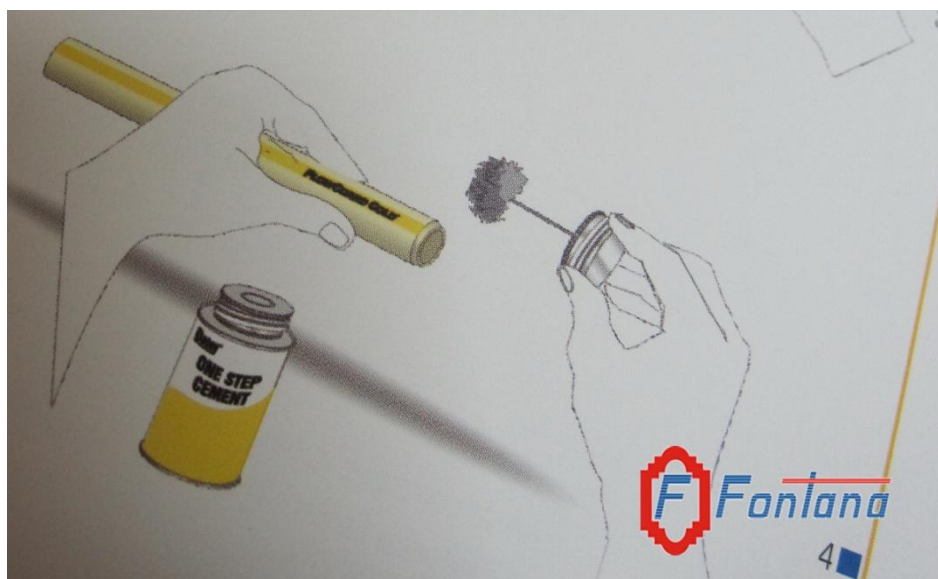
3. Крајеве исечених цеви морамо да обрадимо (оборимо ивицу), то спречава скупљање лепка код стављања цеви у средину фитинга и омогућава потпун улазак цеви у своје лежиште.



Слика 39. Обарање ивица цеви

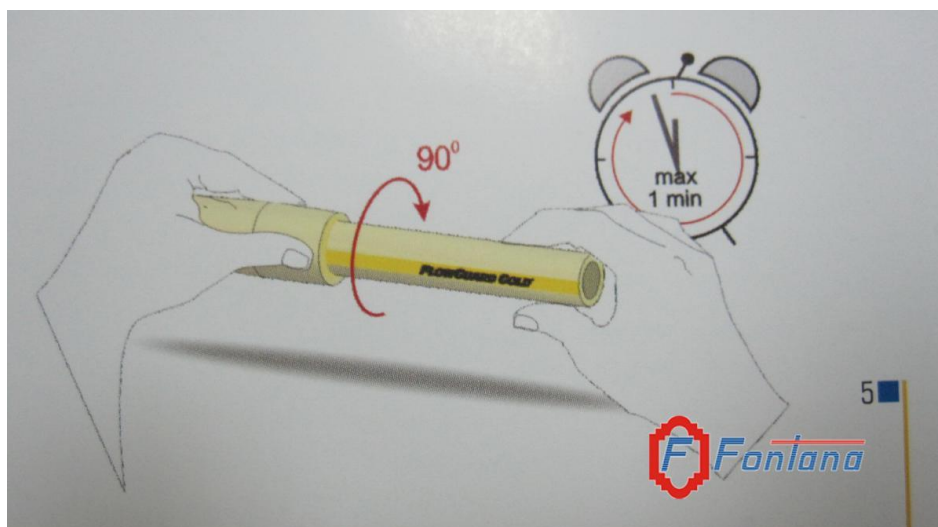
4. Цеви и фитинг морају бити потпуно суви пре почетка лепљења, то је једини предуслов за успешно спајање цеви са фитингом. За спајање ПВЦ-Ц цеви и фитинга користи се једностепена технологија спајања, а код ПВЦ-У цеви и фитинга морамо намазати спојне елементе прајмером (чистачем), а после тога намазати лепак.

НАПОМЕНА: Лепак и прајмер се мажу на спољни део цеви и на унутрашњи део фитинга [5].



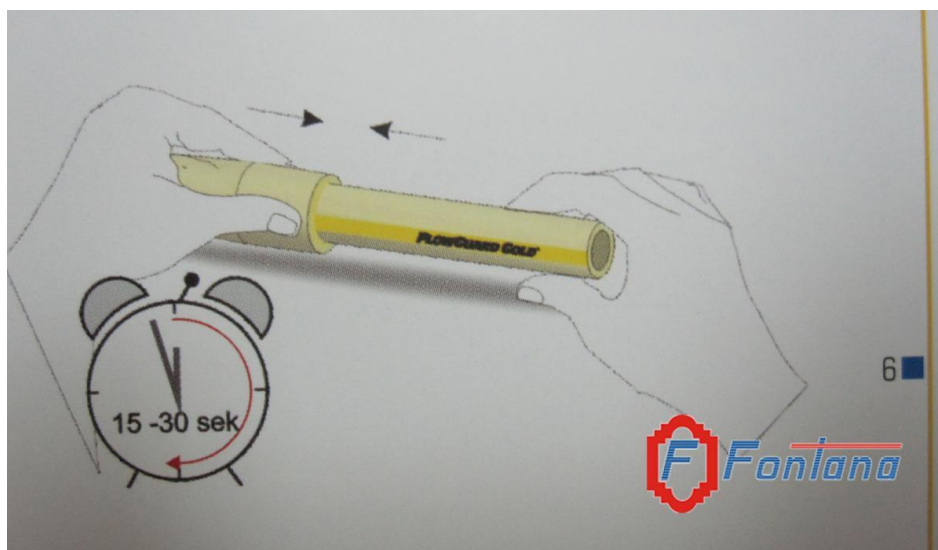
Слика 40. Премазивање цеви цистацем, а затим лепком

5. Поступак лепљења не би требало да буде дужи од 1 мин. После стављања цеви „до краја“ у гнездо фитинга треба извршити обрт од 1/4 круга добијајући тиме равномерно размазивање везивног материјала.



Слика 41. Постављање цеви у гнездо

6. Спајане елементе придржавамо око 15-30 сек. Не дозвољавајући да цев изађе из гнезда фитинга, вишак лепка можемо да обришемо уз помоћ суве крпе. Код правилног спајања цеви са фитингом долази до ваљкастог лепка на месту спајања.



Слика 42. Спајање цеви

7. За спајање цеви и фитинга ПВЦ-Ц и ПВЦ-У треба користити специјалан лепак. Лепак за спајање ових врста цеви приказан је на следећој слици.



Слика 43. Специјалан лепак за спајање цеви [5]

Карактеристике и користи овако израђених водоводних система су следеће:

- чистоћа воде,
- трајност (гаранција 50 година),
- енергетска ефикасност,
- смањена кондензација,
- тихи рад,
- нема стварања каменца,
- проток пуним промером,
- нема дифузије кисеоника,
- монтажа лака и брза без скувих специјалних алата,
- неутрални у контакту са хлором,
- најмањи коефицијент топлотног линијског ширења код полимерних материјала,
- негориви материјали,
- висока естетика инсталације – чврсте цеви,
- безбедни за околину,
- обезбеђују дуготрајни век трајања,
- лаки за инсталирање и руковање,
- отпорни на корозију,
- произведени од модерних еколошких сировина (не садрже олово) [5].

4. СПАЈАЊЕ ПЛАСТИЧНИХ ЦЕВИ ЕЛЕКТРИЧНОМ СПОЈНИЦОМ

Електрофузионе спојнице (у даљем тексту ће се користити термин електрични фитинг) од полиетилена користе напредну технологију спајања полиетиленских елемената загревањем бакарне жице интегрисане у самом фитингу на температуре до 2700°C. Предности ове врсте спајања у односу на спајање сучеоним заваривањем је виши квалитет споја (спој је, због конструкције фитинга, значајно издржљивији), краће време заваривања (није неопходно чекати да се један завар охлади да би се приступило заваривању следећег), могућност да се цео процес изврши са само једним руковаоцем, итд [7].

Поред врхунског квалитета, опште специфичности полиетиленских фитинга за електрофузионо заваривање су и:

- Заштићена бакарна жица, са обе стране, што доприноси бољем квалитету заваара због немогућности стварања оксидног слоја (кородирање), који може битно утицати на резултат заваривања, немогућности да се жица покида при транспорту/постављању цеви у положај за заваривање. Слој полиетилена преко бакарне жице са унутрашње стране не утиче ни мало на квалитет загревања/заваривања (доказано испитивањима).
- У електрофузионе фитинге димензије од 20-63 mm уграђени су вијци за стезање, који у потпуности замењују алат за стезање приликом заваривања.
- Спојнице великих димензија (≥ 355 mm) су израђене тзв. Системом „pipe in pipe“, те није потребно вршити предгревање (поступак који се мора поновити и до неколико пута за једно заваривање), што доводи до знатног скраћења укупног времена заваривања, без негативних последица по квалитет заваара [7].

Електрични фитинзи могу бити различитих облика и величина у зависности од пречника и облика пластичних цеви. Електрични фитинзи су дизајнирани тако да жица-грејач није у потпуности прекривена. На тај начин произвођач је осигурао равномерно топлeње материјала на фитингу и цеви. Оксидни слој који се формира на унутрашњој страни фитинга не утиче на квалитет споја. Због овог начина конструкције фитинга скраћено је и време заваривања, јер жица-грејач одмах почиње да топи и фитинг и цев, тако да се осигурава једнако загревање оба елемента.

Електрични фитинзи поседују дуже зоне заваривања од захтеваних по стандардима ЕУ. Овим је осигурана додатна снага споја. Самим тим је и повећана сигурност споја у случајевима потенцијално лоше обраде, чиме је могуће компензовати евентуалне грешке инсталатера.

Ови фитинзи поседују тзв „хладне зоне“ (по једна на сваком крају и једна на средини самог фитинга) које заједно са продуженим зонама заваривања осигурава поузданост и сигурност самог споја. Поред тога, дуже „хладне зоне“ компензују потенцијалну силу напрезања фитинга због налагања цеви на фитинг, а самим тим и на спој (у случају да је цев деформисана). Због тога се неки електрични фитинзи могу монтирати без додатних стега које исправљају деформитет цеви (нпр. када је цев испоручена у катуру). Монтажа фитинга без стега смањује трошкове инсталације и скраћује време монтаже.

Готово сви електрични фитинзи (без обзира на произвођача) захтевају да цев буде довољно подржана на свакој страни, ограничити кретање током поступак

стапајања и хлађења, и ублажити или елиминисати извор притиска и/или деформације до стапања оба циклуса, хлађењем се процес спајања завршава [7].

Неки произвођачи електричних фитинга препоручују коришћење неких облика цеви за везивање и/или за примарну подршку цеви ради контроле и елиминисања било каквог померања од самог процеса монтаже, где се приликом стапања генеришу притисци и/или било које спољашње силе које се испољавају на цеви или приликом саме монтаже. Неки од електричних фитинга који се често користе приликом инсталирања водоводних и других система приказани су на следећој слици.



Слика 44. Приказ електричних фитинга

Основа за коришћење цеви за везивање и/или подршку цеви када се спаја два комада ПЕ цеви са електричним фитингом је да се: да се обезбеди довољан притисак за извођење процеса стапања и елиминишу нежељени губитци растопљеног материјала из зоне стапања (резултат губитка међуфазног притиска може бити извор цурења или добијених незадовољавајућих заједничких карактеристика споја) [8].

Електрична седла се користе за прикључивање потрошача на дистрибутивне мреже под притиском, могу бити фиксни (моноблок) и окретни (3600 око осе), са којима се може, по жељи, усмерити прикључак према потрошачу (опсег димензија иде од 40-20 mm до 400-63 mm), хоризонтални одвојак на седлу је дужине од 71-165 mm, те се може, у случају погрешног завара, одсећи и поново заварити.



Слика 45. Електрична седла [8]

4.1. Електрична опрема за спајање цеви електричним фитингом

Пошто се електрофузионо заваривање остварује коришћењем електрофузионог односно електричног фитинга, приликом ове технике спајања, специјално произведен електрични фитинг у себи има електро-отпорник од жице који се повезује на струјно коло на одређено време док се хемијским процесом не оствари повезивање елемената. Са наведеном техником спајања се постиже врло квалитетан спој. Приликом тестирања споја на затезање се дешавало да цев пукне пре него спој елемената.



Слика 46. Апарати за електрофузионо заваривање

Када је цев је припремљена, фитинг постављен, баркод учитан и када је извршена последња провера, онда је све спремно и од тог тренутка све зависи од машине за електрофузионо заваривање (од њених карактеристика).

Машине за електрофузионо заваривање се користе за монтажу електрофузионих фитинга, у понуди произвођача постоји велики број машина односно апарата за заваривање пластичних цеви електричним фитингом. Основне карактеристике готово свих тих машина се огледају у следећем: колико су једноставне за употребу, колико су издржљиве и снажне, колико су сигурне приликом процеса заваривања и колика им је ефикасност, тако да те карактеристике ових машина зависе од њихових произвођача.

Машине су конструисане тако да је њихова употреба врло једноставна, а могућност грешке сведена на најмању могућу меру. Укључена је и могућност меморисања заваривања и пребацивања на УСБ стик, тако да можете сачувати извештаје о заваривању са свим параметрима (време, датум, температура, статус зава, врста фитинга итд). Машине могу заваривати фитинге различитих пречника, нпр. димензија 20-900 mm.

4.1.1. Машина за заваривање HST 300 Pricon+

HST 300 Pricon+ је машина са појединачним скупом стандарда за електрофузионе заваривачке апликације. Компактна и лака јединица, само 16 kg тежине, чини руковање лаким и удобним, а ипак је довољно снажна за фитинге до 710 mm. Додатну контролу заваривања обезбеђује визуелни ЛЕД дисплеј на ручци за праћење заваривачког процеса и могуће потенцијалне грешке [9].

Са подесивом јачином звучног сигнала и велико-словним позадинскоосветљеним дисплејем, 4x20 знакова за HST 300 Pricon+, јединица је савршена за све врсте радних услова.

Разноврсност је додатно повећана са паралелним и серијским интерфејсом за пренос података. Проблеми штампања података на различитим штампачима су ствар прошлости [9].

Заваривачки извештаји се генеришу према ISO TC 138 SC 04 стандарду. Софтвер за контролу заваривања и извештаји су у оквиру најновијих стандарда. Нпр. ако хоћете да користите кодове цеви или друге фитинг кодове само прбаците на О режим.

Једна од предности HST 300 електрофузионе заваривачке јединице је њена ефикасност и пружа врхунске перформансе уз оптималну цену. Машине ове технологије пажљиво прате заваривачки процес и детектују грешке краткоспојених грејача или прекида напајања. Машине су направљене за употребу на градилиштима без икаквих ограничења [9].



Слика 47. Машина за електрофузионо заваривање HST 300 Pricon+ [9]

Техничке карактеристике машине за заваривање HST 300 Pricon+:

- 2000 заваривачких извештаја у меморији,
- Опсег заваривања укључујући >710 mm,
- УСБ-А и УСБ-Б за принт, оптички скенер,
- Ручни унос података код заваривања,
- Даљински старт бар кода,
- Велики ЛЕД осветљени дисплеј,
- 32 алфанумеричка карактера,
- Могућност праћења процеса заваривања,
- Генерисање извештаја,
- 2 поља за коментар дефинисан од корисника,
- Први и други код цеви, други фитинг код, временски услови, инвентар код,
- Инсталирање података,
- ИСО заваривачки ИД код,
- Обавештење ради сервиса.

4.2. Поступак хлађења споја након процеса спајања цеви

Један од најважнијих погрешно и често игнорисаних компоненти у целокупном електричном поступку спајања пластичних цеви је фаза хлађења. Често се претпоставља да ако се монтажа довољно охлади онда се може уклонити уређај за везивање или чак вршити тестирање притиска везе. Хлађење је критична фаза за успех електричног поступка спајања пластичних цеви, а посебну пажњу треба посветити томе да се обезбеде одговарајућа времена хлађења.

Значај фазе хлађења може се илустровати у растопљеном базену. На слици 48. Је приказан растопљени базен по фазама насталих током електричног процеса спајања цеви.

Када се струја примењује на спајање пластике и на површини цеви почиње да се топи и формира растопљени базен (А и Б). Уз даљу примену струје, топљење продубљује базен на цевни интерфејс који, поново, изазива унутрашње притиске да се изгради овај процес и познат је као ко-кристализација између истопљених цевних материјала (В). Фаза хлађења (Г) (у комбинацији са дизајном монтаже) пружа контролисано окружење између цеви и опреме где се процес може ефикасно одржати. Након ове фазе хлађења престаје деловање струје која се добија са електричне опреме и наставља се период иза тачке где ПЕ полимер почиње да се стеже (процес познат као време стезања). Ово омогућава довољно времена за фузиону област да поврати снагу коју је изгубила пре фузије. Сваки покрет или спољашњи притисак примењује се на област спајања током ове фазе хлађења и могу да се јаве гешке у овој фази [8].



Слика 48. Приказ растопљеног базена

4.3. Поступак спајања пластичних цеви електричним фитингом

1) Први корак представља чишћење крајева цеви, односно простора где ће се извршити спајање цеви, уклањање нечистоћа, блата и других отпадака који се могу наћи на или у цеви. Чиста вода се може користити за чишћење почетних крајева цевних површина пре стругања, а алкохол се препоручује после стругања као средство за темељније чишћење површина цеви (слика 49.) [6].



Слика 49. Поступак чишћења крајева цеви

2) Када се инсталира спојница потребно је да крајеви цеви имају правилан кружни облик како би се остварило правилно налагање двеју цеви у електричној спојници. То се постиже правилним сечењем крајева цеви уз коришћење одговарајућих сечива као што су маказе или тестере (слика 50.).



Слика 50. Сечење цеви ради добијања правилног облика цеви [6]

3) Након одсецања цеви врши се правилно постављање цеви у електричну спојницу. То се врши обележавањем простора на цеви предвиђеног за процес топљења односно спајања. Обе цеви треба да заузимају подједнак простор унутар електричне спојнице, тако да је потребно предвидети одговарајуће дужине обе цеви. Када прорачунамо одговарајуће просторе на цевима за спајање, обележимо их маркером и онда можемо приступити њиховим механичким обрадама (слика 51.).



Слика 51. Обележавање простора на цеви који улази унутар спојнице

4) Проверавање површине цеви која улази у унутрашњост електричне спојнице од евентуалних нечистоћа и прљавштине које се и након прве фазе чишћења могу појавити. Након провере уколико је потребно врши се детаљније чишћење површине цеви. Уколико постоје неке прљавштине на површини цеви оне могу лоше утицати на процес стругања. Такође, је потребно и крајње ивице цеви мало оборити под одговарајућим радијусом да не би дошло до оштећења цеви приликом процеса стругања. Након обарања ивица и чишћења површине цеви може се приступити стругању спољашње површине цеви (слика 52.) [6].



Слика 52. Обарање ивице и чишћење цеви

5) Коришењем одговарајућег алата за стругање скида се први слој пластике са цеви у коме се могу наћи различите материје у облику нечистоћа. Скидањем овог слоја пластике са цеви добије се чиста цев без нечистоћа. Приликом стругања потребно је водити рачуна да се цела обележена површина обради стругањем. Циљ стругања је да се добије чиста површина која ће ступити у процес спајања, уколико се на површинама цеви нађу неке нечистоће, неће се остварити спој (слика 53.).



Слика 53. Процес стругања површине цеви [6]

6) Обрађене површине се не додирују прстима или неким другим предметима да се не би поново појавиле нечистоће. Такође се не додирују унутрашње површине електричне спојнице из истог разлога као и обрађене површине цеви. Уље представља највећу нечистоћу која може утицати на то да не дође до споја између цеви и спојнице. Ако, ипак, дође до нечистоћа на обрађеној површини, оне се могу уклонити чишћењем пешкиром који је претходно натопљен алкохолом. Након тог чишћења површине се суше до њихове уградње. Не сме се користити алкохол са адитивима и пожељно је избегавати поновно реконструисање већ обрађених површина. Изглед припремљене цеви за њено постављање у унутрашњост електричне спојнице је приказано на *слици 54*.



Слика 54. Припремљена површина цеви за уградњу

7) Постављање цеви у унутрашњост електричне спојнице, на цевима се налазе и елементи за придржавање система да не би дошло до померања цеви током процеса спајања (*слика 55*).



Слика 55. Постављање цеви у електричну спојницу

8) За постављање цеви користи се гумени чекић (или метални чекић) да би се остварило добро налагање цеви и спојнице. Потребно је проверити да ли је остварено правилно позиционирање цеви у унутрашњости електричне спојнице (слика 56.) [6].



Слика 56. Позиционирање електричне спојнице

9) На ободу електричне спојнице се налазе два конектора на које се доводи напон помоћу кога се врши топљење пластичних цеви унутар спојнице, након чега се спој хлади и остварује заварен спој (слика 57.).



Слика 57. Прикључивање спојнице на напон

10) Након одређеног времена прекида се довод напон, систем се хлади одређено време предвиђено одговарајућим препорукама (време хлађења се може предвидети са дијаграма на слици 48.).



Слика 58. Изглед спајања цеви електричним фитингом [6]

4.4. Примери неправилно остварених спојева приликом спајања цеви електричним фитингом

Најчешћи узрок неправилне уградње електричних фитинга је неправилна припрема цеви за њихово спајање. У вези са неправилним припремама цеви за спајање инсталатер може да контролише уз поштовање одговарајуће технике уградње да до њих не би дошло. Радијална удубљења показују да је грејач односно жица која се налази унутар електричног фитинга достигла жељену температуру. Удубљења (канали) и огреботине показују да се прљавштина истопила заједно са пластичном масом цеви услед стругања или неке друге врсте припреме цеви (слика 59.).



Слика 59. Приказ неправилно оствареног споја услед лоше очишћене спољашње површине цеви

На слици 60. Је приказана грешка настала услед превише стругане спољашње површине цеви којом треба да се оствари спој унутар спојнице. Да не би дошло до ове грешке потребан је мањи број пролаза ножа алата за стругање. Отклањање више материјала са цеви него што је потребно ствара зазор између ивице краја обрађене

површине и ивице спојнице која захвата контактну површину. Услед превеликог зазора између те две ивице не може доћи потпуног стапања предвиђених површина.



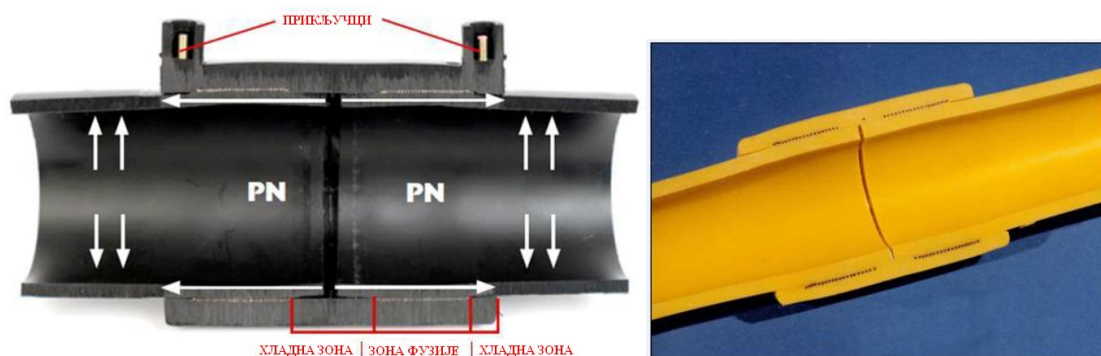
Слика 60. Грешка настала услед зазора

Још неке грешке које се могу јавити услед спајања пластичних цеви електричним фитингом приказани су на следећој слици (слика 61.).



Слика 61. Грешке настале услед неправилног извођења процеса спајања пластичних цеви електричним фитингом

Примери правилно постављених електричних фитинга су приказани на следећим сликама.



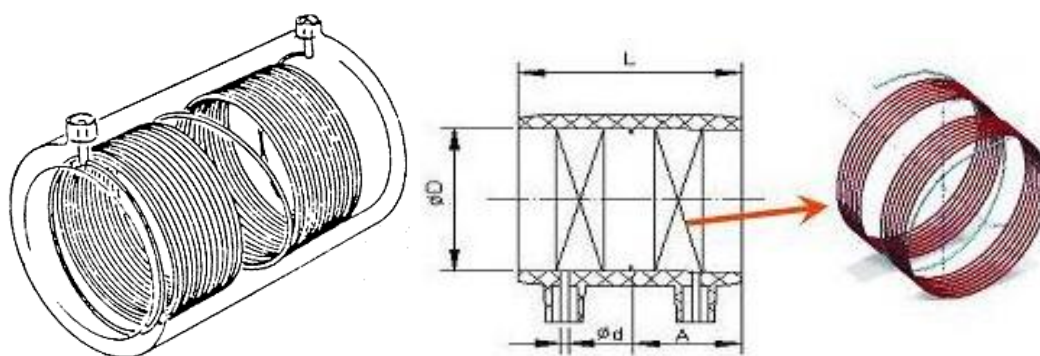
Слика 62. Правилно постављени електрични фитинзи

5. ПРИМЕР ПРОЈЕКТОВАЊА ДЕЛА

У оквиру овог дела мастер рада извршено је моделирање електричног фитинга за спајање пластичних цеви процесом фузије. Електрични фитинг се састоји од тела (пластични део), од конектора који служе за довођење напона на грејач и од грејача који је у облику спирале и налази се унутар самог електричног фитинга и служи за загревање цеви приликом процеса фузије.

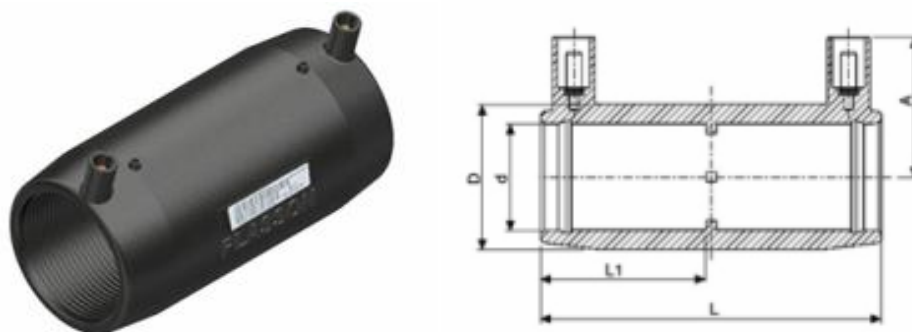


Слика 63. Електрични фитинг са одговарајућим потребним елементима



Слика 64. Приказ грејача унутар електричног фитинга

Моделирање је извршено у софтверу **Catia** Version 5.18. На слици 65. Је дат геометријски изглед електричног фитинга, а димензије истог су узете из одговарајуће табеле (табела 6.). При моделирању коришћен је модул **Mechanical Design**, а у оквиру њега радно окружење (workbench) **Sketcher**, **Part Design** и **Assembly Desing**.



Слика 65. Геометријски изглед електричног фитинга

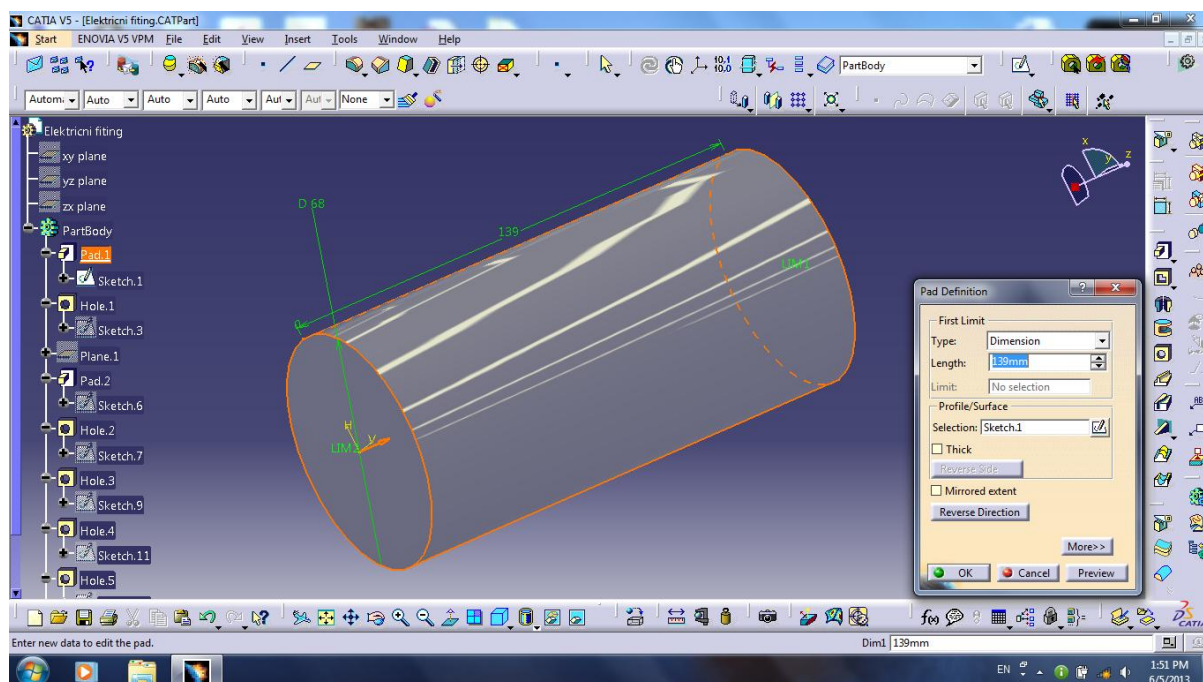
Табела 6. Препоруке димензија електричног фитинга

Код	d	D	A	L	L1	Јединица по паковању	Тежина
4901L4032	32 mm	44 mm	43 mm	104 mm	50 mm	272	84 g
4901L4040	40 mm	56 mm	46 mm	121 mm	59 mm	128	135 g
4901L4050	50 mm	68 mm	51 mm	139 mm	68 mm	96	215 g
4901L4063	63 mm	82 mm	57 mm	166 mm	81 mm	48	317 g

На почетку потребно је анализирати део да би се одредио што оптималнији начин израде 3Д модела. Моделирање је могуће извести на више начина у зависности од афинитета и знања корисника програма. Један од начина ће бити приказан по фазама:

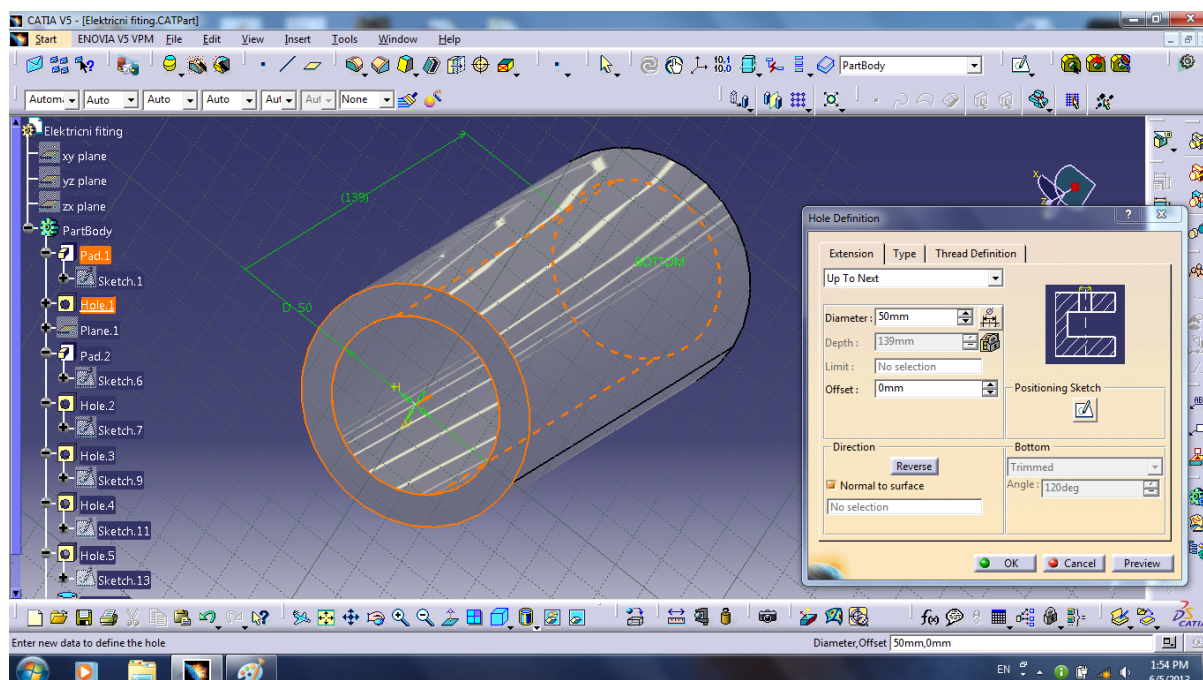
1. У радном окружењу **Sketcher**, у XY равни се црта круг, наредбом **Circle**, који ће представљати спољашњи пречник електричног фитинга, дефинисање пречника кружнице се дефинише наредбом **Constraint**. Након цртања елемената и дефинисања свих потребних димензија скица треба да буде зелене боје. Изласком из **Sketcher**-а и укључивањем наредбе **Pad**, у **Part Design**-у се појављује дијалог прозор у коме се уписује висина извлачења у правцу Z осе (139 mm) и селекује се sketch који је претходно скициран (слика 66.).

Након извршења ове наредбе (**Pad**) добија се модел цилиндричног облика који ће представљати тело електричног фитинга на који ће се даље додавати одговарајући елементи потребни за његово адекватно функционисање. На тело модела цилиндричног облика потребно је додати цилиндрична издужења на коме ће се направити отвори за конекторе на који се монтирају прикључци за напон. Такоше је на цилиндричном моделу потребно избушити отвор који ће представљати унутрашњи пречник електричног фитинга.



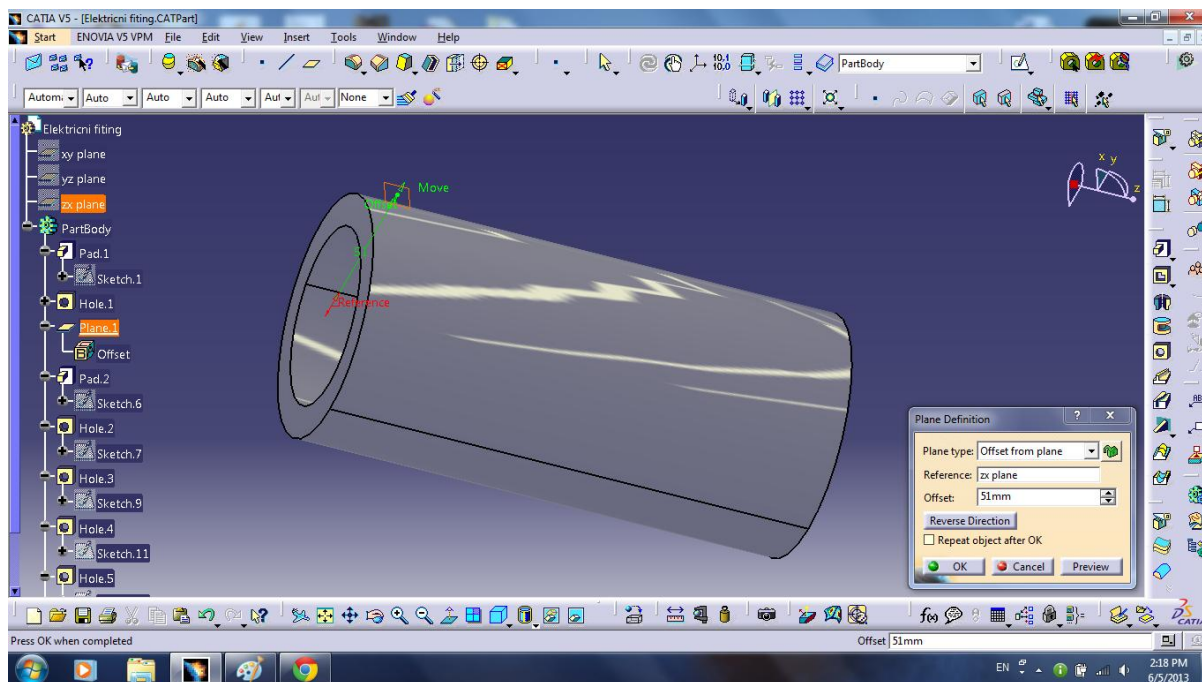
Слика 66. Добијање тела електричног фитинга

2. На телу електричног фитинга врши се бушење отвора одговарајућих димензија што ће представљати унутрашњи пречник фитинга. Бушење отвора се постиже наредбом **Hole** (слика 67.), пречник отвора је 50 mm. Након бушења отвора добијамо дебљину зида електричног фитинга која износи 9 mm.



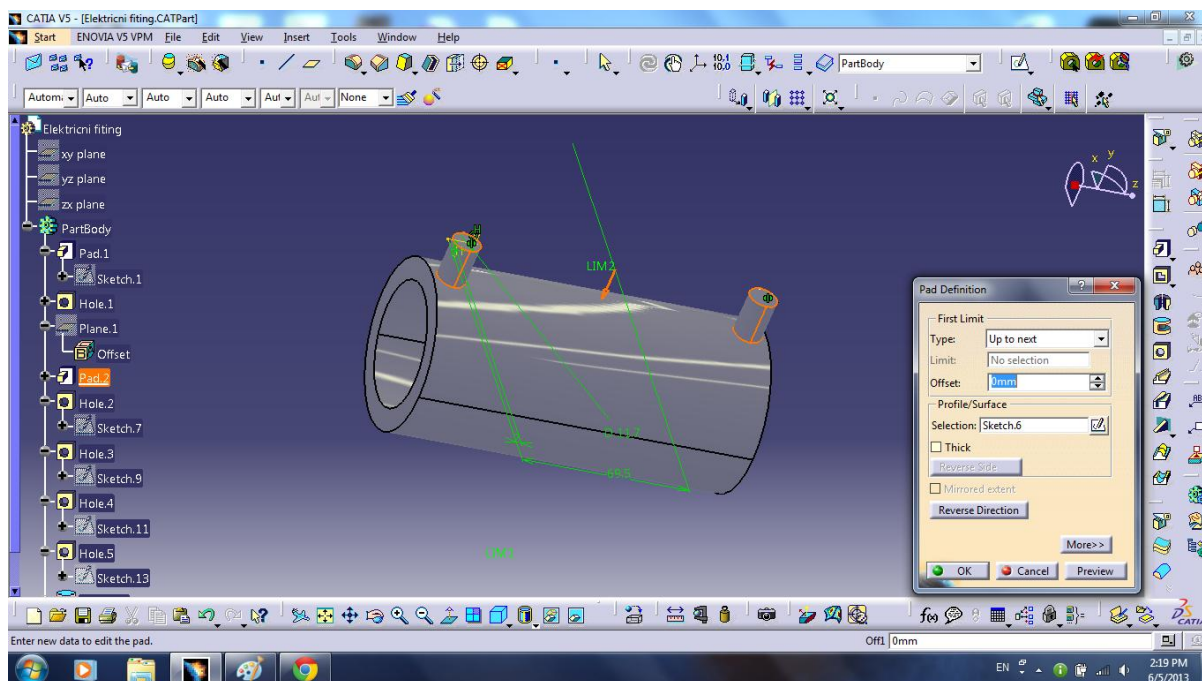
Слика 67. Моделирање унутрашњег пречника електричног фитинга

3. Након добијања унутрашњег пречника потребно је изместити раван на одговарајућу висину да би смо у њој могли скицирати елементе потребне за добијање тела цилиндричног облика у коме ће се налазити конектори. Измештање равни се врши наредбом **Plane**, раван се измешта на висину од 51 mm (слика 68.).



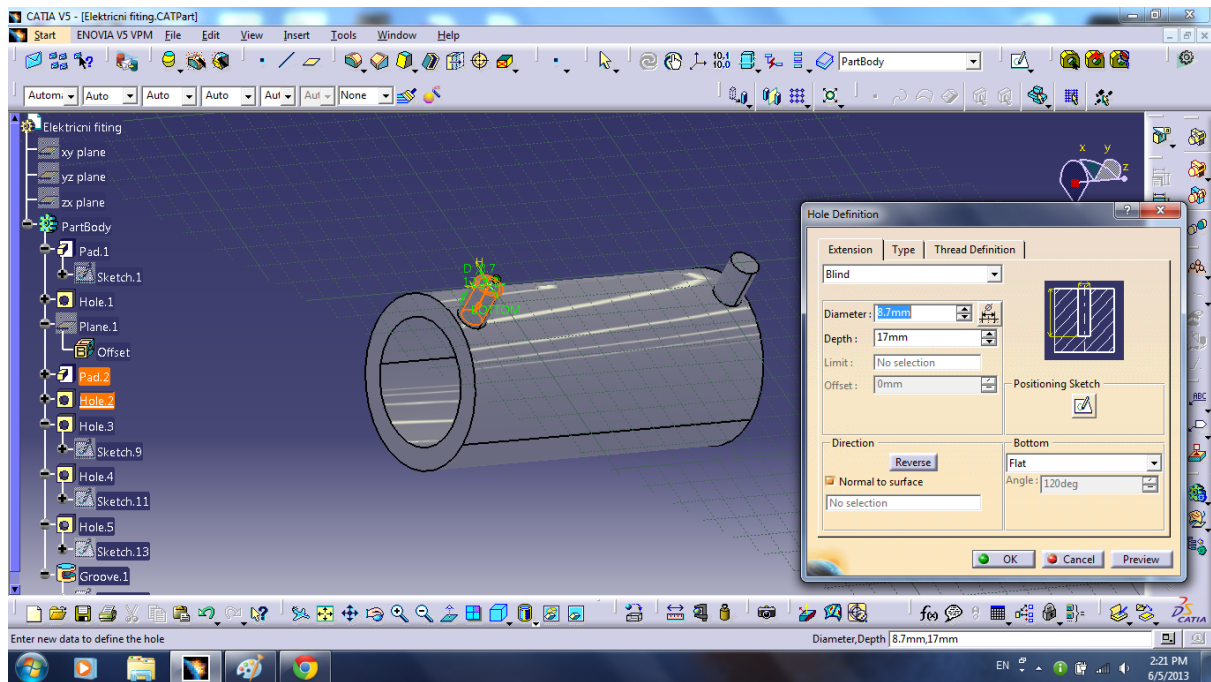
Слика 68. Измештање равни

4. У измештеној равни се скицира кружница која ће представљати пречник тела конектора. Наредбом **Pad** се формирају тела цилиндричног облика (слика 69.).



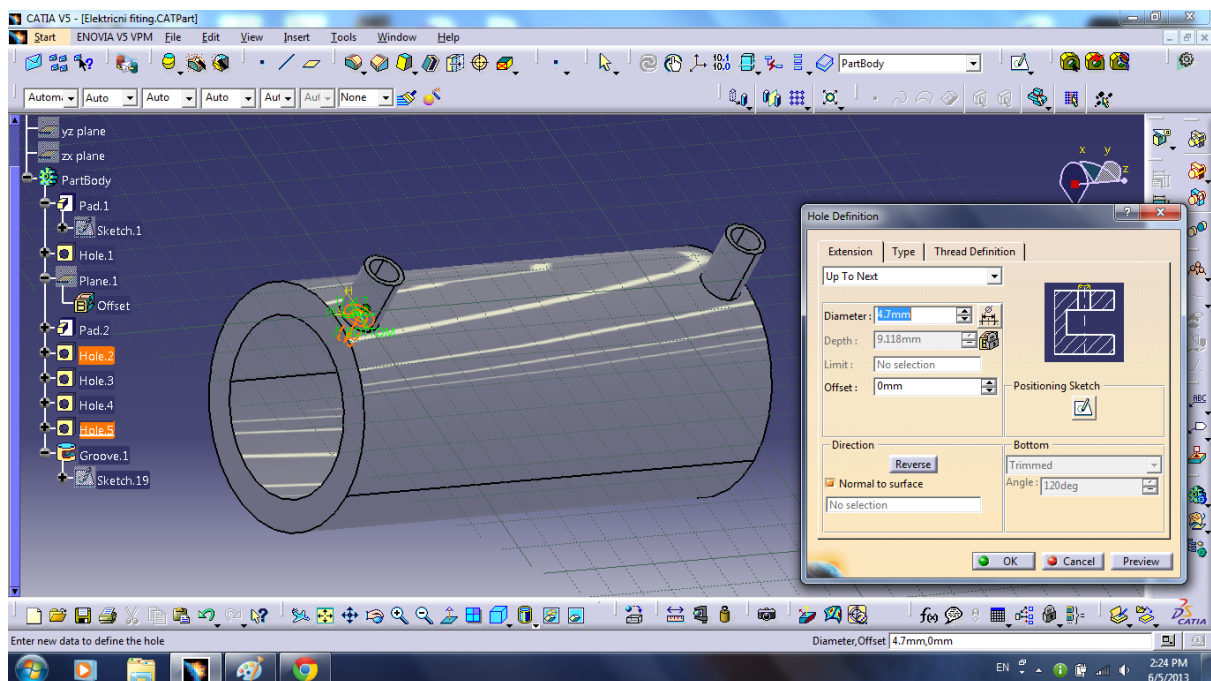
Слика 69. Формирање тела у коме ће се налазити конектори

5. Бушење отвора наредбом **Hole** у циљу формирања кућишта у коме ће бити смештен конектор (слика 70.). Овај начин формирања тела за конектор се примењује и на друго тело цилиндричног облика које се налази на другом крају тела електричног фитинга.



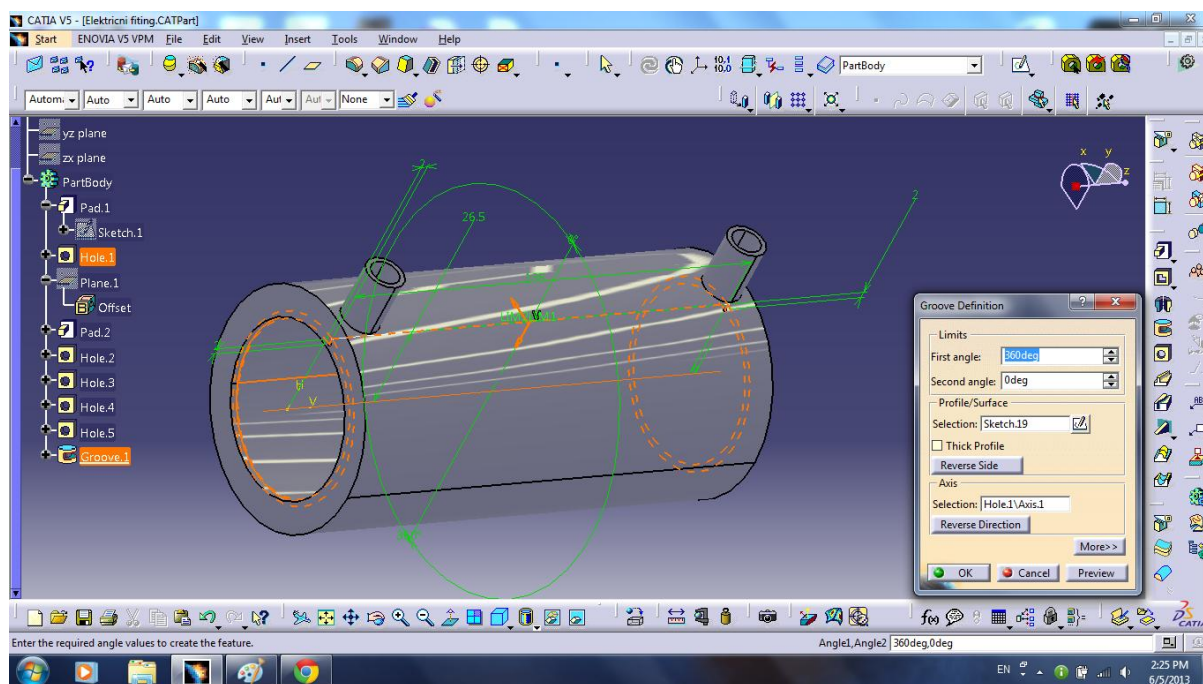
Слика 70. Формирање кућишта за конектор

6. Истом наредбом као у претходном случају се врши формирање отвора (на оба тела) кроз који пролази конектор да би се остварио контакт са грејачем (слика 71.).



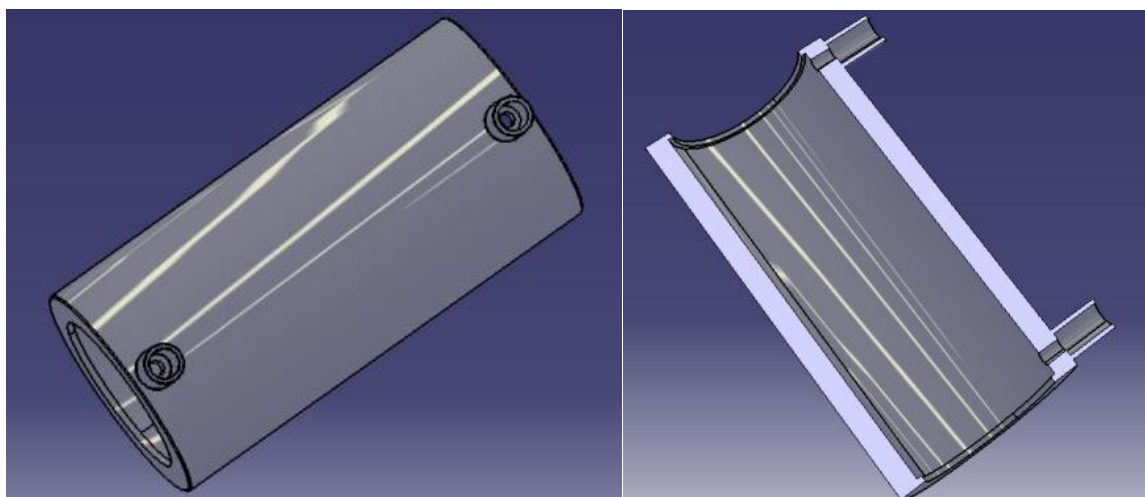
Слика 71. Формирање отвора кроз који пролази конектор

7. У унутрашњем делу електричног фитинга се врши формирање жлеба који ће служити за постављање грејача. Након формирања скице наредбом **Groove** се врши укопавање жлеба на одговарајућу дубину. Параметри за извршавање ове наредбе су приказани на *слици 72*.



Слика 72. Формирање жлеба за грејач

Након свих примењених наредби добијамо тело електричног фитинга у који се још уграђују конектори за прикључивање напона и грејач који служи за процес фузије којим се врши спајање двеју цеви. Измоделирано тело електричног фитинга је приказано на *слици 73*.

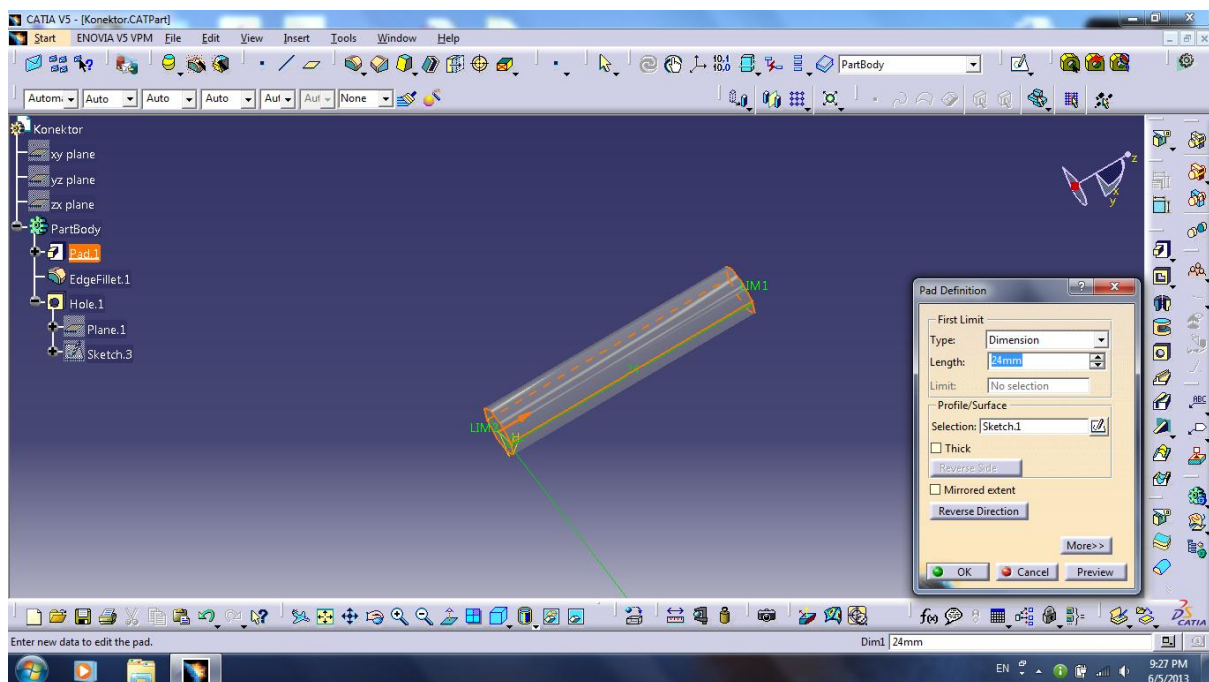


Слика 73. Приказ тела електричног фитинга

Након измоделираног тела електричног фитинга потребно је измоделирати помоћне елементе које се додају унутар тела фитинга. Ти помоћни елементи су два конектора и грејач који ће бити постављен унутар фитинга у жлебу. Помоћни елементи се моделирају као нови модели у **Part Design**-у који ће бити увезни у модул за спајање подсклопова у заједнички склоп (**Assembly Desing**).

Прво ће бити измоделиран конектор електричног фитинга и његово моделирање се састоји у неколико следећих корака:

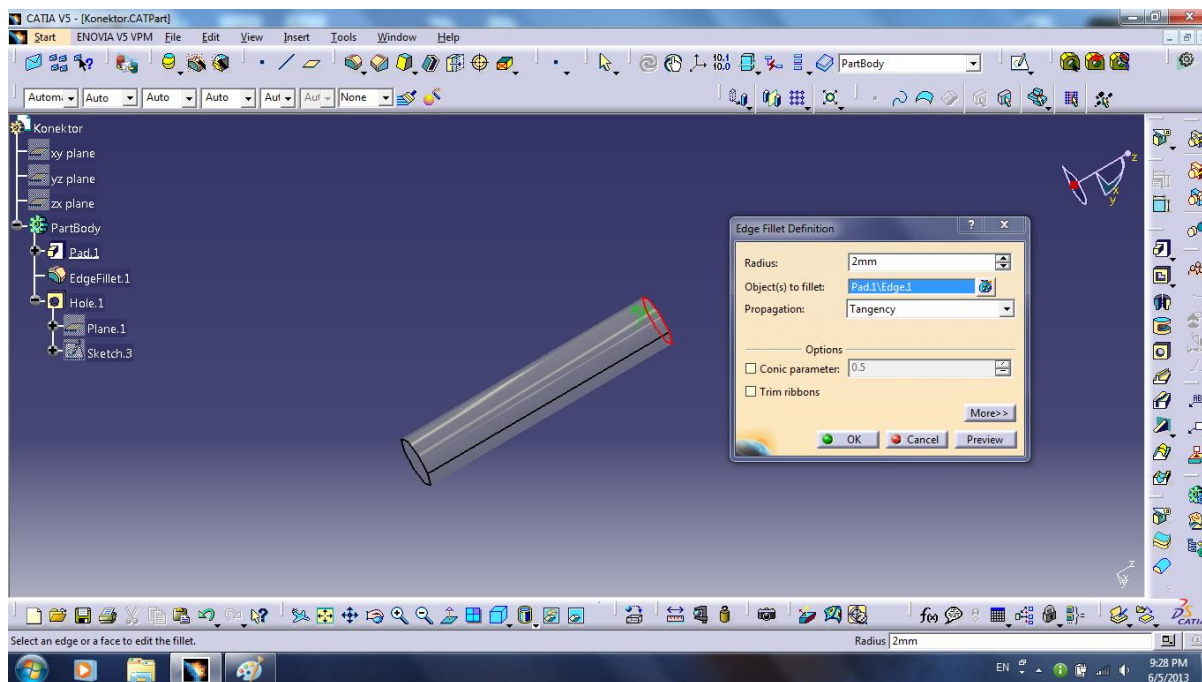
1. У радном окружењу **Sketcher**, у XY равни се црта круг, наредбом **Circle**, који ће представљати пречник конектора, дефинисање пречника кружнице се дефинише наредбом **Constraint**. Изласком из **Sketcher**-а и укључивањем наредбе **Pad**, у **Part Design**-у се појављује дијалог прозор у коме се уписује висина извлачења у правцу Z осе (24 mm) и селекује се sketch који је претходно скициран (слика 74.).



Слика 74. Формирање тела конектора

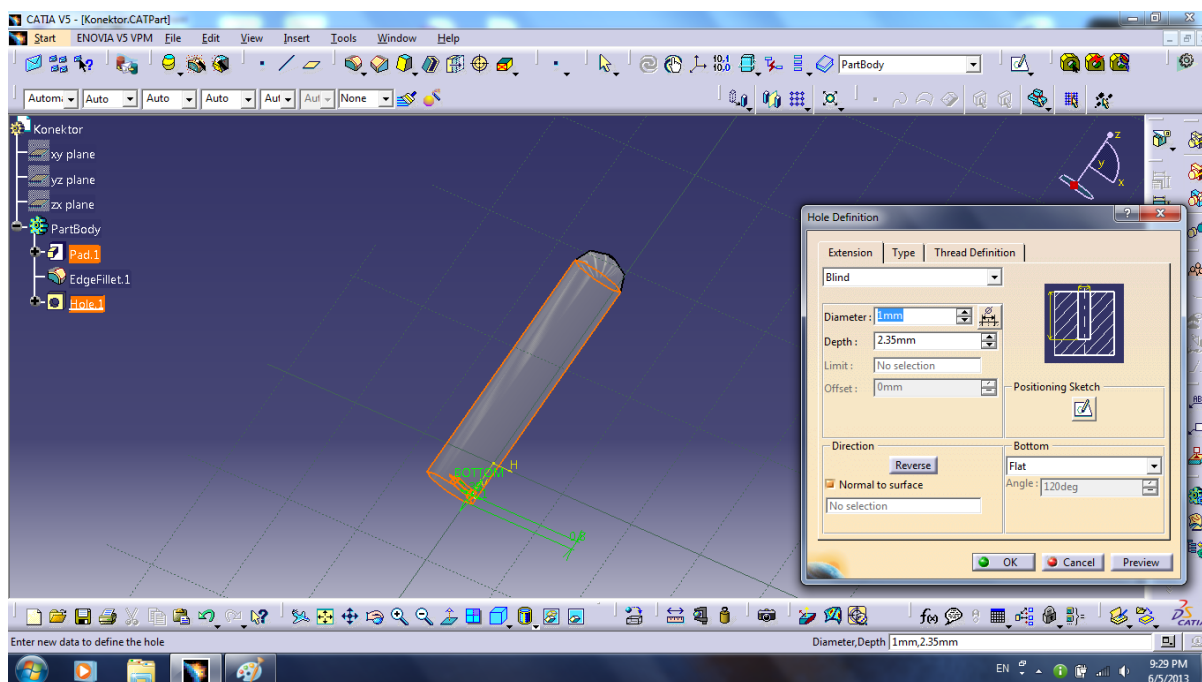
2. Након дефинисања пречника и висине добили смо тело конектора, затим је потребно оборити ивице врха конектора на који се постављају прикључци са напоном. Напон се доводи са машине која има улогу да произведе довољну количину напона на електрични фитинг да би се могао правилно остварити спој између цеви и спојнице.

Заобљење ивице врха конектора се врши наредбом **Edge Fillet** (слика 75.), ивица је оборена радијусом од 2 mm.



Слика 75. Заобљење ивица врха конектора

3. На конектору је потребно извршити бушење отвора (наредба **Hole**) који ће се служити за повезивање конектора и грејача (слика 76.).



Слика 76. Бушење отвора на конектору

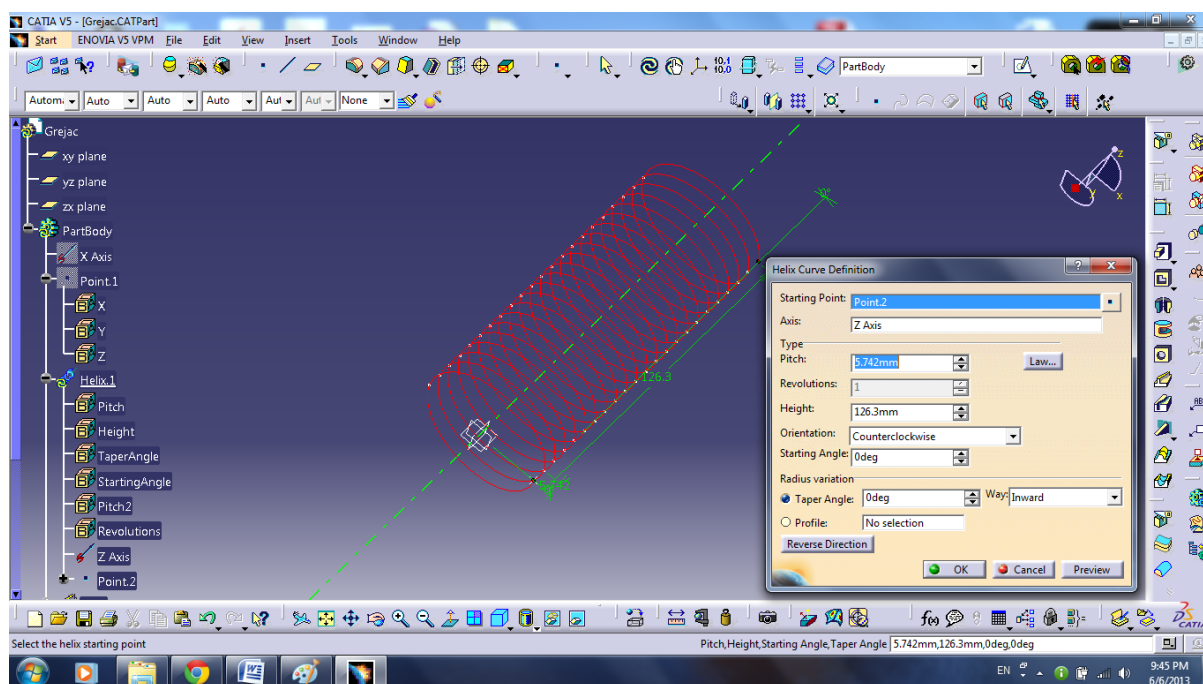
Изглед измоделираног конектора приказан је на следећој слици.



Слика 77. Конектор електричног фитинга

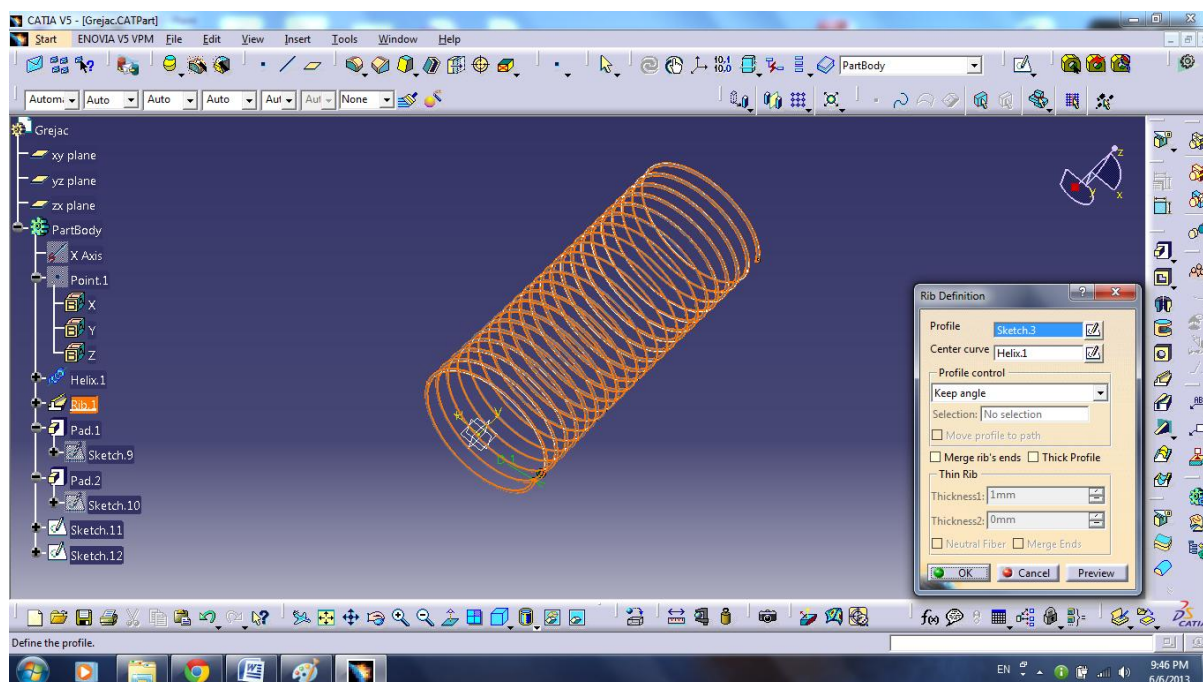
Други помоћни елемент електричног фитинга представља грејач. Принцип његовог моделирања се састоји у неколико следећих једноставних корака:

1. Грејач биће измоделиран у облику спирале у модулу за моделирање завојница (**Wirefram and Surface Design**). Опцијом **Helix** задајемо димензије спирале која ће касније представљати грејач електричног фитинга (слика 78.).



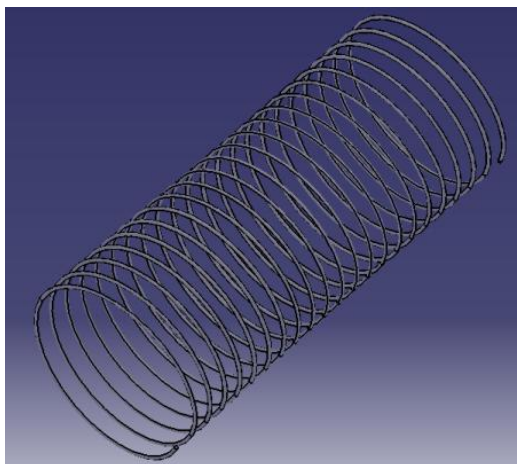
Слика 78. Формирање завојнице

2. Након што смо завојници задали параметре (наредбом **Helix**) у модулу **Wirefram and Surface Design**, прелазимо у модул **Part Design** где ћемо завојници доделити дебљину и тако добијена завојница ће представљати грејач. Додељивање дебљине завојници се врши наредбом **Rib**, што је приказано на слици 79.



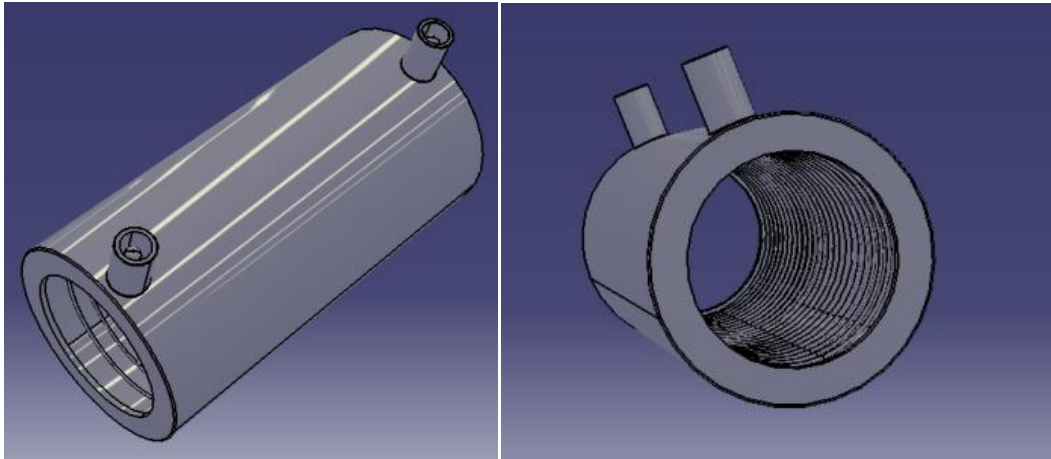
Слика 79. Коришћење наредбе Rib

Изглед грејача је приказан на слици 80. Након измоделираног тела електричног фитинга и помоћних елемената (конектора и грејача) у модулу **Assembly Desing** се врши склапање ових подсклопова након чега добијамо склоп који ће представљати електрични фитинг за спајање пластичних цеви.

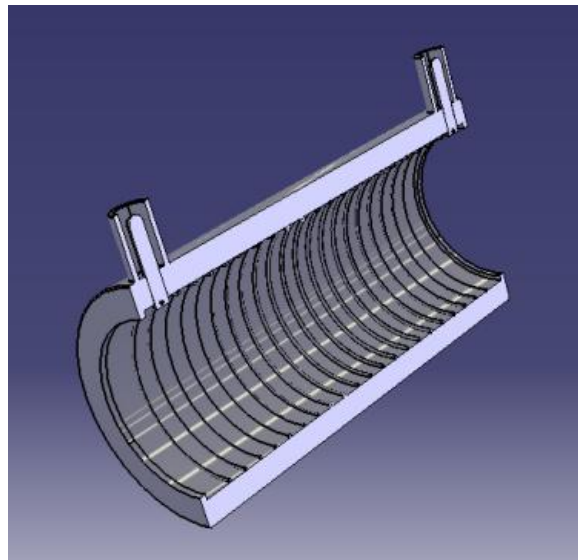


Слика 80. Изглед грејача

Приказ електричног фитинга у склопу и пресеку приказан је на следећим сликама (слике 81. И 82.).



Слика 81. Приказ електричног фитинга у склопу



Слика 82. Приказ електричног фитинга у пресеку

6. ЗАКЉУЧАК

Стално усавршавање полимерних материјала са све ширим спектром карактеристика ствара нове могућности за све већу примену у свим областима привреде и свакодневном животу становништва. Неке гране индустрије су велики потрошачи полимерних материјала, међу њима водећу потрошњу и примену заузимају тзв. Технички напредне индустријске гране као што су електронска индустрија и индустрија транспортних средстава. Њихова делатност је оријентисана на што већу примену полимерних материјала пре свега због појефтињења производа, као и због смањења тежине што је веома значајно у ауто-индустрији. Смањење извора природних материјала такође доприноси све већој примени тј. Замени природних материјала, полимерним материјалима.

Ниво траженог квалитета и прецизности израде делова од пластичних маса стално расту као и остали захтеви тржишта. Тако да грешке и проблеми у планирању, пројектовању, производњи и контроли све мање се толеришу.

У области планирања, пројектовања и производње примењују се CAD/CAM/CAE системи. То су системи код којих се управљање процесом пројектовања и производње обавља преко рачунара. Тиме се постижу побољшања у односу на примену старијих принципа рада. Предности примене CAD/CAM/CAE система се постижу у следећим сегментима пројектовања и производње:

- представљање објеката (2Д и 3Д модели),
- генерисање техничког цртежа дела,
- прорачуни,
- технолошки поступци и
- НЦ програми за машине.

Ради избора одговарајућег материјала за потребе конкретног израдка неопходно је познавати што више својстава пластичних маса, да би могли проценити да ли оне одговарају условима и захтевима експлоатације и израде. Када се узме у обзир да данас постоји велики број различитих пластичних маса најразличитије примене, што произилази из значајног броја функционалних карактеристика истих, тада се може закључити да је систематизација нумеричких вредности својстава пластичних маса врло компликован задатак. Комплексност тог задатка доприноси и чињеница да се захваљујући различитим технологијама добијања и модификације смоластих материјала својства једног истог типа пластичне масе могу креирати у релативно широком распону.

Подједнако комплексну проблематику представљају методе испитивања својстава пластичних маса. Свака земља па често и сами произвођачи ових материјала имају своје методе испитивања и прописују стандарде за предмете који су од њих израђени. У току последњих година међународна организација за стандардизацију ISO, улаже велике напоре којима је циљ да се изврши унификација многобројних постојећих стандарда. Тек тада се ствара неопходан услов за упоређивање нумеричких вредности исте карактеристике различитих типова пластичних маса, ради упоредне анализе. Битно је још разумети и да се ти подаци обично користе само за упоређивање својстава појединих материјала.

Када су у питању полимерни материјали, проблем њихове употребе и рециклаже свакодневно широм света покреће питање заштите човекове средине. Одређене друштвене организације чак повремено покрећу кампање против коришћења

производа од пластичних материјала, основа ових кампања су били тестови који су показали присуство канцерогених супстанци у неким производима. Иако је за велики број делова израђених из пластичних маса доказано да нису токсични чињеница да нису природно разграђиви представља велики проблем у решавању проблема отпада. У данашње време се улажу огромна средства у проналажење начина да се пластични отпад ефикасно разложи и да се продукти тог процеса безбедно уклопе у природни кружни ток материје. Научна истраживања с тим циљем иду у правцу додавања у основни материјал „фотоактиватора“ (или молекула скроба нпр.) или проналажења пластичних маса које би микроорганизми користили као храну. Успешност решавања овог проблема имаће велики утицај на значај пластичних маса у будућности.

Такође велики напори се улажу у правцу развоја технологија поновне употребе коришћеног материјала. С тим у складу разликујемо следеће типове рециклаже: примарна рециклажа, секундарна рециклажа и терцијална рециклажа.

Поред набројаних врста постоји и метода где полимерни отпад користимо као гориво при чему зависно од састава материјала можемо остварити од 50% до 200% калоријске вредности угља. Евентуални велики проблем који се у овом случају мора решити јесте појава нежељених продуката процеса сагоревања, токсичних материја и оних које изазивају ефекат стаклене баште.

Електрични фитинзи користе напредну технологију спајања полиетиленских елемената загревањем бакарне жице интегрисане у самом фитингу на температуре до 2700°C. Предности ове врсте спајања у односу на спајање сучеоним заваривањем или неким другим поступком, је виши квалитет споја, што значи да је, због конструкције фитинга, значајно издржљивији, краће је време заваривања тако да није неопходно чекати да се један завар охлади да би се приступило заваривању следећег, могућност да се цео процес изврши са само једним руковаоцем, итд.

Развој индустрије је праћен развојем програмских пакета који омогућавају пројектовање производа и управљање производњом помоћу рачунара (CAD и CAM). За пројектовање електричног фитинга коришћен је програм „Catia v5“. Примена овог програмског пакета или сличних омогућује јефтинију, бржу и једноставнију израду 3Д модела. Catia је програмски пакет који омогућава развој производа у свим сегментима његовог „животног пута“. Њеним коришћењем при моделирању електричног фитинга само су једним малим делом искоришћене њене предности, а њене стварне могућности много су веће.

На крају се може закључити да пластичне масе и процеси њихове прераде имају добру перспективу због ниских улагања у опрему, релативно јефтиних и приступачних сировина и велике флексибилности производње.

Поступак спајања пластичних цеви електричним фитингом има све већу примену због своје практичности, кратког времена спајања, гарантоване сигурности споја који може да издржи веома високе притиске, ефективност уређаја је веома висока, а спој је квалитетан. Цене електричних фитинга нису високе тако да и то може представљати један од утицајних фактора за све већом њиховом потражњом и коришћењем. У будућности се очекује њихова потпуна доминација у односу на класичне методе спајања пластичних цеви.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Богдан Недић, Владислав Ђукић, *Пластичне масе* - Машински факултет, Крагујевац, 2004.
- [2] Богдан Недић, *Технологије прераде пластичних маса* - Машински факултет, Крагујевац, 2008.
- [3] <http://www.pestan.net/sr/proizvodi/pvc-cevi>
- [4] <http://www.scribd.com/doc/124928151/Zavarivanje-Plasticnih-Masa>
- [5] <http://www.fontana.rs/blog/nibco-cevni-sistemi>
- [6] <http://www.naissusgas.com/rs/>
- [7] <http://www.plasson.com/>
- [8] <http://mzplast.tradeindia.com/electrofusion-pe-pipe-fitting-1154275.html>
- [9] <http://www.huerner-st.de/>