

Резиме

У раду су дати основни појмови о технологијама изоловања каблова и проводника пластичним масама екструдирањем. Сам поступак се састоји из наношења растопљене пластичне масе на жице које су израђене од бакра или алуминијума. Изоловање се изводи на машинама екструдерима који поседују одређени алат, екструдерску главу. У раду су у поглављу два дати основни подаци о технологији израде бакарних жица и врстама проводника, док су у поглављу три дати материјали – полимери који се најчешће користе за облагање и изолацију каблова. Поглављем четири обухваћени су основни појмови о екструдерима и њиховим елементима, док су поглављем пет представљене екструдерске главе тј. алати за облагање жица полимерним материјалима. У поглављу шест је дат приказ једног алата, екструдерске главе која је конструисана у сарадњи са инжењерима Фабрике каблова у Јагодини.

Кључне речи:

Екстудирање, облоге каблова, глава за екстудирање, каблови

Summary:

In this paper we introduce the basic concepts of cable production by extrusion with plastic - polymer materials. The main procedure of this technology is putting melted plastic material on wire which made from copper or aluminium. This operation by isolation is produced on special extrusion machine tools, with extrusion crossheads. In chapter one we introduce wire and cable production technology. Chapter two represent polymer materials in cable production by extrusion and chapter three tell us about extrusion machines and their basic elements. In chapter four we see the basic tools, extrusion crossheads and their main construction and technology. chapter five represent us one extrusion crosshead who are design in cooperation with some engineers from Cable Factory in Jagodina.

Keywords:

Extrusion, extrusion crossheads, plastic - polymer materials, cables, wire, die, tip

Садржај

1. Увод.....	4
2 Технолошки поступак израде жице.....	5
2.1 Добијање бакарне жице ваљањем.....	5
2.2 Добијање бакарне жице вучењем.....	6
2.3 Жарење вучене бакарне жице.....	8
2.4 Поужавање бакарне жице.....	9
2.5 Калаисање бакарне жице.....	9
2.6 Електроизолациони материјали и њихово наношење.....	9
2.7 Остали материјали у изолацији.....	11
2.8 Врсте каблова и проводника.....	12
3. Врсте термопластичних маса које се користе при екструдирању каблова и проводника.....	15
3.1 Екструдирање меког PVC-а.....	15
3.2 Екструдирање полиетилена PET-а	16
3.3 Екструдирање најлона.....	21
3.4 Екструдирање експандованог (целуларног) полиетилена.....	23
3.5 Маркирање.....	24
3.6 Предгревање жице.....	26
3.7 Мерење дебљине изолације.....	28
4. Технологија и машине за екструзионо облагање каблова.....	30
4.1 Принцип екстудирања.....	30
4.2 Екстудирање, основни елементи екструдера.....	34
4.3 Цилиндар екструдера.....	35
4.4 Хранилице.....	37

4.5 Пуж екструдера.....	37
5. Алати за израду изолације каблова и проводника.....	42
5.1 Глава екструдера.....	42
5.2 Технолошке карактеристике екструдерских глава фирме „EROCARB SA“	46
6. Пример пројектовања једног алата.....	50
6.1 Основе при пројектовању алата.....	50
6.2 Карактеристике пројектованог алата	52
7. Закључак.....	62
8. Литература.....	63

1.УВОД

Индустријска производња каблова и проводника спада у металопрерађивачку индустрију. Веома велику улогу има прерада пластичних маса, нарочито облагање и изоловање каблова технологијом екструдирања, која поред изолације проводника даје и естетски изглед финалног производа.

Екстудирање је основна технологија наношења растопљене пластичне масе на жицу, и без ње се не може замислити производња каблова проводника. Зато се највише простора у овом раду поклања принципима и опреми за извођење поступка екстудирања. Сам поступак екстудирања и изолације каблова и проводника се изводи алатима тзв. екструдерским главама. Карактеристика ових алата је да кроз један елемент **дорн** пролази бакарна жица одређеном брзином док кроз други елемент **матрицу** пролази растопљена пластична маса и облаже је. Након облагања заједно излазе из алата, где се хладе водом у тзв. коритима а затим се намотавају на бубњеве.

У другом поглављу рада дат је приказ поступка добијања бакарне жице која служи као полазна тачка при изради каблова и проводника у кабловској индустрији.

У трећем делу рада дат је преглед неких врста пластичних маса које се у кабловској индустрији користе при екстудирању термопластичних маса. Такође је дат приказ неких елемената саме машине и алата који се користе при преради одређених врста пластичних маса.

Четврти део рада даје нам основне принципе екстудирања као и карактеристике основних делова екструдера.

Пети део обухвата приказ алата за екстудирање тј. екструдерских укрских глава, њихове карактеристике као и преглед техничких карактеристика неких алата страних фирми. Посебно су обрађена нека од савремених конструктивних решења алата са аспекта универзалности и могућности облагања каблова више слојним облогама као и постизања високог квалитета површинског слоја.

Шести део посвећен је принципима и поступцима пројектовања једног алата (мале главе за екструдер), који је пројектован у сарадњи са инжењерима у Фабрици каблова у Јагодини.

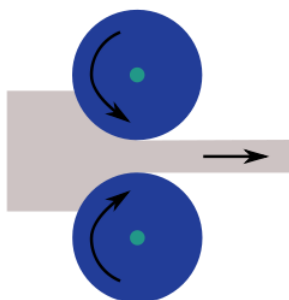
2 ТЕХНОЛОШКИ ПОСТУПАК ИЗРАДЕ ЖИЦЕ

Процес добијања жице пролази кроз неколико фаза:

- ❖ ваљање бакарне жице,
- ❖ вучење бакарне жице,
- ❖ поужавање бакарне жице и
- ❖ калаисање бакарне жице

2.1 Добијање бакарне жице ваљањем

Бакарна жица пречника од 6 до 14 mm, добија се прерадом у ваљаоницама, од бакарних блокова димензија 150x150x1500 mm загрејаних у специјалној пећи до црвеног усијања, методом ваљања. Само ваљање је технолошки процес у коме се из метала у врућем стању, ваљањем кроз специјално калибрисане ваљке, који се okreћу у супротним смеровима добијају одређени профили. Шематски приказ ваљања жице дат је на слици 1.



Слика 1 Шематски приказ ваљања жице [3]

Загревање пре ваљања врши се са циљем повећања пластичности метала и смањења отпора на деформисање при ваљању између ваљака. Температура загревања зависи од врсте метала, за бакар је оптимални опсег између 780°C и 850°C. Типове и конструкције пећи за загревање су веома различити, зависе од намене ваљаонице, а углавном се деле на дубинске, коморне и методичке. У ваљаоницама жице, најчешће се примењују методичке пећи тј. пећи у колима се метал загрева постепено при кретању кроз пећ од места шаржирања до места истискивања. Загревање пећи се врши помоћу генераторског гаса, али се може применити било које гасовито или течено гориво.

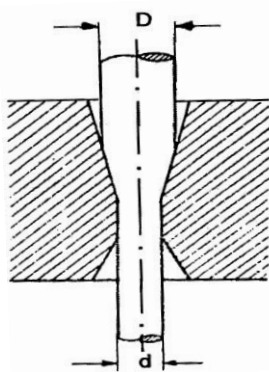
Бакарни блокови загрејани до црвеног усијања, се истискују из пећи помоћу специјалног бочног притискивача на транспортер. Ваљаонице жице имају обично три ваљаоничке линије: предпругу, међупругу и завршну пругу.

На предпрузи се ваља вајербар у кутијастим калибрима и смањује му пресек на приближно са 100x100 mm на 40x40 mm. Даље ваљање на предпрузи, међупрузи и завршној прузи се изводи по систему овал – квадрат, све до завршног кружног профила.

Вруће ваљана жица се не може одмах користити за даљу обраду односно за даље извлачење на тање димензије, јер се на површини жице јавља танак оксидни слој који треба уклонити. Обзиром да се ваљање жице врши на ниској температури, то је овај оксидни слој веома тврд и спојен са металном површином. Посебним технолошким поступком лужењем, овај оксидни слој се одстрањује и ваљана бакарна жица добија поново типично бакарну боју. Лужење представља мокро чишћење оксидисане површине метала.

2.2 Добијање бакарне жице вучењем

Вучена бакарна жица за израду каблова, изолованих проводника и ужади надземних водова добија се из лужене бакарне жице методом извлачења. Извлачењем се искључиво обрађује материјал у хладном стању и врши се на тај начин што се материјал провлачи кроз једну или више матрица, чији је улазни пречник мањи од пречника материјала који се обрађује. Услед овога након проласка кроз задњу матрицу, пресек је знатно смањен, али је зато дужина пропорционално већа. Шематски приказ вучења жице дат је на слици 2.



Извлачењем жице кроз матрице, мењају се како механичке карактеристике материјала, тако и његова кристална структура. Жица постаје тврда, затезна чврстоћа порасте нпр. код бакра и више од 100%, издужење при прекиду се јако смањује са 30% на чак 2% код бакра а проводност опада.

Слика 2 Шематски приказ вучења жице [3]

Извлачење материјала се врши одређеном силом тзв. силом извлачења. Величина ове силе зависи од неколико фактора, од којих су најважнији:

- ❖ Затезна чврстоћа материјала,
- ❖ Облик матрице,
- ❖ Трење при извлачењу,
- ❖ Брзина извлачења и
- ❖ Излазни пресек материјала који се извлачи.

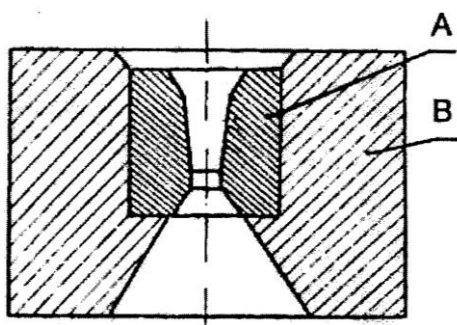
Великим смањењем попречног пресека се јако повећава унутрашње напрезање материјала и уколико оно пређе одређену границу, зависно од врсте материјала долази до кидања истог.

Тачка у којој долази до кидања материјала под дејством напрезања изазваном силом течења је затезна чврстоћа материјала.

Однос између затезне чврстоће материјала и напрезања при течењу је одлучујући фактор, за оцену до које се редукције пресека може ићи за поједини материјал а да не дође до кидања. Да се неки материјал може извлачити он мора бити еластичан и не сме бити крт.

Средства за подмазивање служе истовремено и као средства за хлађење пошто се услед трења и деформације долази до знатног повећања температуре матрице и материјала који се извлачи.

Матрица је алат којим се обрађује дати материјал и извлачи жица потребног пречника, састоји се из два дела језгра матрице (А) и тела матрице (В).



Језгро матрице за извлачење жице до пречника 0,7 mm је обично израђено од синтерованих карбида тврдих метала. Језгро матрице за извлачење жице од 0,7 mm је обично од дијаманта. Приказ дводелне матрице дат је на слици 3.

Слика 3 Шематски приказ дводелне матрице [3]

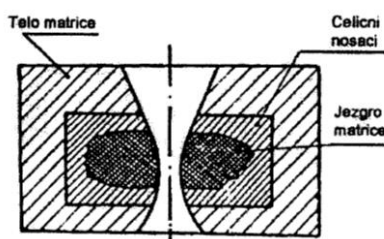
Језгро матрице се састоји од улазног конуса, радног конуса, калибрирајућег цилиндра излазног конуса. Улазни конус олакшава подмазивање матрице као и увођење саме жице у матрицу. Најчешће се ради под углом од 60° .

Радни конус је главни део матрице и у њему се врши деформација повучене жице, односно редукција пресека. Калибрирајући цилиндар матрице служи за дефинитивно калибрисање и давање коначног облика извученој жици. Дужина цилиндра је веома важна величина не само за квалитет извучене жице већ и за сам век трајања матрице. Излазни конус служи да омогући правилно обликовање жице и не дозвољава да се иста, при изласку из матрице оштети. Сви прелази од улазног до излазног конуса морају бити заобљени, не сме бити оштрих ивица. Према намени матрице се могу поделити на матрице за суво извлачење и матрице за мокро извлачење. Конструкција матрице за суво извлачење се разликује од матрице за мокро извлачење.

Причвршћивање језгра матрице за тело матрице се врши лемљењем, заливањем језгра неким течним металом или најчешће тзв. топлим пресовањем. Тело матрице је обично цилиндричног или конусног облика, а израђено је најчешће од месинга или нерђајућег челика.

Дијамантска матрица је много трајнија и постојанија у раду од матрица израђених од легираних челика. За фино и врло фино извлачење се употребљавају дијамантске матрице.

Језгро дијамантске матрице се разликује од језгра „видиа“ матрице и обавезно се ради од природног дијаманта. Изглед дијамантске матрице је приказан на слици 4.



Слика 4 Приказ дијамантске матрице [3]

2.3 Жарење вучене бакарне жице

У кабловској индустрији се за израду каблова и изолованих проводника се по правилу углавном користи мека бакарна жица са обзиром на њене добре електричне и механичке карактеристике. Како је након извлачења бакарна жица мање или више тврда и са slabим електричним карактеристикама, то је потребно ову жицу пре уградње у кабл или изоловани проводник, ожарити. Поступком жарења бакарна жица омекшава, а електричне карактеристике јој се побољшавају. Поред овог финалног жарења у току обраде се врши тзв. међуфазно жарење.

Бакарна жица се може оджарити на два начина:

- ❖ црним поступком и
- ❖ светлим поступком.

Жарење бакарне жице у присуству ваздуха назива се црним жарењем. Жарење бакарне жице без присуства ваздуха, а у атмосфери водене паре или неког неутралног гаса назива се светло жарење.

Жарење се врши најчешће у пролазним или дубинским пећима. Пролазна пећ је хоризонталног типа, сазидана од шамотних опека, греје се помоћу електричне струје и ради континуално. Дубинска пећ за жарење је вертикалног типа, загревање је исто помоћу електричне струје али процес није континуалан.

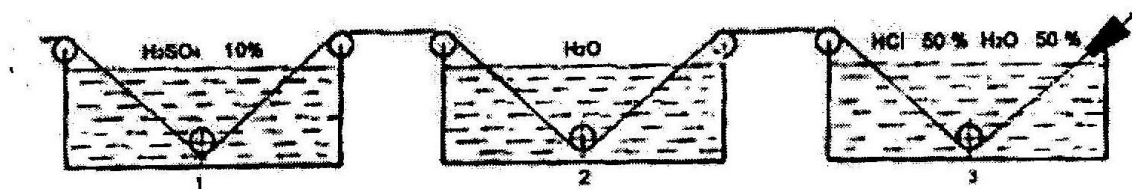
2.4 Поужавање бакарне жице

У овој технолошкој операцији се међусобним поужавањем појединачно изолованих проводника (жица), формира језгро кабла. Овај технолошки поступак врши се машинама за поужавање при чему се у исто време врши попуњавање међупростора између појединих жица, а формирано језгро кабла се обавија са неколико слојева папирних трака одређене дебљине које чине појасну изолацију.

У електричном погледу, међусобним поужавањем жица се повећава електрична отпорност кабла пошто је дужина жице у каблу већа од дужине кабла. Ова појава је у толико јаче изражена уколико је корак поужавања краћи. Основни елементи поужавања су; пречник језгра кабла, корак и смер поужавања, појасна изолација и испуна.

2.5 Калаисање бакарне жице

Посебним технолошким поступком познатим као калаисање постиже се наношење танке и континуалне превлаке по бакарној жици. Овај поступак се користи у циљу заштите бакарне жице од штетних утицаја околине. Некалаисани бакарни проводник у додиру са гуменом мешавином губи своје механичке карактеристике, док гумена мешавина постаје крта. Пре калаисања бакарна жица мора бити добро очишћена. ту се подразумева чишћење од оксидних слојева, масти, уља, прљавштине а све у циљу постизања директног контакта између бакра и калаја. Принцип чишћења дат је на слици 5.



Слика 5 Шематски приказ чишћења бакарне жице [3]

2.6 Електроизолациони материјали и њихово наношење

Изолација каблова се врши између проводника и околине. Материјали су наравно диелектрици, што значи да немају слободне електроне. Међутим како идеални диелектрик не постоји, у сваком пак постоји већи или мањи број електрона, то диелектрици више или мање проводе електричну струју. Ова струја тече како по површини диелектрика, тако и по његовој запремини која је веома мала.

Основна карактеристична појава која се јавља код свих диелектрика изложених електричним пољем је поларизација – ограничено померање везаних електричних оптерећења или орјентација диполних молекула.

Густина диелектрика се дефинише у погледу испуњености материјала. Према густини диелектрици се деле на густе и порозне. порозни диелектрици су проткани многобројним микроскопским ситним и међусобно повезаним шупљинама.

Поред густине битне су и топлотне особине диелектрика; отпорност на топлоту, топлотна проводност, специфична топлота и коефицијент линеарног и запреминског ширења, понашање на минус и плус температуре.

Папир

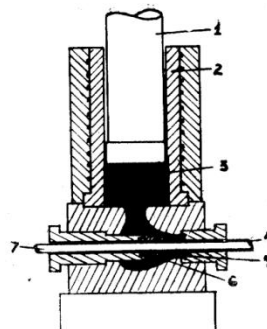
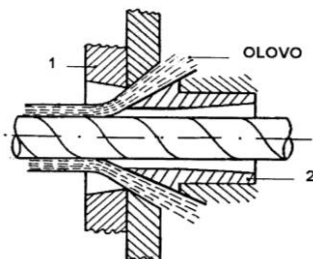
Израђен је из техничке чисте небелјене целулозе без икаквих додатака за испуну, папир је материјал који се много примењује за изоловање разних врста каблова. Кабловски папир је папир са специфичним особинама нужним због особина своје примене, добија се углавном из маниле или из дрвета.

Уља и компаунди

Импрегнирани папир је постао основни диелектрик енергетских каблова скоро од самог почетка њихове производње, јер се импрегнацијом папира не само отклањају извесни његови недостаци већ се у одређеној ситуацији побољшавају његове електроизолационе особине. Импрегнација папира се врши након његовог сушења специјалним компаундима, добијеним умешавањем рафинисаног минералног уља са одређеном количином колофонијума или неког другог одговарајућег средства. Избором правилног компаунда утиче се на повећање века кабла.

Пооловљавање

Пооловљавање је технолошка операција у којој изнад језгра кабла а ради заштите изолације од продирања влаге и ваздуха, наноси се бешавни оловни плашт (омотач).



Слика 6 Принцип наношења оловног плашта Слика 7 Шема оловне пресе [3]

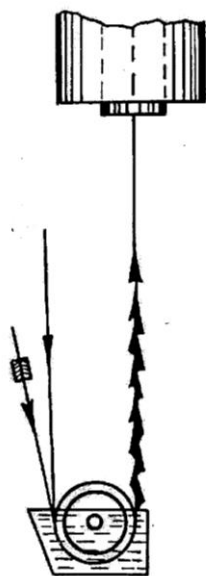
Пооловљавању се мора обратити посебна пажња јер од квалитета оловног плашта зависи његова отпорност на разне сметње, његова сигурност и дуготрајност у раду. Принцип наношења оловног плашта дат је на слици 6, а општа шема оловне пресе са позицијама дата је на слици 7.

1 – клип, 2 – цилиндар, 3 – олово, 4 – оловни плашт, 5 – матрица, 6 – трн,
7 – кабл

2.7 Остали материјали у изолацији

Лакирање представља наношење слоја лака у виду филма који служи као изолатор. Наношење одређеног слоја течног лака се врши на неколико начина: методом умакања, методом са филцевима, методом са фитиљем и методом са дизама.

Метода умакања се у савременој производњи лак жице се све мање користи јер је потискују остале методе. Суштина процеса се састоји у томе што се у купатила потопе метални котурови по којима се води метални проводник који се лакира. Метода умакања се највише користи код вертикално постављених машина за лакирање округлих металних жица. Недостатак ове методе јесте губитак велике количине лака у току лакирања.



Метода са филцевима је једна од метода која се примењује у раду са вискозним лаковима, пошто они обавезно захтевају уређај који би изравнао и дао одређену дебљину слоју лака. Сам принцип наношења лака се огледа у томе да се након наношења лака, жица провлачи између два филцана дела који скидају вишак лака.

Метода са фитиљем се користи за лакирање жице пречника од 0,03 до 0,41 mm. До подизања лака у фитиљу се долази путем капиларности због постојања површинског напона саме течности. При раду овом методом потребно је да лак има одређени постојани вискозитет, да је апсолутно чист и да је температура у просторији константна.

Слика 8 Шематски приказ лакирања жице на вертикалним машинама [3]

Метода са дизама настаје као потребна алтернатива, пошто при раду са већим димензијама жице метода са филцом показује више недостатака. Дизне се израђују у више различитих облика, али се највише срећу дизне у виду кућице и катедрале. Производња профилне лак жице израђује се обавезно на вертикалним машинама. Ради илустрације принципа лакирања на слици 8, дат је шематски приказ поступка лакирања.

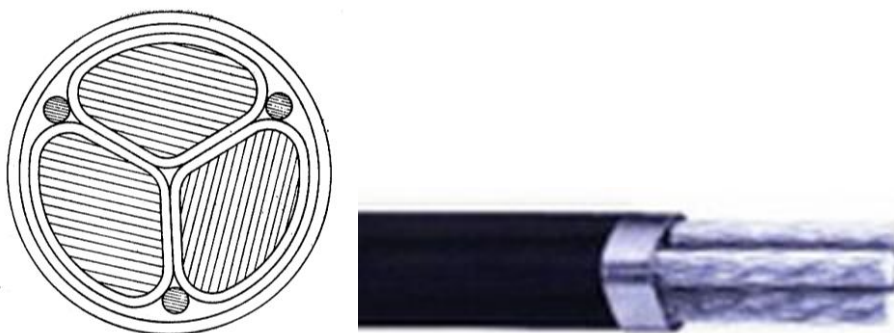
Поред наведених материјала у кабловској индустрији могу се срести и материјали типа: памук, природна свила, вештачка свила, лакирано платно и др.

2.8 Врсте каблова и проводника

Облици проводника

Метални проводни део у каблу или изолованом проводнику се израђује се од бакра или алуминијума и може бити једножични или вишежични, округлог или секторског пресека. Једножични проводник се састоји од једне жице округлог или профилног пресека. Вишежични проводник се састоји из више међусобно поужених жица. Конструкција и облик проводника по појединим областима кабловске технике зависи од постављених механичких и електричних захтева које треба да поседују такви производи. Да би се добили вишежични проводници користи се тзв. поужавање жице. На тај начин се уже састоји из једног или више слојева жице, обавезно истог пречника, постављеног концентрично око центра који може бити формиран од једног до пет жица.

Енергетски каблови који служе за пренос напона до 10 kV, а изузетно и до 15 kV, могу имати проводнике израђене у виду сектора, приказани су на слици 10.



Слика 10 Шематски приказ пресека секторског кабла [3]

Овај облик проводника дозвољава добијање кабла мањег пречника него што је пречник истог кабла израђеног од проводника кружног попречног пресека. На овај начин се значајно смањује утрошак материјала, посебно олова и алуминијума, за плаштиве и заштитне слојеве и арматуре.

Оптички каблови

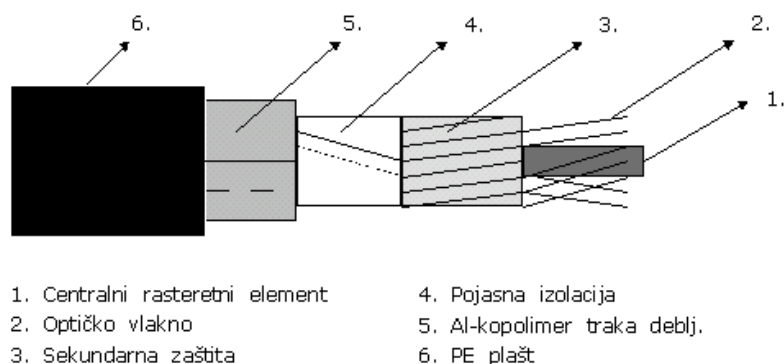
Као преносни медијум у широкопојасним телекомуникационим системима неоспорно је оптичко влакно поред бакарног проводника. Пренос који влакно обезбеђује може бити од 8 до 140 Mbps.

Основни елемент овог телекомуникационог система је оптичко вишемодно влакно са континуалним индексом преламања и са задовољавајућим вредностима слабљења. Међутим влакна су ограничена за практичну примену, све док се не заштите тако да руковање и монтажа буде без нарушавања оптичких и механичких карактеристика.

Поред обавезне примарне заштите за сада постоје два функционално добра, међусобно различита поступка секундарне заштите влакана:

- ❖ Чврста (tight) и
- ❖ Слободна (loose).

Код конструкције каблова постоји широк избор решења обзиром на механичке захтеве и утицај средине. Заштита оптичких каблова пластичним масама је врло слична класичном облагању проводника екструдирањем, тако да се може користити постојећа опрема. Шема оптичког кабла дата је на слици 11.



Слика 11 Шематски приказ оптичког кабла [3]

Влакна са примарном заштитом не могу да буду по правилу поужена у кабл без предходне заштите. Влакно треба заштитити од оштећења његове површине, од микро савијања и од издужења.

Примарна заштита је од силиконске гуме или од веома меког ултра одзраченог акрилата радијалне дебљине од 0,1 до 0,2 mm. Преко овог слоја поставља се секундарни слој од полиестера, полиамида или полиетилена.

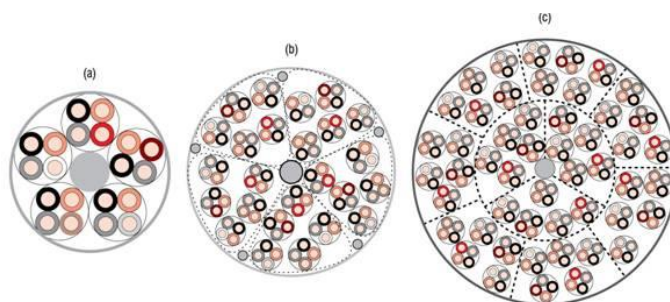
Чврста секундарна изолација не пружа довољну заштиту влакана тако да чак и мала оптерећења могу да изазову додатна слабљења. Производни проблеми се односе на остваривање посебне прецизности екструзионог алата да се не би скидала примарна изолација у поступку екструдирања. Брзина екструдирања је ограничена на 20 m/min. Ипак, предност конструкције се огледа једино код каблова са једним влакном (када нема поужавања), где због малог пречника кабла не долази до повлачења влакна на крајевима кабла.

Слободна секундарна изолација је много боља од чврсте. Производња слободне изолације је много копликованија од чврсте изолације.

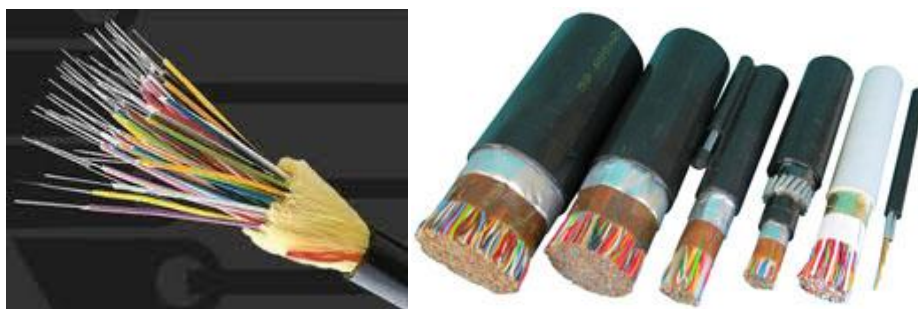
Савремена влакна и у овом случају имају изолацију од PU – акрилата, дебљине око 0,06 мм која се облаже масом за пуњење у облику пасте довољне густине да се не би отопила, такође се наноси екструдирањем.

Глава за екстудирање у овом поступку мора бити снабдевана доводом компримованог ваздуха између влакна и пластичне масе тако да се образује одређени зазор. овај поступак је сличан као и код облагања бакарних каблова само су конструкције дорна и матрице различите јер не сме доћи до скидања примарне изолације.

Овако заштићена влакна се поужавају у кабл. Начини поужавања су различити у зависности од секундарне изолације. Ово поужавање је слично као и код бакарног проводника, само што се поужавање врши око растеретног елемента. Начини поужавања су приказани на слици 12, као и изглед поуженог оптичког кабла приказан је на слици 13.



Слика 12 Пример поужавања оптичког кабла [3]



Слика 13 Изглед поуженог оптичког кабла [3]

3 ВРСТЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ МАСА КОЈЕ СЕ КОРИСТЕ ПРИ ЕКСТРУДИРАЊУ КАБЛОВА И ПРОВОДНИКА

Услови прераде

Услове прераде једне одређене термопластичне масе не зависе само од врсте и начина израде тог материјала, већ такође и од конструкције и величине машине, нарочито од конструкције пужа. Поред овог велику улогу игра и облик екструдираног производа.

3.1 Екструдирање меког PVC-а

Мешавина PVC-а са омекшивачима (нпр. 15 – 30% диоктилфталата), стабилизаторима, омекшивачима, подмазивачима, бојама, пуниоцима итд чине главну групу пластичних маса које се могу екструдирати. Полазни материјал за прераду на екструдерима је или сува мешавина (*Dry blend*), преджелинирана зрнаста маса или желинирани гранулат. Мешавине направљене од емулзивног PVC-а као основног материјала су склоне упијању влаге па их је стога потребно сушити пре прераде око један час на 90°C. Температура масе при изласку из матрице не треба у нормалном случају да прелази 180°C. Кратковремено предгевање није критично и обично настаје при великим брзинама окретања пужа. Такође загревањем матрице на 180 - 200°C, постиже се одличан сјај површине.

Најпогодније радне температуре за неку одређену врсту PVC-а ће зависити од употребљене машине или од пречника проводника или кабла. На пример, једна мешавина се може успешно користити за један пречник проводника применом температуре од 135°C код хранилице и 185°C код матрице. Иста та мешавина ће захтевати и температуре веће и за 200°C за проводнике већих димензија или ако би се екструдирање изводило на неком другом екструдеру. Мекше врсте PVC-а захтевају ниже температуре.

Хлађење пужа водом није увек потребно али код већине екструдера обезбеђује боље умешавање и хомогенизацију PVC масе. Сувишно хлађење пужа није повољно јер оно озбиљно умањује капацитет екструзионе машине. Када се почиње са радом треба употребити врло мало воде за хлађење или нимало.

Чест проблем при екструдирању нарочито проводника са танком изолацијом је постојање механичких напона у изолацији који могу довести до озбиљних слабљења физичких особина нпр. прекидних издужења, савитљивости при ниским температурама и термичког удара.

Ови напони могу бити последица ниских температура главе и матрице, сувишног смањења пречника изолације у односу на пречник матрице или наглог хлађења PVC масе када долази у контакта са хладном бакарном жицом. Грејањем проводника до 130°C пре уласка у главу екструдера знатно се смањују ови утицаји.

Складиштење PVC масе на сувом је од велике важности јер влажне мешавине изазивају шупљикавост изолације. Подесним паковањем се само смањује брзина упијања влаге али се она никако не спречава, те се складиштење PVC масе препоручује у загрејаним просторијама. Опасност од влаге постоји и код непосредног отварања врећа са PVC масом, донетим из хладнијих просторија (долази до знојења масе), па се препоручује да се пре отварања вреће држе да одстоје у радним просторијама најмање 24 часа. Овлажене PVC масе треба сушити грејањем у топлој комори са циркулацијом ваздуха при температури од 60 - 80°C.

Појава грудвица на површини изолације показује да мешање у екструдеру није довољно, ово мешање се може побољшати применом већег броја сита, продужењем паралеле у матрици или коректним хлађењем пужа водом.

Неповољно температурно окружење утиче неповољно на површину екструдата. Тако нпр. високе температуре цилиндра екструдера могу проузроковати таласасту површину услед већег утицаја пулзације пужа. Ако су сувише ниске температуре матрице није могуће постићи високи сјај површине изолације, нити велику прозрачност код прозрачних (транспарентних) PVC маса.

За екструдирање жица мањих пречника пракса је показала да отвор матрице треба да буде нешто већи а да се повећањем извлаке дотера изолација на одређени пречник. Пошто PVC масе при изласку из матрице има тенденцију бубрења за 20 – 25% од димензија пресека, онда се матрице праве са нешто мањим отвором за проводнике и каблове већег пресека.

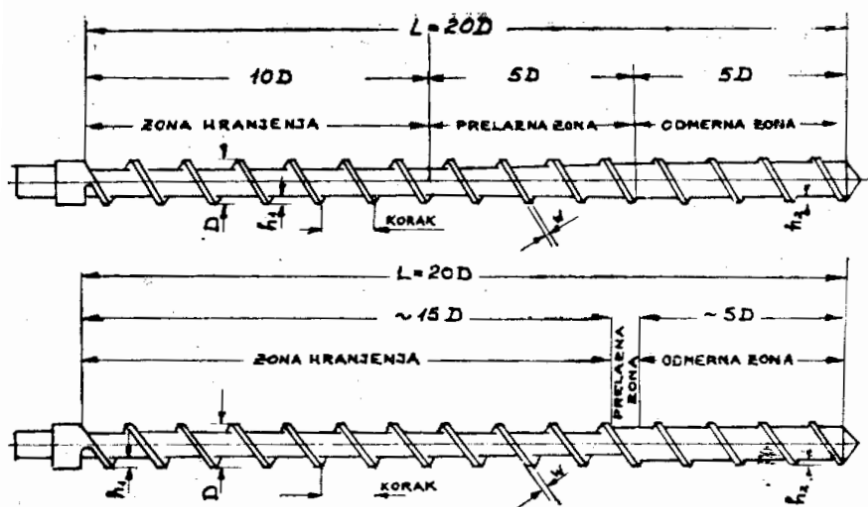
3.2 Екструдирање полиетилена РЕТ – а

Код изоловања полиетиленом важна је тачка регулације температуре, а нарочито је важна аутоматска регулација која може сачувати знатне количине материјала обезбеђујући тачније одржавања димензија.

Конструкција пужа има велики улогу у обезбеђивању што идеалнијих услова екструдирања. Пуж приказан на слици 14, се сматра погодним за екструдирање полиетилена.

Број и финоћа сита (жичаних филтера) која се стављају на плочу за цеђење зависи од ефикасности умешавања употребљеног пужа. Избор одговарајућег пужа зависи од погодног односа дужине према пречнику и прилично високог компресионог односа, потребно је применити једно до највише два сита,

финоће нпр. од 900 рупица на 1cm^2 . Међутим када се употребљавају краћи пужеви, са дубоким жлебом и уским компресионим односом, треба додати и сито финоће 1600 cm^2 поред горња два грубља сита.



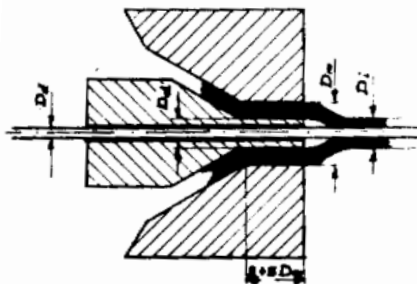
Слика 15 Конструкција пужа за екструдирање полиетилена [3]

Оваквом комбинацијом сита се повећава степен хомогенизације материјала који се екструдира. Код пужева чија је дужина краћа од 15 пречника треба ставити још једно сито финоће 1600 рупа на 1 cm^2 . Сита треба тако поређати да најгрубље буде наслоњено на саму плочу. Процес хомогенизације се повећава хлађењем пужа водом.

Температуре загревања полиетилена варирају према величини кабла и брзини екструдирања. Проводници са дебљом изолацијом који се екструдирају мањим брзинама захтевају ниже температуре, док се жиле за телефонске каблове са танком изолацијом, које се екструдирају великим брзинама од неколико стотина метара у минути захтевају више температуре. Такође полиетилени са мањим индексом топљења захтева више температуре. Полиетилен је стабилан у широком температурном подручју и може се екструдирати при температурама од 150°C до 300°C .

За полиетилен се примењују оба начина екструдирања: на цев и са притиском.

Појам „кофицијента извлачења“ се често користи у вези са матрицама за изоловање на цев. Он представља однос попречне површине кроз коју се екструдира маса према попречној површини изолације приказан је на слици 15.



Слика 15 Однос попречне површине жице према попречној површини изоације [3]

Пожељно је да овај коефицијент извлачења не буде већи од 1,5 јер у супротном долази до површинске хрпавости и лоших физичких особина готове облоге. Ова врста матрице се користи за израду плашта. Матрица за екструдирање под притиском се користи за исоловање проводника. Унутрашња површина матрице и спољна површина дорна треба да буду полиране до сјаја огледала. Толеранција између жице и отвора врха дорна треба да је што мањи, да би се спречило продирање истопљеног полиетилена у дорн. Пречник матрице треба да буде једнак жељеном пречнику исолованог проводника. Потребно је да улазни угао у матрицу буде што мањи и да матрица буде што дужа да би се спречило да растоп пређе критичну брзину смицања, при којој долази до турбулентног кретања. На слици 16, приказан утицај конструкције матрице на течење и разарање екструдата.

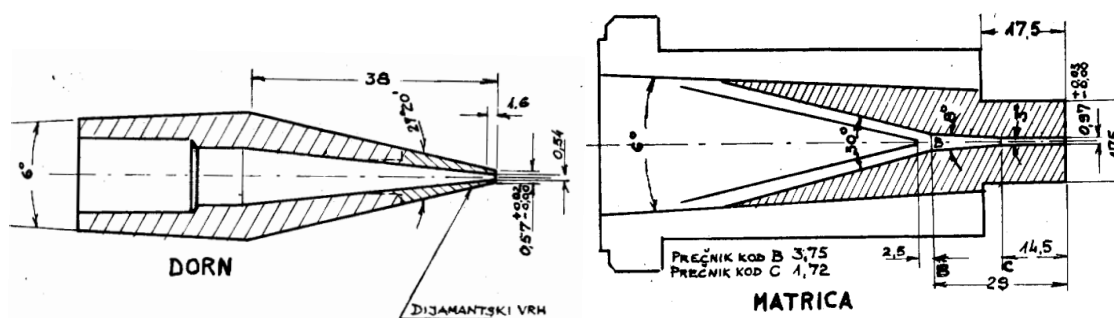


Слика 16 Утицај конструкције матрице на течење и разарање екструдата [3]

а) мала брзина екструдирања, в) изнад критичне брзине с) изнад критичне брзине конични улаз

Квалитет екструдата се знатно побољшава уколико се улазни угао смањује. Идеални улаз у матрицу треба да је конусног типа са бесконачно малим углом, али због практичних разлога потребан је компромис.

На слици 17, приказана је конструкција матрице и дорна који се користе за исоловање проводника $\varnothing 0,5$ mm полиетиленом дебљине 0,2 до 0,25 mm, при брзинама од 1350 m/min.



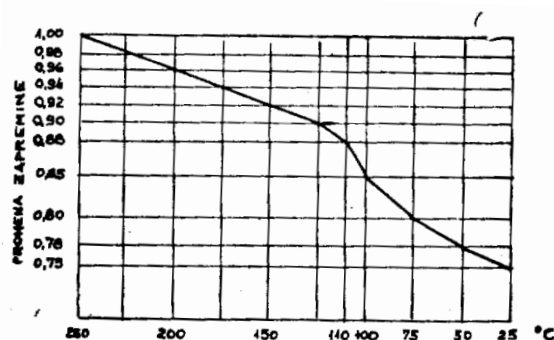
Слика 17 Конструкција матрице и дорна за екструдирање полиетиленом [3]

На квалитет такође утиче и температура екструдата. За полимере са индексом топљења од 0,1 до 0,3 препоручују се температуре од 275°C до 325°C, а за полимере са индексом топљења 2 препоручују се температуре од 250°C до 275°C. Поред температуре велики утицај има и ефикасност мешања у екструдеру. За изоловање високим брзинама препоручује се стављање на плочу за цеђење пакета челичних сита од 60/100/200/60 рупица по инчу (приближно 24/40/80/24 по центиметру дужине). Придржавање ових услова даје одличне резултате. Предгревање жице је пожељно из два разлога. Прво загревање голе жице обезбеђује боље припајање изолације и друго предгревањем се уклања евентуална влага која може да проузрокује стварање мехурића и шупљина у изолацији. Такође предгревањем жице изнад 75°C повећава се затезна чврстоћа.

Пре него што се изоловани проводник намота на бубањ треба га охладити. Хлађење се врши пролажењем изолованог проводника кроз корито напуњено водом за хлађење. Корито се налази иза укрсне главе екструдера са предњим крајем уз саму матрицу. Хлађење треба вршити постепено да би се спречило образовање шупљина у изолацији као и између проводника и изолације. Ове шупљине настају при брзом хлађењу полиетилена услед чега долази до наглог неконтролисаног скупљања. Пролажењем кроз хладну воду спољни део изолације се брзо стегне и стврдне. За време хлађења унутрашњег дела скупљање материјала се врши у правцу спољашње отворене површине и стога се стварају шупљине дуж целог проводника и унутар саме изолације.

Ово се може јасније разумети испитивањем криве на којој је показана зависност запремине од температуре слика 18.

Посматрањем криве се види да се запремина полиетилена густине 0,92 смањује линеарно са променом температуре све дотле док се не достигне температура од 110°C. До највеће запреминске промене долази између 100°C и 110°C. Међутим запремина се знатно мења све до температуре од 75°C. Иза ове тачке промена постаје опет више линеарна. Из овога се види да је контролисано хлађење веома важно у температурном интервалу од 110°C до 75°C. Прелазна температура на којој долази до промене из вискозне течности у чврсто стање је око 105°C.



Слика 18 Крива зависности запремине од температуре [3]

Експериментисања са контролом овог скупљања су довеле до технике степенастог хлађења. Експериментално је утврђено да проласком изолације кроз дугачка корита, одржавана на температурама од око 85°C 70 мин и 60°C са вучним уређајем у хладној води може довољно успешно елиминисати стварање шупљина. Контролисано хлађење не служи само за отклањање шупљина већ и за постизање кристално аморфне комбинације састава полиетилена, а који има резултат постизања оптималних диелектричних особина, нарочито у погледу диелектричне тврдоће.

Променљивост брзине истицања из екструдера из било ког разлога, ће утицати на појаву промене димензија екструдованог производа. Оне могу бити веће или мање периодичне по времену и величини, или могу настајати у нередовним интервалима у зависности од узрока. Један од основних узрока периодичних варијација брзине истицања стоји у директној вези са периодичним радом грејача цилиндра. Ове варијације брзине истицања могу износити и до $\pm 2,5\%$, уколико се обезбеди да време грејања грејача износи што дуже времена у односу на период између два укључивања грејача. Ово се може обезбедити одвођењем вишка топлоте грејача или употребом пропорционарајућих температурних регулатора.

Други узрок варијације капацитета, а тиме и пречника проводника, произилази из конструкције пужа и услова рада. Пужеви са одмерним делом који имају мању дубину жлеба на излазном крају обезбеђују константну брзину истицања.

Трећи узрок промене брзине истицања су пулсирања условљена окретањем пужа. Овај узрок се може отклонити повећањем притиска у глави (употребом већег броја сита, или алата са већим отпором) или употребом пужа са плићим жлебом.

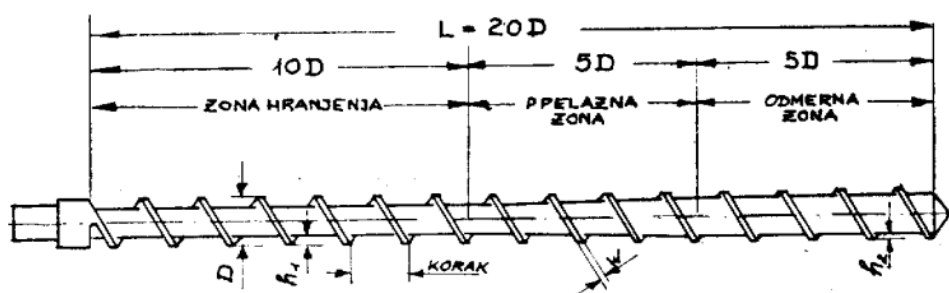
3.3 Екструдирање најлона

Све врсте најлон пластичних маса су хидроскопне а количина апсорбоване влаге зависи од врсте пластичне масе и од релативне влажности просторије у којој се налази. Најлони садрже у стању испоруке мање од 0,25% влаге. Амбалажу у којој је спакован (лимене кутије) не треба отворати пре употребе, а оне које су држане у хладним просторијама, треба оставити у радионицама или погонима да би достигле температуру околине пре него што се отворе. Овај поступак спречава кондензацију влаге по површини гранулата. Ако садржина кутије не може да се утроши за време од око једног часа због мале брзине екструдирања или због прекида рада материјал треба вратити у кутију а кутија треба да буде добро заптивена или пребачена у топле суве посуде. Ако је најлон изложен дуже времена влажној атмосфери потребно га је сушити у вакум сушионици на температури од 95°C од око четири часа.

Руковање најлон пластичним масама се може сумирати простим чињеницом: најлон треба да буде довољно сув (да има мање од 0,3% влаге) да би се постигло добро екструдирање. Капацитет екструдирања за најлонске плаштеве је обично довољно низак тако да треба отворати и сипати садржину само једне кутије у кош хранилицу екструдера, па тек кад се она утроши онда треба отворити другу кутију. Потпуним пуњењем коша може се смањити напор оператора, али се истовремено може уништити труд произвођача да сачува најлон од влаге. Поклопац на кошу спречава приступ нечистоће и влаге из атмосфере.

Жица пре екструдирања најлонским плаштом треба да је сува и чиста. Ово понекад захтева премотавање влажних жица, складиштење у топлим просторијама и прекривање папиром бубњева који чекају на стављање плашта.

Најпогодније конструкције пужа за екструдирање најлона приказане су на слици 19.



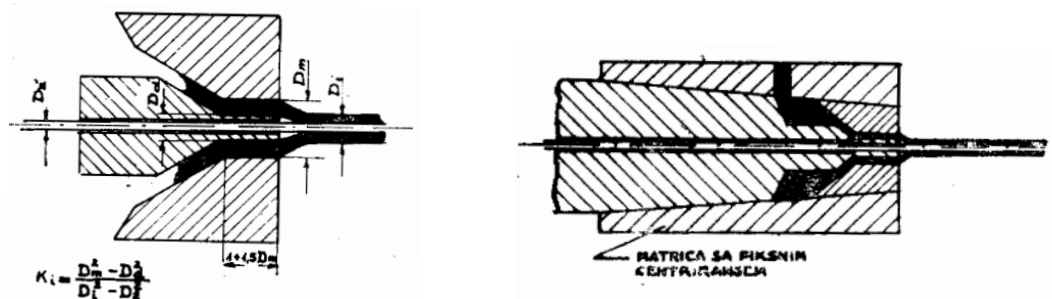
Слика 19 Конструкција пужа за екструдирање најлона [3]

Најбоље температуре растопла пластичних маса на бази најлона приликом екструдирања треба да су у опсегу од 250°C до 260°C . Ако је потребно овај опсег се може проширити од 240°C до 280°C . Понекад велика машина или укрсна глава условљава дуже време док маса не пође па је боље да

температура буде на доњој граници. С друге стране, температура близу горње границе омогућује већи капацитет и брзину екструдирања на врло малој машини. Ова флексибилност у раду омогућује да се преброде ограничења уређаја.

Температуре растопа најлона су прилично блиске температурама грејача цилиндра, јер је топлота која се ствара механичким радом занемарљиво мала. Обично се сви грејачи могу поставити на исти температурни ниво. Укрсне главе са што мањом запремином и плитким каналима су најповољније. Овакве главе такође имају мању масу метала и могу се лакше загрејати до константне температуре.

За екструдирање најлон – плашта се нормално користи матрица са кратким паралелним делом. Типична конструкција матрице за екструдирање најлона приказана је на слици 20. Тачно центрирање је најважнији моменат јер обезбеђује подједнаку расподелу напона у плашту приликом савијања. Попречни пресек отвора матрице, врха дорна и проводника дефинише однос извлачења. Низак однос је најсигурнији у случајевима код којих може да дође до замрзавања масе пре него што се заврши извлачење. Опасност од замрзавања постоји при ниским температурама растопа и када је дорн релативно хладан. Уколико приликом екструдирања дође до прекида рада услед квара машине или нестанка струје, треба пуж одмах извадити из екструдера, извадити дорн и матрицу и почети детаљно чишћење свих делова.



Слика 20 Матрица за екструдирање најлона [3]

Хлађење најлонског плашта је ретко проблем, због мале масе и мале дебљине плашта. Међутим, најлонски плашт треба да буде потпуно охлађен пре него што се намота на бубањ, јер у супротном кабл може да задржи кружни облик бубња на ком се намотава. Ваздушни простор од 100 mm до 200 mm између матрице и корита за хлађење дужине од 6 – 10 m, са водом температуре просторије, омогућује добро хлађење плашта, чак и при великим брзинама екструдирања. Финалне особине најлонског плашта су функција квалитета полимера и (у већем степену) технике екструдирања.

3.4 Екструдирање експандованог (целуларног) полиетилена

Комбиновањем полиетилена који има диелектричну константу 2,3 са агенсом за надувавање, који ствара инертан гас са диелектричном константом од око 1,0 добија се мешавина која има диелектричну константу између поменутих двеју вредности. Агенс за надувавање је топлотно осетљива хемикалија која ослобађа гас на одређеној температури. Екструдери који имају однос дужине пужа према пречнику већ од 12 према 1 су подеснији за екструдирање од екструдера са мањим односом. Да се одреде оптимални услови рада за одређени екструдер препоручује се да температура цилиндра буде 150°C а главе 120°C и мери се густина производа при одређеној брзини екструдирања. затим треба подизати температуру цилиндра и главе по 10°C све док се не добије производ густине 0,47. Радне температуре веће од потребних даће мање једнолику величину мехурића и храпавију површину и повећаће тешкоће при циклусу хлађења. Да би се осигурао притисак цилиндра да спречи превремену експанзију гаса, потребно је ставити пакет сита од 20/66/100/100 меша (рупа по дужном инчу). Притисак у глави и матрици се одржава са нижим температурама и продужним паралелним делом матрице. Превремена експанзија се опажа коврцањем масе на излазу из матрице и храпавом површином екструдата. Ако су екструзиони услови повољни, изолација треба да почне на даљини од 15 – 20 cm од матрице.

Температуру пужа треба одржавати на приближно 100°C (излазна температура воде око 45°C). Ниже температуре имају за последицу неједнако грејање, док више температуре изазивају лепљење масе за пуж и смањење капацитета истискивања. Компресиони однос пужа треба да буде 3:1.

Да би се осигурала глатка површина изолације треба жицу предгејати на 100°C до 125°C. Ниже температуре дају грудваст производ док више температуре изазивају неправилно хлађење и спљоштавање изолације.

Хлађење готовог производа је често прилично тешко. За танкозиде изолације хлађење хладном водом је могуће. За дебље изолације се препоручује да простор између матрице и корита буду што већи. Ако се екструдат урони у воду брзо може доћи до спљоштавања изолације. Такође је пожељно да у купатилу вода буде загрејана на око 60°C.

За изоловање телефонских и телевизијских каблова се у последње време поред експандованог полиетилена користи се и експандовани полипропилен. Начин екструдирања и проблеми који при томе настају углавном су исти, изузев што се екструдирање обавља на температури од 190°C до 200°C.

3.5 Означавање

Означавање каблова у даљем тексту „маркирање“ као технолошка операција има разноврсну намену и примену. Пример маркираног кабла приказан је на слици 22. Као прво, операција маркирања се користи за стављање ознаке производа, произвођача и године производње на саму површину изолације или плашта од гуме или термопластичних маса, ово означавање може да се постигне:

- ❖ утискивањем и
- ❖ штампањем бојом.

Утискивање – Овај поступак рељефног означавања примењује се и код термопластичних маса и код гуме.

Код термопластичних маса разликујемо утискивање на топло и утискивање на хладно. Рељефно означавање на топло обавља се помоћу апарата за маркирање. Ознака може бити испупчена или издубљена у зависности од тога шта се тражи. Радна површина диска може бити равна или олучаста. Равна површина се примењује код маркирања равних облога као што је случај код пласнатих проводника. Такође се дискови са равним површинама могу користити код облога већег пречника. Маркирање са олучастим дисковима примењује се код облога кружног пресека мањег пречника

Најбољи резултати се постижу када је апарат за маркирање удаљен од главе екструдера око 500 – 600 mm. Брзине маркирања су практично неограничене што није случај код маркирања бојом.

Дискови су јефтинији, трајнији рад са њима је лакши. Ова врста маркирања се примењује само када се не тражи искључиво маркирање бојом.

Маркирање се може обавити и на хладној облози али са загрејаним диском, јер иначе долази до еластичних деформација те се ознака брзо губи. Међутим загревањем диска неким пламеном деформације остају трајне и не губе се.

Рељефно маркирање гумених облога, могуће је само на невулканизованој изолацији или плашту. Данас се највише користи маркирање помоћу оловне траке на којој је предходно утиснута ознака. Оловна трака се постави између гуменог и оловног плашта у процесу израде истог у циљу вулканизације под оловним плаштом. Након вулканизације остаје трајна ознака на плашту од гуме.

Може се користити принцип рељефног утискивања и на континуалној вулканизацији. Одмах иза главе невулканизовани гумени плашт добија рељефну ознаку која се добро задржава и након вулканизације.



Слика 21 Уређај са дисковима за означавање - маркирање кабла [5]

Маркирање бојом – је прилично сложено и захтева доста пажње у раду. Главни део апарата за маркирање је сам диск и скидач вишка боје слика 21. Диск за маркирање је цилиндричног облика и пречника 100 mm и ширине до 30 mm. Гравирање самог диска обавља се фотогравуром са растером 60, тј 60 рупица по cm. У ове рупице се задржава боја коју брисач не скида те се у додиру са каблом наноси на његову површину.



Слика 22 Пример маркираног кабла [5]

Радна површина диска је фино полирана а затим хромирана, како би се спречило брзо хабање површине. Сам брусач је од тефлонске плоче или танког челичног лима. Са овим апаратом се постижу мање радне брзине код маркирања изолованих жица и то обично 150 m/min.

Код каблова већег пресека диск се брзо загреје, па боја пре испари него што дође у додир са каблом, па се боја у апарату мора хладити.

И ово маркирање се може обављати на топло и на хладно. Топли поступак је бољи јер даје трајнију ознаку, али код гуме се маркирање може обавити само хладним поступком па је потребно остварити одређени притисак диска на кабл.

Спирално маркирање се данас примењује за маркирање проводника и жила код телефонских каблова, захваљујући данашњим машинама ова операција се обавља лако и брзо.

Најважнији део машине је сама глава за маркирање која има два пера која ротирају заједно са главом. Пера се снабдевају бојом континуално из резервоара у коме се притисак ваздуха може подешавати.

Прстенасто маркирање је данас нашло највећу примену у кабловској индустрији, користи два диска који стоје један према другом као два зупчаника а између њих пролази проводник који треба маркирати. Један диск даје једну половину прстена, а други диск другу половину. посебан систем за подешавање међусобног положаја омогућују квалитетан рад. Зуби диска премазују се бојом помоћу посебних четкица до којих се боја доводи под притиском као код спиралног маркирања.

Након маркирања неопходно је сушење топлим ваздухом, како се ознака не би оштетила или избрисала, услед додира са водећим точковима.

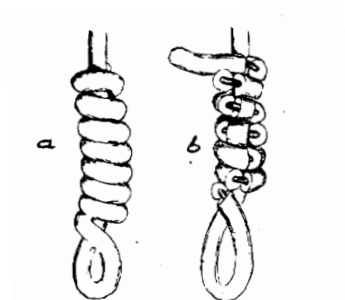
Данас се примењује више врста боја за маркирање, зависно од тога дали се ради о спиралном, прстенастом или обичном маркирању ознаке, или да ли је у питању маркирање гуме или PVC- а.

3.6 Предгревање жице

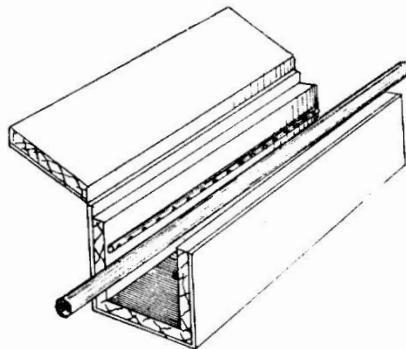
Познато је да у извесној мери могу постојати механички напони у слоју пластичне масе нанешеном на жицу приликом екструдирања. Ова појава се нарочито испољава код PVC-а. Такви напони могу настати на више начина тј. екструдирањем материјала сувише ниске температуре, постојањем неуједначених температура које узрокују вртложење мешавине код матрице, великим смањењем екструдованог пречника применом веће извлаке или применом великог притиска за екструдовање. Применом хладног проводника ови механички напони ће бити присутни у извесном степену чак и ако су температуре термопластичних маса и осталих услова буду оптимални.

Иако је у већини случајева производ добар, могу наступити моменти када се траже још боље особине да би се задовољиле нарочите потребе. Грејањем жице пре екстудирања и екстудирањем изолације преко ње још док је у топлотном стању, битно се побољшавају особине изолације, а што се да запазити испитивањем топлотног удара скупљању изолације на вишим температурама и савијањем на ниским температурама. Као илустрација овог, два узорка приказана на слици 23 подвргнута су испитивању топлотног удара у трајању од једног часа на температури од 160°C. оба узорка су била екстудирани при истим условима Жица код узорка а) била је загревана на температури од 160°C за време екстудирања, а жица код узорка б) била је собне температуре. Резултати јасно показују да су постојали напони у изолацији узорка б), где су они изазвали пркање изолације. Слична слика се добија испитивањем савитљивости изолације на ниским температурама.

Изолација на проводнику који загрејан на температури од 160°C за време екструдирања неће прскати приликом савијања нпр. на 25°C док ће прскати код проводника који није загрејан.



Слика 23 Узорци испитани на топлотни удар [3]



Слика 24 Приказ гасне пећи [3]

Из свега реченог проистиче да предходно грејање жице до температура блиских температурама екструдирања веома повољно утиче на квалитет изолације. Ово грејање се може вршити на више начина.

- ❖ проласком жице кроз гасну пећ,
- ❖ проласком жице кроз електричну пећ и
- ❖ провођењем електричне струје кроз проводник.

Конструкција гасне пећи зависи од пречника и брзине жице која се изолује. Овај метод је неповољан за жицу која је калаисана због опасности топљења калаја, а за некалаисану од могућности појаве оксидације жице. Шематски приказ гасне пећи приказан је на слици 24.

Грејање жице у електричној пећи није најбољи метод због великих губитака топлоте услед зрачења.

Грејање жице пропуштањем електричне струје кроз жицу врло је повољан метод, јер се подешавање грејања врло лако врши. Брзине од преко 300 m/min , при температури од 150°C могу се лако постићи са жицама пречника 1 mm и мањег. Постоји могућност постизања већих брзина.

3.7 Мерење дебљине изолације и плашта

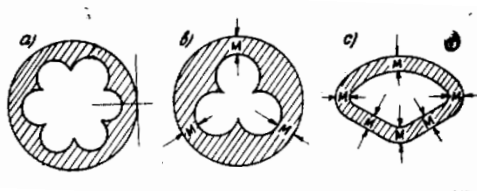
Мерење дебљине изолације, плашта и заштитних облога обавља се по правилу мерним микрометром (класични и дигитални) који су приказани на слици 25, или мерном лупом са најмање седмоструким линеарним повећањем и могућношћу читавања са $1/100\text{ mm}$.



Слика 25 Микрометри за мерење дебљине изоације [3]

Припрема за мерење је следећа:

Са оба краја изолованог проводника или кабла на удаљењу од 50 cm од краја се исече по један комад дужине око 15 cm и ослободи евентуалних плаштева а изоација се свуче са проводника без оштећења исто се поступа и са плаштом. Ако су два плашта спољни се одваја од унутрашњег. Од овако припремљених комада оштрим ножем (ножићем за бријање) равно и управно на пресу се одсече по један колут (прстен). Припремљени узорак се постави на микроскоп или лупу тако да површина његовог пресека буде управна на оптичку осу микрометра. Мерење се почиње на најтањем месту изоације или плашта и врши се на на шест места распоређена једна од другог на растојању од око 60°. Код изоације и плашта код којих због конструкције проводника постоје танка и дебља места слика 26 а) дебљина зида се мери на најтањим местима (до шест мерење распоређених по обиму).



Слика 26 Карактеристична места за мерење дебљине изоације [3]

а) – вишежични проводник, б) – трожилни проводник, с) - секторски проводник

Код изоације секторског проводника увек се врше шест мерења слика 26 с).

Код дебљина зида сматра се средња вредност прописаних мерења на оба испитна комада.

Проверавајући геометријске карактеристике каблова сусрећемо се са појмовима номиналне, минималне, максималне и средње вредности.

Номинална вредност је теоријска, рачуном одређена вредност дебљине изолације или плашта или вредности пречника кабла. Ово је прописана вредност којој се тежи током производње, али се у пракси од ње увек одступа на једну или другу страну из разлога техничке немогућности и несавршености машина за израду каблова.

Минимална вредност – Напред смо рекли да се од номиналне вредности увек одступа на једну или другу страну. Та одступања могу да буду опасна ако се вредност дебљине изолације или плашта одвише смањи на једном месту. Због тога сви прописи дају доњу границу дебљине изолације или плашта, или пак доњу границу пречника кабла. Ова граница је тако одабрана да обезбеђује електричне и механичке квалитете и назива се најмања, тј. минимална вредност.

Максимална вредност или највећа вредност се често даје да би се ограничила дебљина изолације и плашта, или што од тога зависи сувише велики пречник кабла. Ово се чини из два разлога да би се обезбедили нормални услови монтаже каблова и спречило неразумно трошење материјала. Највећа дозвољена вредност је максимална вредност.

Средња вредност је вредност која се добија аритметичком средином од више мерења приликом провере геометријских карактеристика. Добија се простом деобом збира измерених вредности са бројем мерења.

4. ТЕХНОЛОГИЈА И МАШИНЕ ЗА ЕКСТРУЗИОНО ОБЛАГАЊЕ КАБЛОВА

4.1 Принцип екструдирања

Приликом процеса екструдирања сам материјал који пролази кроз екструдер, уједно пролази кроз три стања:

1. чврсто,
2. мешовито (течно и чврсто), и
3. течност.

Поред свега тога у самом цилиндру имамо сложену слику притисака а самим тим и струјања самог материјала. Па се јављају три основна протока:

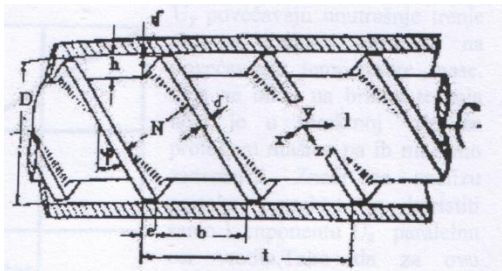
1. Принудни ток (течење материјала који је последица релативног кретања пужа у цилиндру),
2. Повратни ток (последица постојања градијента притиска од алата ка улазу у цилиндар),
3. Цурење кроз зазоре на зубима пужа. Обично је ово цурење занемарљиво у односу на предходна два. Ово настаје као последица градијента притиска између две бочне површине зидова навоја.

Принудни ток уколико би замислили идеалан случај да нема хидрауличних отпора кретању у самом цилиндру, да је притисак у алату једнак нули, односно да нема сила и алата. Материјал који се налази у оваквом простору изложен је деформацији на смицање, која се деловањем зидова спиралног навоја претвара у транслаторно кретање материјала по навоју.

Параметри који одређују запремински ток су:

- ❖ Дубина навоја,
- ❖ Ширина навоја,
- ❖ Пречник пужа и
- ❖ Брзина обртања пужа.

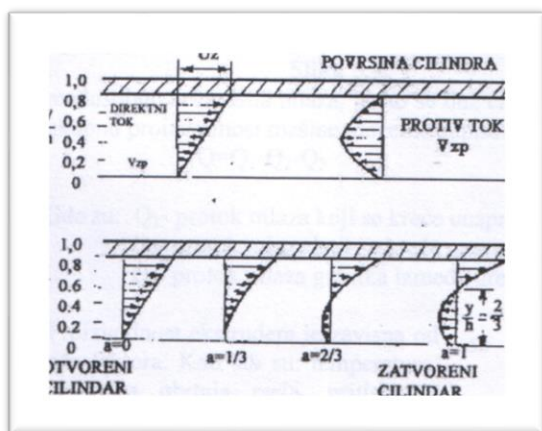
За детаљну анализу распореда брзина по попречном пресеку потребно је замислити следећу ситуацију: нека пуж мирује, тада се цилиндар екструдера обрће око заједничке осе. Самим тим може се извршити и постављање једног координатног система са осама x, y, z и помоћном осом 1. Дати координатни систем приказан је на слици 27.



Слика 27 Координатни систем x, y, z са осом 1 [1]

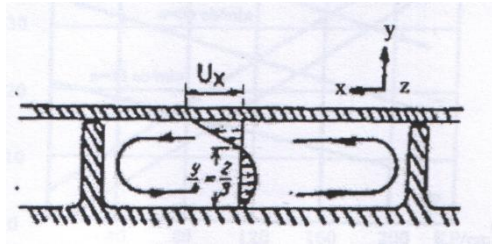
Да би се задовољила једначина континуитета, мора постојати и присуство U_x . Ова компонента брзине је врло битна у близини зида навоја јер долази до локалне промене смера течења. Сама слика течења, односно брзина и притисака који овде настају је врло сложена.

Пошто постоје две струје који су главни носиоци течења директни и повратни ток, могу се посматрати граничне вредности ових појава. Прва гранична вредност ове појаве када је директан ток, да на излазу нема никаквог алата, односно да је сам излаз из цилиндра слободан. Друга гранична вредност је да цилиндар буде затворен и да услед релативног кретања, у овом случају цилиндра настане мешање материјала. Поља брзина у ова два случаја илустрована су на сликама 28 и 29, течење које се јавља у реалном случају представља комбинацију предходно наведена случаја.



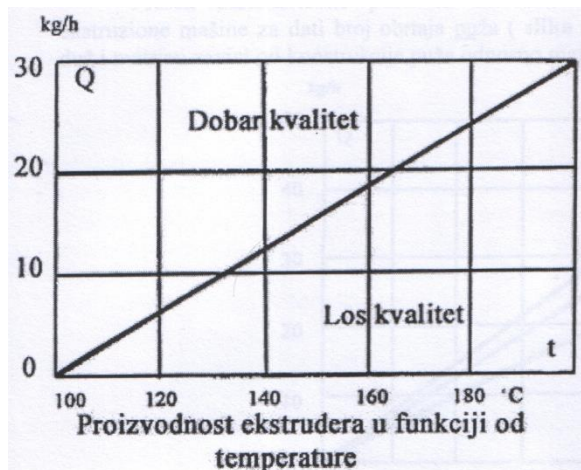
Слика 28 Приказ директног тока, случај када нема алата [1]

Као последица овога долази до формирања повећаног притиска на овом делу чији је градијент окренут ка улазу и изазива повратну компоненту течења (односно повратни ток). Може се објаснити тако што, због своје нестишљивости, услед смањења протока на свом делу маса мора да креће уназад. Ова компонента је такође пропорционална брзини окретања пужа.



Слика 29 Случај када је цилиндар затворен [1]

Компоненте брзине U_x и U_y повећавају унутрашње трење што се директно одражава на повећање температуре масе.



Оне не утичу на брзину течења која је у директној вези са протоком машине па их можемо занемарити. Значи за анализу протока потребно је користити само компоненту U_z паралелну оси вратила. Тако да за ову компоненту можемо најпоштије узети да задовољава Ојлерову парцијалну диференцијалну једначину. Иако имамо два супротна млаза у цилиндру њихово кретање се не може,

Слика 30 Дијаграм производности екструдера у функцији температуре [1]

посматрати као два међусобно независна млаза пошто се дуж цилиндра креће резултујући млаз масе. тако да укупну производност машине можемо написати:

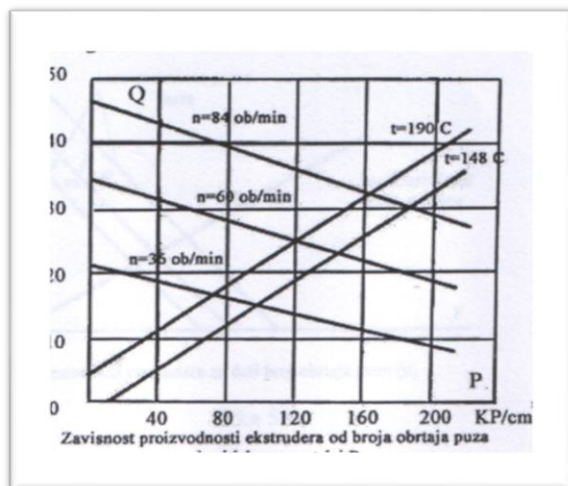
$$Q=Q_1+Q_2+Q_3$$

Где су: Q_1 - проток млаза који се креће унапред

Q_2 - проток млаза који се креће уназад

Q_3 - проток млаза губитака између гребена завојнице и зида цилиндра

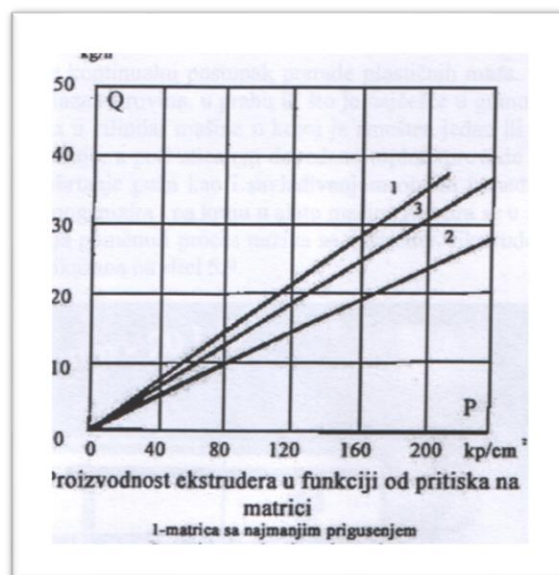
Производност екструдера је зависна од више фактора. Као што су: температура, број обртаја пужа притисак у матрици, облика матрице итд. Производност екструдера у функцији од температуре је права линија. Приказ ове зависности је дата на слици 30. За дати облик матрице производност је пропорционална притиску на матрици и даје се у виду праве која пролази из центра координатног система. Приказ ове зависности дат је на слици 31. Са слике види се да при константном броју обртаја и повећавањем притиска долази до опадања капацитета екструдера. Капацитет екструдера се повећава при повећању притиска на матрици, са константном температуром.



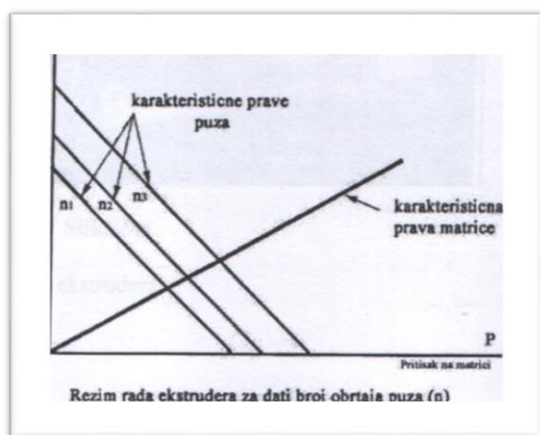
Пресек карактеристике пужа са карактеристикама матрице даје режим рада екструзионе машине за дати број обртаја пужа приказан је на слици 31. Нагиб правих које карактеришу дуж и матрицу зависи од конструкције пужа односно матрице и вискозитета материјала.

Слика 31 Дијаграм зависности производности екструдера од броја обртаја пужа и притиска на матрици P [1]

У пракси се пошто кретање масе не одговара потпуно законима кретања вискозних течности, праве линије које карактеришу пуж и матрицу деформишу се у криве. За неки дати материјал домен рада машине је ограничен карактеристичним кривама за максимални и минимални број обртаја пужа. Све ово се види са слике 33. Област која се налази између ових кривих линија се зове домен рада машине.



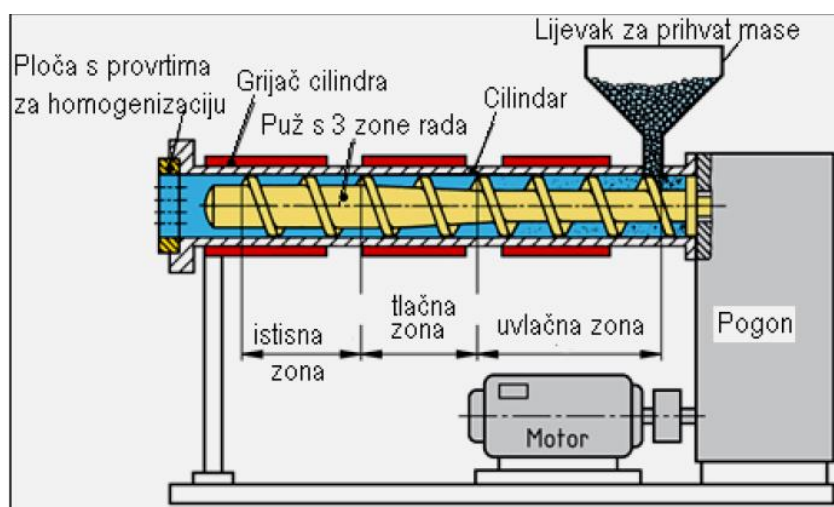
Слика 32 Производност екструдера у функцији од притиска на матрици [1]



Слика 33 Приказ режима рада екструдера за дати број обртаја пужа [1]

4.2 Екструдирање

Екструдирање је континуиран поступак прераде пластичних маса. Овим поступком пластична маса, као полазна сировина у праху или најчешће у гранулату разних димензије убацује се путем левка у цилиндар у којој је смештен један или више пужева, који пластичну масу транспортују, а под утицајем доведене топлоте преводе је у течно стање. Дејством погона за обртање пужа као и савлађивање отпора који настаје транспоровањем растопљене пластичне масе, кроз отворе између пужа цилиндра маса се пластифицира, хомогенизује и на крају се у алату машине формира у жељени облик. Машина у којој се одвија овакав процес приказана је на слици 34.



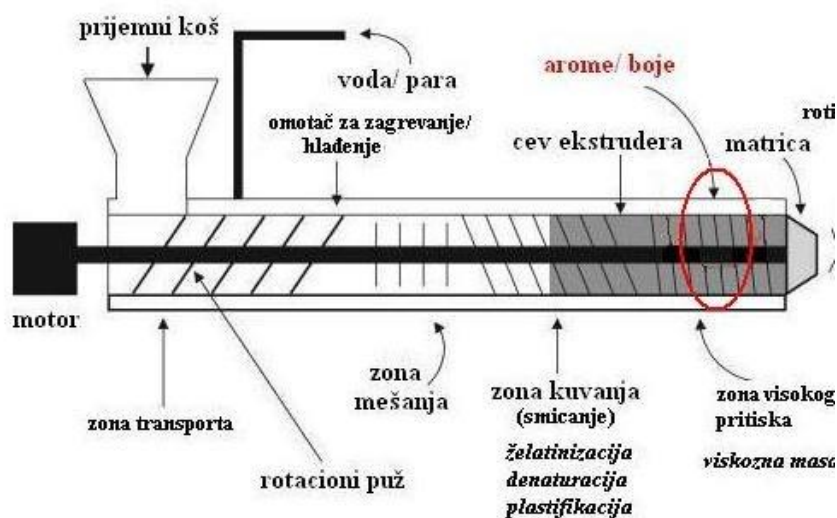
Слика 34 Шематски приказ машине за екструдирање [4]

Основни елементи екструдера

Данас се најчешће користи тип једнопужног екструдера у индустрији прераде пластичних маса. На слици 34 шематски је приказан једнопужни екструдер са својим основним елементима. У свом најједноставнијем облику екструдер се састоји из левка, отвора за дозирање сировине, цилиндра, у коме се креће истопљена пластична маса и у коме је смештен пуж, који има задатак да транспортује масу дуж цилиндра до отвора на чијем крају се поставља алат за добијање жељеног производа. За погон се користи мотор који преко система преносника и редуктора врши обртање пужа. За грејање цилиндра користе се електрични грејачи, док се за темперирање и хлађење користи систем циркулације воде или ваздуха. Код двопужних и осталих типова екструдера сви наведени елементи су исти само се разликује транспорт растопљене пластичне масе.

4.3 Цилиндар екструдера

Цилиндар и пуж екструдера чине најважније елементе машине. У најопштијем цилиндар и пуж треба да транспортују гранулат или прах полимера да га топе и избацују при константном притиску и температури. Да би се постигло топљење масе цилиндар екструдера се загрева споља, а та топлота се уводи на унутрашњи зид цилиндра. Шематски приказ цилиндра са пужем дат је на слици 35, док је изглед екструдера са његовим елементима сат на слици 36.



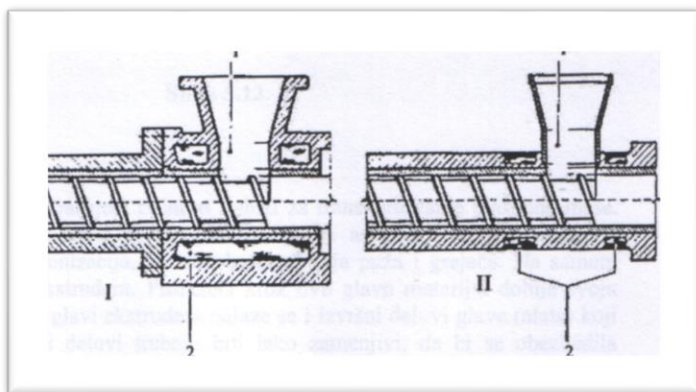
Слика 35 Шематски приказ цилиндра са пужем [1]



Слика 36 Приказ једнопужног екструдера [1]

Температура цилиндра од дозера до алата треба се регулисати у зависности од топлотних особина материјала који се прерађује. Сваки материјал има свој одређени температурни програм, који се регулише грејањем. Поред тога и финални производ утиче на температуру цилиндра. Да би имали поуздану регулацију температуре поред загревања потребно и хлађење цилиндра. То се постиже циркулацијом ваздуха и воде. Поред свега битно је напоменути да се загревање цилиндра врши помоћу електричне енергије. То се постиже са 3 до 6 грејача који су распоређени у одговарајућим зонама.

Уласком материјала у сам цилиндар долази до његовог загревања и течења, због тога треба водити рачуна да температура на уласку буде коректно контролисана. Уколико овај процес загревања није довољно коректан може доћи до повећања отпора.



Недовољно хлађење може довести до пада притиска на улазу, слабо преношење температуре на лежајеве. Хлађење ове зоне врши се струјањем воде, која мора бити свежа. Приказ хлађења левка дат је на слици 37.

Слика 37 Приказ хлађења левка ,1 – левак, 2 – вода [1]

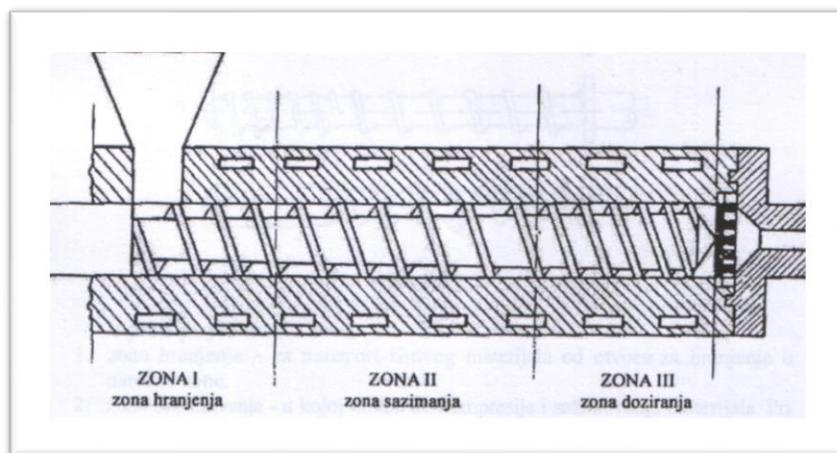
На другом крају цилиндра између алата и краја пужа налази се перфорирана плоча, која има за улогу да заштити како алат тако и финални производ. Та заштита се односи првенствено на прљавштину (има улогу филтера). Поред ове функције задатак ове плоче је да обезбеди коректан проток масе.

При конструисању зида цилиндра треба водити рачуна о простирању саме топлоте. Простирање топлоте може бити у два правца, радијални и аксијални. Аксијално простирање топлоте првенствено зависи од дебљине зида цилиндра, ако су зидови цилиндра дебљи простирање топлоте ће бити теже. То значи да се разлика у температури, која је неопходна у зонама смањује што може имати последице на саму исправност технолошког поступка.

Унутар самог цилиндра упресована је, лако променљива челична чаура отпорна на абразију у којој се обрће пуж. Материјал чауре мора бити мекши од материјала самог пужа, да не би дошло до његовог оштећења, сам зазор мора бити мањи, од 0,1 mm до 1,5 mm.

Овако мали зазор представља нужно решење јер при већим зазорима учинак машине би се смањио. Мањи зазор се не дозвољава јер би машина радила неекономично.

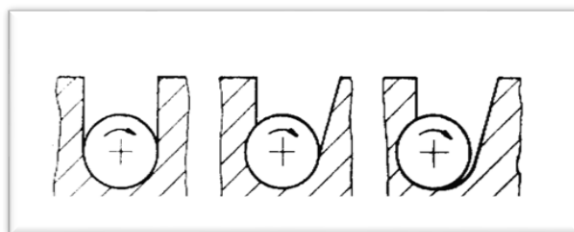
Да би пуж могао коректно да врши транспорт растопљене масе, потребно је да се међупростор између пужа и чауре постепено смањује. Приказ одређених зона цилиндра дат је слици 38.



Слика 38 Приказ зона цилиндра [1]

4.4 Хранилице

Термопластични материјал из коша пролази кроз хранилицу и пада у канал пужа. Хранилица може имати вертикалне или нагнуте стране које могу да тангирају пуж или у неким случајевима (код храњења гуменим тракама) да подилазе под пуж. Отвор хранилице је обично правоугаон, а дужина отвора износи најмање један пречник пужа. Приказ примера хранилица дат је на слици 39.



Слика 39 Примери изгледа хранилица [3]

4.5 Пуж екструдера

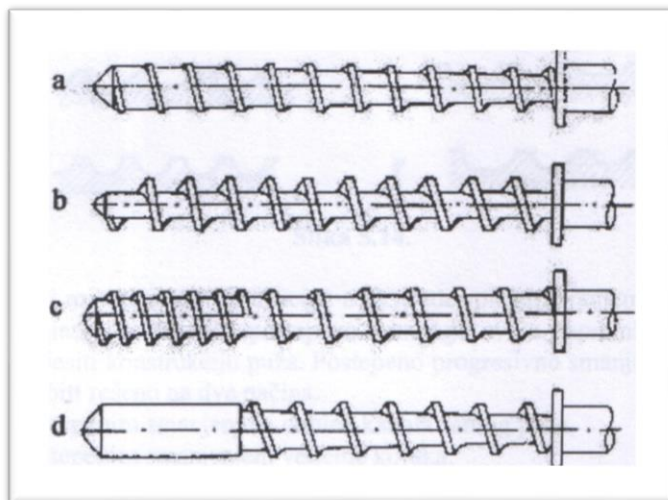
Пуж је смештен у унутрашњост цилиндра и служи за транспортовање пластичних маса. Да би транспортовање било добро (подразумева се са аспекта технологије самог материјала) потребна је синхронизација, између броја обртаја пужа и грејача. На самом крају пута налази се глава екструдера. Пролазећи кроз ту главу материјал добија своју форму и коначне димензије.

У глави екструдера налазе се извршни делови главе (алата) који се зову дорн и матрица. Ови делови требају бити лако заменљиви, да би се обезбедила флексибилност процеса.

Пуж својим обртним кретањем доводи до хомогенизације и умекшавања самог материјала, као и настајање фрикционе топлоте. Пуж представља дугачак ваљак са посебно обрађеним завршетком по чијој целој радној дужини је урезана једна или више завојница, са навојима одређеног профила и корака.

У самом процесу екструдирања јавља се потреба за великим обртним моментом, па материјал екструдера мора бити жилав и отпоран на абразију и хабање, а обзиром на температуре мора бити отпоран на корозију. Ради овог пуж се израђује од хром - никл челика посебно отпорним на корозију са отворднутом спољном површином, док се по гребену завојнице веома често наноси заваривањем специјално тврди материјал нпр. *стелит*.

Универзална конструкција пужа погодна је за прераду свих врста термопластичних маса и гумених мешавина не постоји. Приказ пужева намењених за прераду пластичних маса дат је на слици 40.



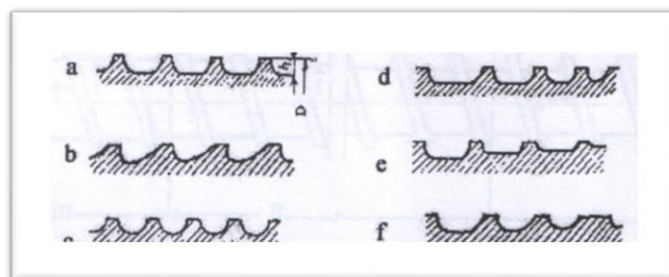
Слика 40 Врсте пужева намењених преради пластичне масе [1]

У принципу пуж има три зоне:

1. Зону храњења – за транспорт сировог материјала од отвора за храњење у наредне зоне,
2. Зона сажимања – у којој долази до сажимања и компресије. При томе ваздух и остали гасовити укључци крећу ка отвору за храњење, а омекшани материјал одређене температуре дуж пужа, уз стално повећање притиска ка трећој зони, зони дозирања и,
3. Зона дозирања – ту се материјал доводи до потребне температуре екструдирања, хомогенизује и убацује у главу машине са константном брзином и притиском.

Пуж може имати једну или две завојнице жљебљене по целој радној дужини и прелазити из једне у две. За прераду гумених мешавина, PVC - маса и полиетилена обично се користи пуж са једном завојницом по целој радној дужини. За прераду најлона и полиетилена препоручује се пуж са торпедом на крају са циљем смањења пулзације пластичне масе, док се за прераду гумене мешавине у загрејаном стању препоручује пуж са две или три завојнице. Важно је уочити да пуж са једном завојницом, даје мањи притисак, али зато је запремина и линијска брзина протицања материјала кроз цилиндар повећана.

Профил завојнице зависи од материјала који се прерађује, најчешће коришћени профили дати су на слици 41.



Слика 41 Примери облика профила завојнице пужа [1]

За прераду пластичних маса веома се често користе тестерасти профили завојнице слика 41 под b) , или полуокругли дат под c). Дубина профила „h“ износи код пужа за прераду гумених мешавина од око $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{8}$ спољног пречника пужа „D“. Дубина профила навојнице пужа за прераду термопластичних материјала мања је и износи око $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{10}$.

Пошто сирови материјал који се убацује у екструдер пластифицирањем, на своме путу од отвора за храњење до матрице постепено смањује своју запремину, те је нужно подесити конструкцију пужа. Постепено прогресивно смањивање запремине канала пужа може бити решено на два начина:

- ❖ Постепеним смањењем дубине канала самог пужа
- ❖ Постепеним смањењем величине корака

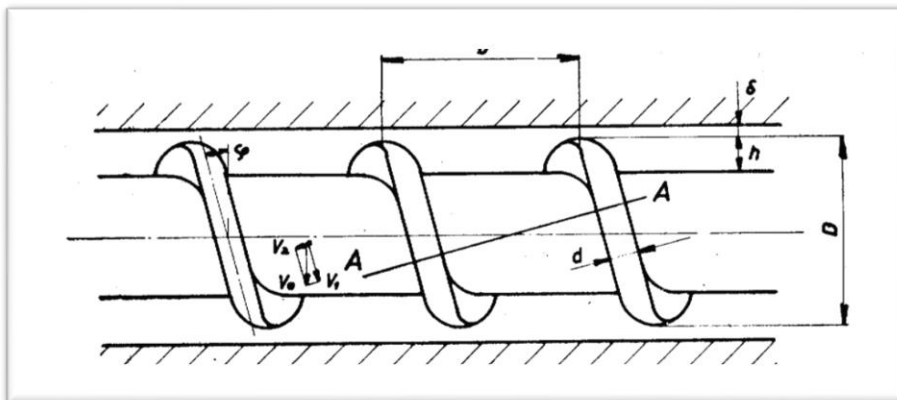
На било који начин од ова два споменута добија се разлика у притисцима дуж пужа. То омогућава лакши транспорт и одвођење гасовитих укључака, у правцу улазног отвора. Уобичајено решење је смањивање дубине канала жљеба пужа, за прераду термопластичних маса. За прераду гумених мешавина се насупрот користи пуж са постепеним смањивањем корака завојнице. Однос између запремине канала пужа на улазном и излазном делу назива се однос компресије. Овај однос варира према врсти материјала достиже величину 8:1, но у пракси за PVC – масу, он износи обично 2:1. Избор оптималне дубине завојнице зависи исто и од престенастог отвора између дорна и матрице. Уколико је овај отвор већи, утолико и дубина завојнице може бити већа.

Пуж са великом дубином завојнице даје веће трење између материјала и унутрашњег цилиндра чауре, па ће сама размена топлоте бити већа. Пужеви са мањим дубинама завојнице даваће спорије кретање материјала па ће самим тим и размена топлоте бити мања. Обично се за тврђе материјале користе пужеви са мањим дубинама канала, док се за мекше користе пужеви са већим дубинама материјала.

Дужина корака завојнице знатно утиче и на карактеристике саме машине. Наиме уколико је корак краћи притисак је већи, али и учинак машине мањи. Веома мали кораци завојнице, дају велики механички рад уз највећи притисак и најмањи учинак. максималне брзине обртања пужа под оптерећењем износе око 150 о/мин за мање пречнике односно 100 о/мин, за веће пречнике пужа.

Ради смањења трења између пужа и материјала потребно је хладити пуж. То се постиже постављањем цеви која пролази кроз отвор направљен по оси самог пужа, са предње стране (излазне стране пужа). Дубина отвора не сме бити велика јер може доћи до хлађења улазног дела, што се негативно одражава на сам производни процес.

На слици 42 приказани су основни конструктивни елементи пужа екструдера. Пуж се може поделити на три зоне слика 43.



Слика 42 Основни конструктивни елементи пужа [3]

D (mm) – пречник пужа

z – број ходова завојнице

h – дужина канала (mm)

b – ширина канала (mm)

n – број обртања пужа о/мин

φ – угао завојнице

l – дужина дела пужа испуњеног растопљеном масом (mm)

p – притисак на крају пужа kg/cm^2

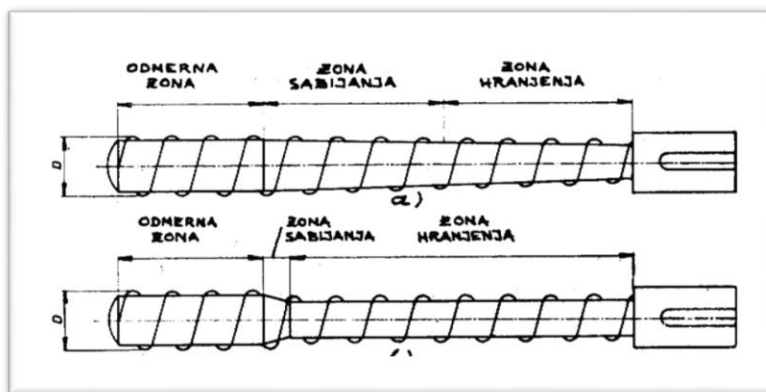
η – ефективна вискозност kgsec/cm^2

d – дебљина завојка (mm)

I – зона има улогу да транспортује материјал до друге зоне односно до пластификације. У овој зони материјал мора постепено да се растопи, како не би дошло до пада притиска, због чега је и слабије грејана од осталих зона.

II – зона је зона пластификације, она има задатак да материјал претвори у вискозни растоп и да је у компактном стању, без садржаја ваздуха преда следећој зони. Код многих конструкција ова зона има пораст пречника језгра пужа до пречника који одговара следећој зони тј. зони истискивања. На тај начин волумен хода смањује се тј. материјал се компримира.

Ово компримирање омогућује да се укључени ваздух, и евентуално испарена пара потисну и да прелаз топлоте на пластичну масу буде бољи. Компресиони однос пужа према унутрашњости компресионе зоне зависи од повратног притиска на крају пужа. Компресија се постиже на тај начин што се промер језгра пужа повећава, те на тај начин се компресија расподељује на дуже подручје. Код пужева са кратком компресионом зоном – само део пужа има прогресивно језгро. У том случају обично се компресиони део налази при крају пужа, што значи да је материјал пластифициран, пре него што је стигао до компресионе зоне.



Слика 43 Изглед пужева са карактеристичним зонама [3]

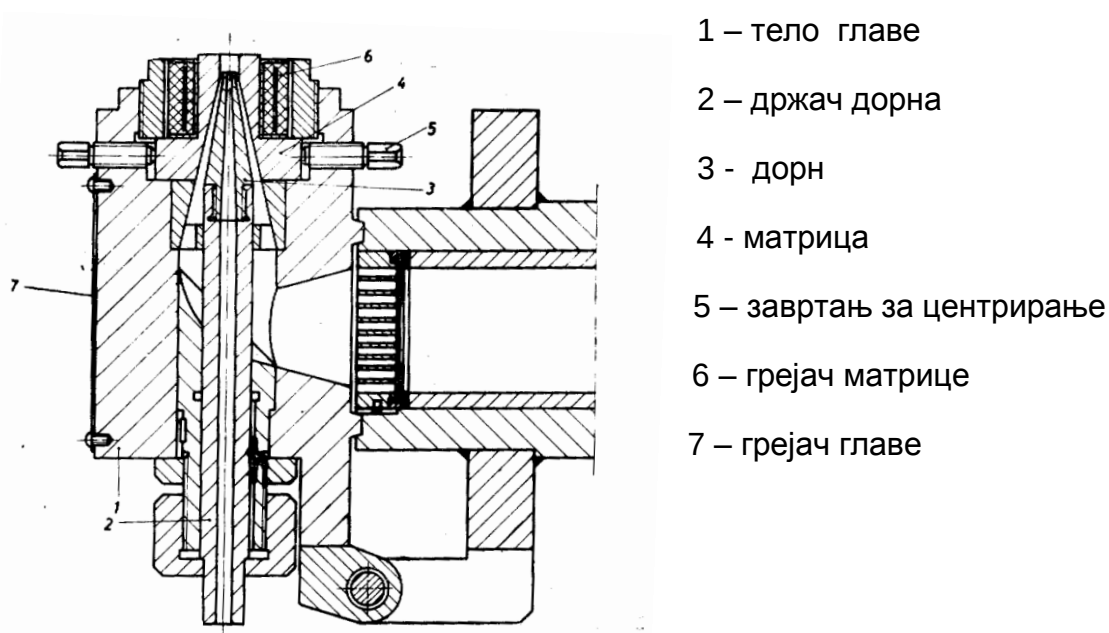
III – зона пужа зове се зона истискивања. она има функцију да растоп у константној хомогеној струји и уз константан притисак истисне кроз алат. Дужина ове зоне варира нарочито по концептима у ново време од 6 до 12 D. Унутар зоне истискивања дубина хода је у функцији вискозитета масе која се прерађује и углавном је константна. У зависности од материјала облик врха пужа је различит и он много утиче на капацитет машине. Пуж у цилиндру је веома тесно постављен у зазор који чине зуб пужа и унутрашњи зид цилиндра, који износи 0,8 до 0,6 mm.

Важна карактеристика сваког пужа је угао успона. пужеви са једнаким успоном, преко целог пужа имају ширину хода 0,8 до 1,8 D. У тежњи да се постигне што већи капацитет, уз мањи утрошак енергије, многи произвођачи опреме се труде да произведу што оптималније типове пужева, за разне типове материјала и разне производе.

5 АЛАТИ ЗА ИЗРАДУ ИЗОЛАЦИЈЕ КАБЛОВА И ПРОВОДНИКА

5.1 Глава екструдера

За формирање изолационог слоја или плашта од пластичне масе или гуме служи алат екструзиона глава. Поред тога што постоји коса и права глава највише се користи тзв. попречна (укрсна) глава, чија оса лежи управно на осу екструдера. Шематски приказ укрсне екструдерске главе са позицијама дат је на слици 44.



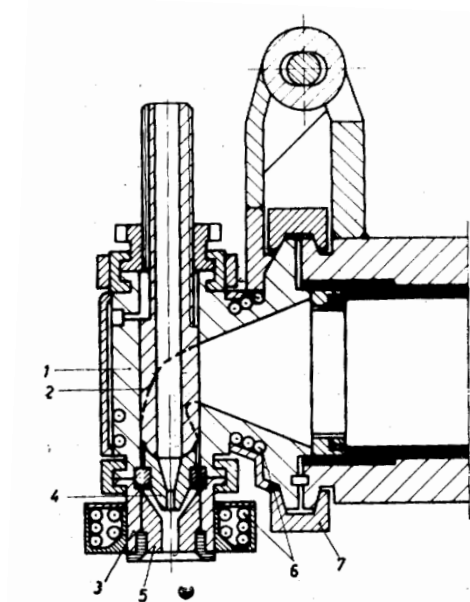
Слика 44 Шематски приказ укрсне екструдерске главе [3]

Основни елементи главе су: тело главе, држач дорна, држач матрице, дорн и матрица. Последња два елемента су изменљива ради омогућавања изоловања проводника или каблова различитих пречника. Да би се постигла концентричност изолације или плашта око жице, односно кабла омогућено је померање матрице помоћу четири завртња.

За пластичне масе које се екструдирају при ниској вискозности примењују се мање главе (тзв. мало габаритне главе) које немају завртње за центрирање, јер се држач дорна и матрице, дорн и матрица налазе у заједничкој цеви. Приказ мале главе за екстудирање дат је на слици 45.

Делови главе се израђују од високо квалитетних челика и њихове површине су високо полиране.

Глава екструдера је опремљена грејним елементима (грејачима) за одржавање а понекад и повећање температуре пластичне масе која протиче кроз главу. Регулација температуре у екструдерским главама се врши помоћу термостата.



- 1 – тело главе
- 2 – држач дорна
- 3 – држач матрице
- 4 – дорн
- 5 – матрица
- 6 – грејни елемент

Слика 45 Приказ малогабаритне екструдерске главе [3]

Предност попречне (укрсне) главе је у томе што се постиже најбољи распоред комплетног постројења за екструдовање и што је омогућено несметано хлађење пужа, глава мора бити добро причвршћена на крају цилиндра да би се потпуно елиминисала могућност губљења материјала али и само скидање и отварање мора бити брзо и једноставно. Један начин извођења ове везе приказан је на слици 46, укрсна глава фирме „EROCARB SA“ Швајцарска. Тело главе израђује се од челика или специјалних легура,



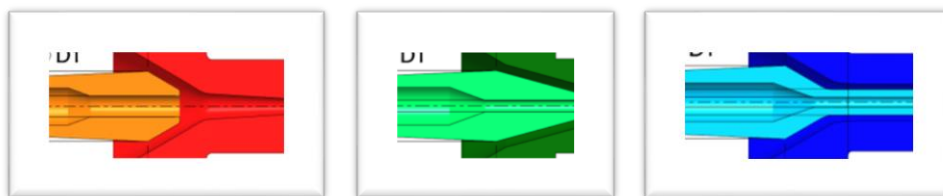
мора бити изванредно полирана чак и прекривена специјалним материјалом који се наноси електролизом. Основни захтев за тело главе јесте да омогући континуални проток материјала без икаквог деградирања. Ради тога њена запремина мора бити што мања, не сме бити места где може доћи до задржавања и разлагања материјала.

Слика 46 Укрсна екструдерска глава фирме „EROCARB SA“ Швајцарска [5]

Такође не сме доћи до нагле промене смера, већ млаз материјала мора постепено смањивати пресек, тако да се брзина повећава приближавањем матрици.

Тело главе је снабдевано системом за загревање ради одржавања температуре или евентуалног подизања температуре екструдирани масе. Такође се често загрева и матрица ради смањења отпора истицања термопластичне масе као и побољшање спољашњег сјаја површине изолације или плашта. Систем контроле температуре главе за екстудирање мора бити адекватно решен.

Основни делови главе и прави алати за екстудирање су дорн и матрица. Израђују се од специјалног челика отпорног на абразију. Обичне матрице кружног попречног пресека се могу радити од челика стандардног квалитета али након отврдњавања морају се добро исполирати: Неки облици дорна и матрице који се користе у кабловској индустрији дате су на слици 47.



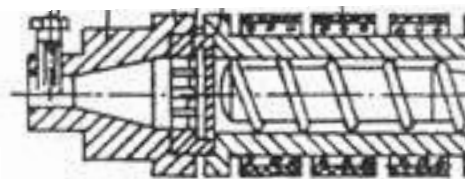
Слика 47 Карактеристични облици дорна и матрице [5]

Угао матрице је обично од 30° до 45° , а угао дорна је за 1° до 3° мањи. Дужина цилиндричног дела матрице утиче на промену димензије екструдованог дела односно на величину скупљања при преради термопластичних маса и повећања пречника кабла према пречнику матрице при преради гумених мешавина. Међутим ове промене у великој мери зависе од врсте и квалитета самог материјала. Обично се пречник отвора као и дужина цилиндричног дела одређују искуствено, пошто општих правила нема. У принципу унутрашњи пречник дорна треба да је подешен што је могуће више према пречнику проводника или кабла који се облаже, пресек матрице је ретко индентичан финалном производу.

Приликом екстудирања термопластичних маса, материјал напуштајући пуж који га је потискивао од главе екструдера, циркулише око дорна кроз чију осу пролази елеменат који се облаже и формира континуалну цев у чијој се средини налази проводник или кабл. Извлачењем елемента који се облаже кроз матрицу која притиска пластични материјал, дајући му потребан пресек. Међутим пошто пластична маса долази из цилиндра у главу екструдера само са једне стране, то значи да је њен пут од улазног отвора главе до матрице није исти и у разним деловима главе он има различиту дужину.

Овим се може нарушити равномерност притиска материјала у самој матрици, што може довести до појаве ексцентрицитета испресоване облоге, те због тога мора постојати и могућност регулисања центрирања матрице. Код неких машина ово се постиже тако да млаз пластичне масе који долази из цилиндра дели на два дела, један који се управља ка горњем и други ка доњем делу држача дорна. У области самог дорна оба млаза се сливају само у један који попуњавају прстенасти зазор између дорна и матрице. на другим машинама постоји могућност померања држача матрице и саме матрице смештене по њему у равни управној на осу главе и тиме добити концентричан слој изолације или омотача. Малим померањем матрице у страну, супротну улазном отвору главе екструдера смањује се ексцентрицитет испресоване облоге. Сама величина ексцентрицитета зависи од дебљине изолације или плашта и пречника елемента који се изолује.

Код машина за екструдирање термопластичних маса на самом улазу пластичне масе у главу екструдера, се обично поставља плоча за спречавање уласка нечистоћа у сам алат, приказана је на слици 48, са пакетом жичаних сита. Дебљина плоче зависи од пречника пужа и укупног притиска који она мора да издржи. Величина и распоред рупа на самој плочи не зависи само од пречника пужа већ и од облика завршетка пужа.



Слика 48 Изглед плоче за спречавање уласка нечистоћау алат [1]

У основи је важно да плоча не прекида континуитет млаза материјала и не ствара мртва места. Због овога површина рупа мора износити најмање 30% површине плоче, обично су пречника око 3 mm, и морају бити полиране као и сама плоча. На плочу за цеђење, са стране пужа постављају се једно или више жичаних сита. Обично ако има више сита за отклањање нечистоћа, уз саму плочу се поставља сито са највећим отворима, а затим све финија и финија сита. Финоћа сита се креће од 100 – 1500 рупа по cm². Материјал за израду сита је обично нерђајући челик. Принципијелно посматрано, ако је изабрани пуж одговарајуће конструкције, сита служе за отклањање нечистоћа из пластифициране масе при њеном пролазу из цилиндра у главу екструдера. Пошто се у пракси ретко могу одредити оптималне конструкције пужа, матрице и дорна, то сита не служе само за филтрирање масе, већ и за повећање и регулисање притиска у маси. На овај начин је могуће не само једнолико пластифицирање и екструдирање масе, већ променом броја обртаја и финоће сита прераде разних термопласта са једним пужем.

Напомиње се појава контра притиска који се обавезно јавља због рестрикције излаза пластифицираног материјала, смањује у извесној мери ефикасност екструдера. Ради ове појаве постоји одређени интерес да се постављање сита избегне кад год је то могуће.

Алат се такође греје електричном струјом, а температура алата је зависна од материјала који се обрађује и већа је од температуре у цилиндру.

Један од такође битних параметара за конструкцију алата поред величине излаза екструдера и димензије финалног производа је и однос дужине вођења масе у алату (l) и дебљина готовог производа (f), ($LL=l/f$)

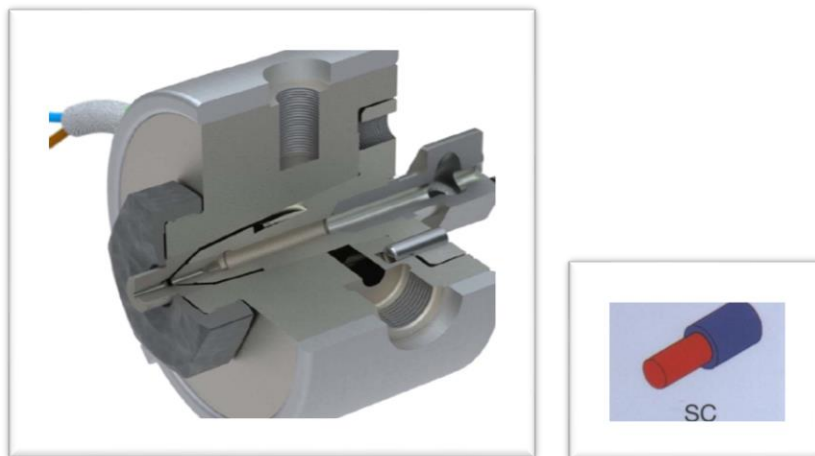
Повећавањем дужине вођице алата повећава се и отпор течења материјала у алату. Пошто отпор материјала зависи од вискозитета, потребно је да за различите материјале, односи ових величина буду различити. Приказ односа дат је у табели 1.

Матријал	LL
ABS	6- 10:1
Acetat celulozni	628:1
PVC meki	14216:1
Polistrol (ojačani)	628:1
Polietilen (m.g.)	14216:1
Polietilen (v.g.)	5210:1
Polipropilen	6210:1
Poliamid	5210:1

Табела 1

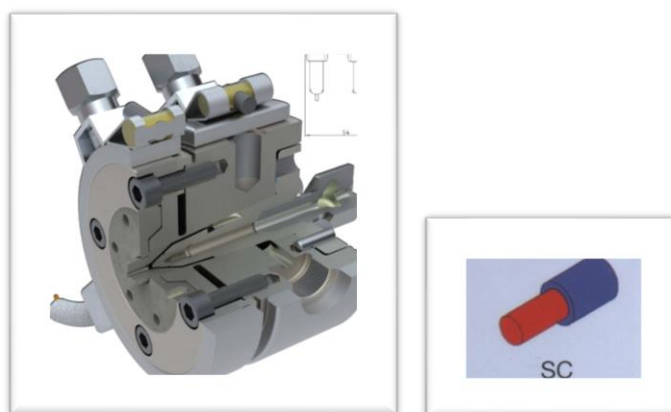
5.2 Техничке карактеристике екструдерских глава швајцарске фирме „EROCARB SA“

Екструдерска глава E2AN10 приказана на слици 49, има могућност фиксног центрирања матрице дорна. Намењена је за изолацију једног слоја максималног пречника жице 2 mm и максималног пречника изолације 4 mm. Такође има једну зону загревања и једно место за повезивање на екструдер. Пројектује се за одређени полимер, поседује могућност вакумског повезивања као и ручног и пнеуматског, има могућност регулисања температуре и притиска. Просечна тежина износи 3 kg и има сопствени држач.



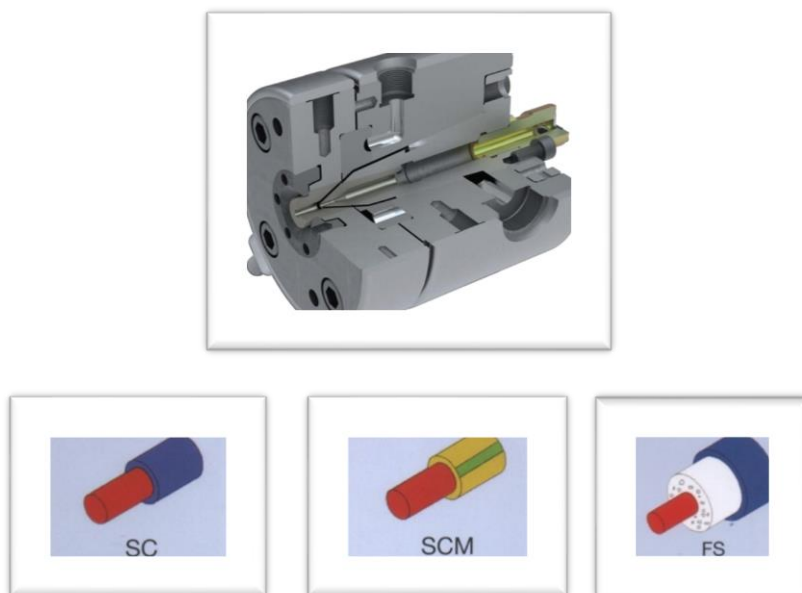
Слика 49 Екструдерска глава E2AN10 са фиксним центрирањем [5]

Екструдерска глава E2AN10 приказана на слици 50 поседује могућност финог подешавања центрирања. Користи се за изоловање једног слоја максималног пречника 2 mm и максималног пречника изолације 4 mm. Такође има једну зону загревања и једно место за повезивање на екструдер. Пројектује се за одређени полимер, поседује могућност вакумског повезивања као и ручног и пнеуматског, има могућност регулисања температуре и притиска. Просечна тежина износи 3 kg и има сопствени држач.



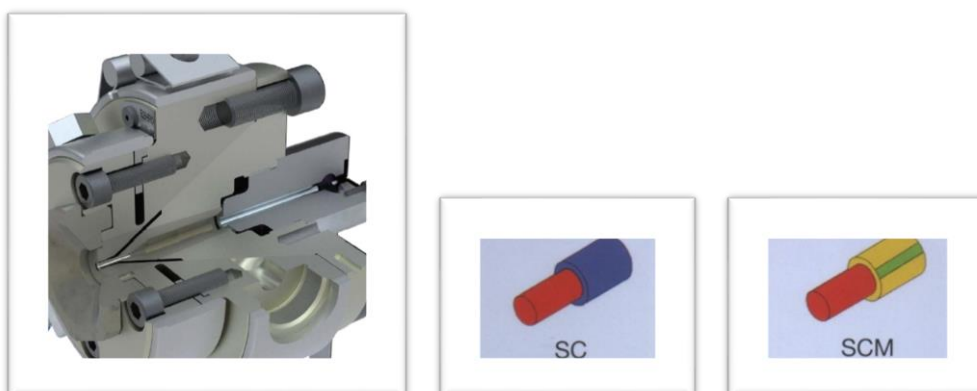
Слика 50 Екструдерска глава E2AN10 са могућношћу финог подешавања [5]

Екструдерска глава E4AN11 приказана на слици 51 поседује могућност фиксног центрирања. Користи се за изоловање једног слоја максималног пречника 4 mm и максималног пречника изолације 7 mm. Постоји могућност бојења шара у виду пруга, бојење површине проводника као и пенасто облагање проводника. Такође има две зоне загревања и једно главно и једно помоћно место за повезивање на екструдер. Пројектује се за одређени полимер, поседује могућност вакумског повезивања као и ручног и пнеуматског. Има могућност регулисања температуре и притиска. Просечна тежина износи 12 kg и има сопствени држач.



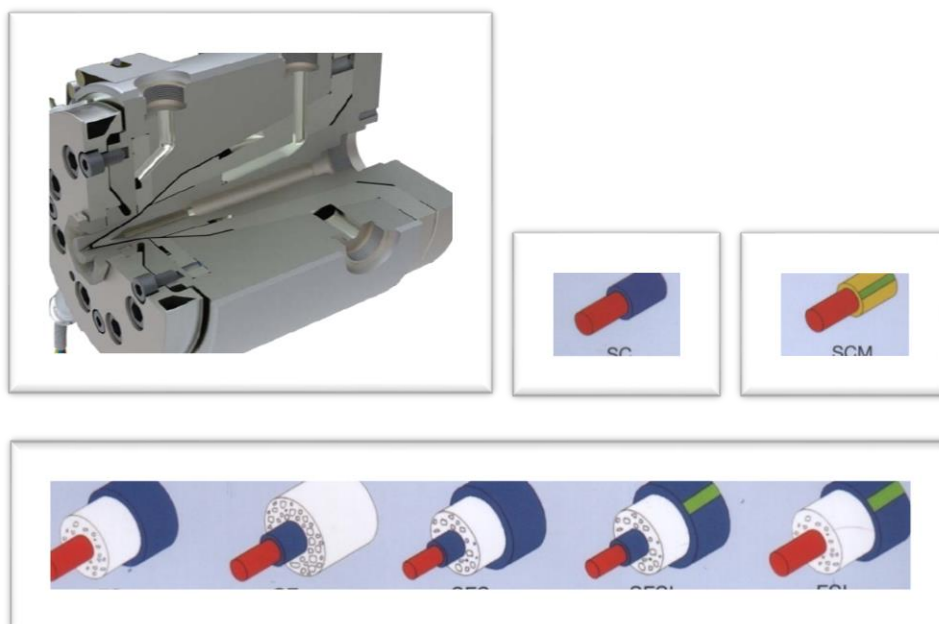
Слика 51 Екструдерска глава E4AN11 [5]

Екструдерска глава E4BN10 приказана на слици 52 поседује могућност фиксног центрирања. Користи се за изоловање једног слоја, и израду цеви пречника до 9 mm. Поседује разводник растопљене пластичне масе. Има две зоне грејања и један прикључак за екструдер.



Слика 52 Екструдерска глава E4BN10 [5]

Екструдерска глава E4GN21 приказана на слици 53 поседује могућност финог подешавања као и могућност фиксног подешавања. Има велике могућности изоловања проводника као што су: једнослојно изоловање, једнослојно изоловање и пругасто обележавање, двослојно изоловање, изоловање пеном и површинско бојење. Држач главе екструдера је трола. Поседује две зоне грејања један главни прикључак за екструдер и два помоћна. Тежина главе износи око 32 kg.



Слика 53 Екструдерска глава E4GN21 [5]

Карактеристична глава за екстудирање каблова великих пресека швајцарске фирме „CJ TEC“ дата је на слици 54. Пречник проводника се креће до 320mm а пречник изолованог кабла и до 350mm.



Слика 54 Глава за екстудирање каблова и проводника великог пресека фирме „CJ TEC“ [5]

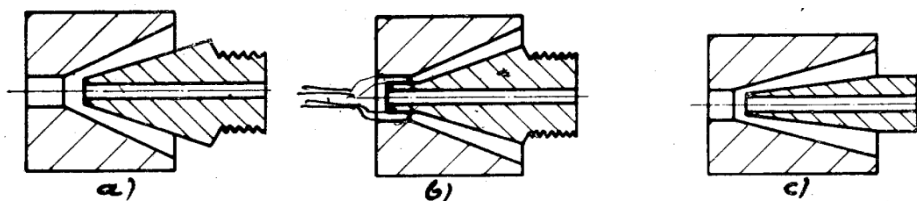
6 ПРИМЕР ПРОЈЕКТОВАЊА ЈЕДНОГ АЛАТА

6.1 Основе при пројектовању алата

Приликом избора материјала који се намерава да прерађује, не врши се само избор машине за екструдирање већ и сам алат. Алат који се користи при екструдирању мора бити добро подешен за сваки материјал који се обрађује. Уколико није коректно извршено подешавање алата долази до неравномерности наношења изолације што има за последицу струјно пробијање кабла. Поред геометријских параметара пресудну улогу имају и температурни параметри, тако генерално гледано основни технолошки параметри при екструдирању термопластичних маса су:

- ❖ Топлотни режим,
- ❖ Начин екструдирања,
- ❖ Начин хлађења и
- ❖ Брзина кретања жице.

Начин екструдирања може бити двојак: на притисак и свођењем. Кључну улогу у овим извођењима имају међусобни положаји матрице и дорна. У суштини дорн и матрица су прави алати машина за екструдирање и морају по свом облику, размери, конструкцији и морају одговарати условима потребним за правилно формирање изолације или заштитног плашта. Облици међусобног положаја дорна и матрице при изоловању свођењем и на притисак приказани су на слици 55.



Слика 55 Међусобни положаји дорна и матрице [3]

Изоловање под притиском, слика 55 а, које је највише примењено и користи се када је потребно обезбедити што боље налегање изолације на метални проводник, или када је изолација вишеслојна а да сви слојеви морају бити тесно слепљени један уз други.

Изоловање свођењем дато је на слици 55 б, примењује се при изоловању проводника ниског напона, при стављању заштитног плашта флексибилних

каблова и при раду са материјалима код којих је нужно при екструдирању дати молекулима усмерену оријентацију, случај код најлона.

Начин изоловања полупритиском је средина између два предходно наведена начина изоловања. приказ положаја алата дат је на слици 55 с. Овакав начин екструдирања нашао је своју примену код проводника ниског напона. Одликује се малим угловима истицања, омогућава добро центрирање и даје висок квалитет изолације.

Пречник отвора дорна при методама изоловања датим на слици 55 а, и на слици 55 с, обично је већи од пречника металног проводника или језгра кабла за 0,1 mm до 0,5 mm, осим за проводнике малог пречника код којих је зазор 0,03 – 0,05 mm.

Унутрашњи пречник матрице треба да је већи од пречника жице или финалног производа али не више од величине скупљања пластичне масе после хлађења, практично не више од 5%. Наиме материјал се после изласка из матрице има тенденцију ширења, а после хлађења да се скупља.

Величина ових промена је у директној вези са самим карактеристикама материјала и о томе морамо водити рачуна приликом конструисања матрице.

Облик алата дорна и матрице знатно утиче на производност машине. Са повећањем дужине цилиндричног дела матрице производност машине за екстудирање се знатно смањује. Ово смањивање настаје због тога, што се повећањем дужине цилиндричног дела матрице повећава отпор који матрица пружа при истицању материјала, односно при протицању материјала. Полазећи од претпоставке да би повећањем производности машине требало смањити дужину цилиндричног дела матрице. Међутим за добијање финије површине потребно је имати већу дужину матрице. Овде се види да је производност у директном конфликту са квалитетом обрађене површине.

Повећање угла истицања материјала, угла између дорна и матрице, производност екструзионе машине се знатно мења. Са обзиром на лакше загревање материјала, при мањем углу истицања због лакшег налегања танког изолационог слоја уз загрејану површину саме матрице исти је веома мали 2 -3°.

Као и дужина цилиндричног дела матрице, тако и растојање између дорна и матрице има велики утицај на производност саме машине. Уколико је ово растојање веће то ће производност бити већа, али ако дође до претераног повећања овог растојања може доћи и до прекида проводника и лоше центричности. У пракси се растојање између дорна и матрице узима да је равно двострукој радијалној дебљини изолације.

Екстудирање сваког материјала је карактеристично због особина самог материјала. Самим тим алати примењивани за облагање жице имају своје

геометријске карактеристике, у зависности од врсте материјала који се наноси. Поред тога у целом систему треба водити рачуна да не дође до задржавања материјала, односно да нема мртвих зона течења. Уколико дође до стварања оваквих зона, вероватно ће доћи до разлагања материјала на тим местима, што се негативно одражава на сам технолошки процес и квалитет производа.

Пошто је алат израђен од променљивих димензија, врло је вероватно да се на тим местима стварају мртве зоне и разлагање материјала. Због тога треба посветити велику пажњу конструисању и димензионисању саме главе екструдера, са аспекта материјала који се наноси.

Између машине и главе се налази плоча за спречавање уласка нечистоћа у алат. У зависности од врсте материјала зависи и њен облик. Њена улога је двојака. Она се поставља ради заштите самог алата и производа од нечистоћа које се могу наћи у материјалу, поред ове плоче код неких материјала поставља се и сито које има још гушћу структуру. Његова функција је такође заштитна али при екструдирању неких полимерних материјала игра и технолошку улогу. Постављањем ових сита повећава се притисак у цилиндру и стварају услови за квалитетније наношење материјала.

Термичке режиме обраде је веома тешко одредити, пошто зависе од више фактора, па овде искуство има велику улогу. Ови режими зависе од типа екструдера, врсте материјала, пречника материјала који се облаже. Уколико постоји захтев за спољним сјајем потребно је повећати температуру на матрици.

6.2 Карактеристике пројектованог алата

Алат за екструзионо облагање каблова термопластичном масом (мала екструдерска глава), која је у овом поглављу дата као пример конструисана је у сарадњи са инжењерима у Фабрици каблова у Јагодини и намењена је за изоловање бакарне жице пречника 3,2 мм док је укупна дебљина проводника са изолацијом 4 мм. Термопластична маса која се користи за изолацију је меки PVC.

Пројектовани алат приказан на склопном цртежу, се састоји из следећих позиција:

- 1 – Решетка
- 2 – Уводник пластичне масе
- 3 – Тело екструдерске главе
- 4 – Држач грејача
- 5 – Носач усмеривача пластичне масе

- 6 – Грејач
- 7 – Заптивач
- 8 – Носач дорна
- 9 – Завртањ M12x40
- 10 – Прстен
- 11 - Завртањ M10x25
- 12 – Држач носача матрице
- 13 – Носач матрице
- 14 – Матрица
- 15 – Дорн
- 16 – Држач носача дорна
- 17 – Усмеривач масе

Принцип рада алата за екструзионо облагање жице је следећи:

Растопљена пластична маса долази преко цилиндра екструдера до уводника пластичне масе (2) на коме се налази решетка (1) која има задатак да спречи улазак нечистоћа у систем. Након проласка кроз решетку растопљена пластична маса улази у тело главе (3) и креће се до усмеривача масе (17) који је цилиндричног облика (може бити и коничног) и има задатак да расподели растопљену пластичну масу. Регулисање температуре се врши помоћу термостата док се загревање врши помоћу грејача (6) који су причвршћени за тело главе држачима грејача (4). Растопљена пластична маса се од усмеривача масе креће према простору обода између дорна (15) и матрице (14), ту долази до повећања притиска и стварање услова за боље облагање жице. Тако обложена жица која долази кроз држач дорна (8) и дорн излази изолована где се хлади у одговарајућим посудама (коритима). Приликом хлађења изолација се скупља за одређени проценат (зависно од врсте материјала којим се врши облагање).

Подешавање – центрирање матрице и дорна се врши помоћу носача матрице (13) који је са телом главе (3) спојен држачем носача матрице (12) вијцима (11).

Заптивеност система се обезбеђује прстеном (10) и заптивачем (7). Радијално подешавање растојања матрице и дорна се врши помоћу држача носача дорна (16) и вијака (9)..

Сви делови алата се раде од алатног челика само се дорн и матрица као и делови који су у директном контакту са растопљеном пластичном масом термички обрађују и накнадно полирају.

При овој врсти обраде потребно је велико време припреме на које утичу следећи фактори:

- ❖ загревање машине пре почетка обраде,
- ❖ загревање алата пре почетка обраде,
- ❖ подешавање геометријских карактеристика алата,
- ❖ подешавање кинематских карактеристика система и њихова синхронизација и
- ❖ чишћење при промене боје која се наноси.

Што се тиче самог поступка чишћења он се постиже тако што машина и даље ради на улазу се стави друга боја и чека се док она не преовлада предходну. Она пластика која је у међувремену изашла враћа се у млин па се после суши, и може се опет као гранулат применити у технолошком поступку. При дефинисању боје постоје уређаји који се зову колориметри и они врше мешање додатне боје и основне. Основна боја је бела.

7. ЗАКЉУЧАК

Технологија производње каблова и проводника изолованих пластичним масама је скуп многобројних појединачних технолошких операција, чији број и редослед зависе углавном од конструкције производа, његове намене и његових експлоатационих карактеристика.

Кабловска индустрија највише примењује технику екструдирања за изоловање каблова и проводника термопластичним масама. Ова технологија се користи како за израду примарне изолације, тако и за стављање плашта преко готовог кабла. Екстудирање се не примењује само за изоловање проводника, већ и за многе друге сврхе.

Представљањем у овом раду обухваћена је основна технологија облагања каблова полимерима екстудирањем као и проблеми који се јављају током овог технолошког поступка.

Презентовањем основних конструкционих и технолошких карактеристика алата за облагање каблова екстудирањем, као и представљањем неких савремених алата који су данас у експлоатацији желео сам да дам неке полазне основе при пројектовању ове врсте алата као и тенденције које прате конструисање алата за облагање каблова екстудирањем у будућности.

Сама конструкција алата за облагање каблова и проводника у будућности се креће у неколико праваца. Један од њих је могућност израде изолације великим брзинама, други ће омогућити већу флексибилност система и могућност израде изолације вишеслојним облагањем различитих величина пресека проводника, итд.

Данас са развојем нових и савремених глава за екстудирање као и развојем нових пластичних маса које имају боље карактеристике отпорности на хабање, дејство киселина и воде омогућиће израду нових проводника који ће имати све већу примену у аутомобилској, рачунарској индустрији, као и у сфери телекомуникација и енергетици.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Б. Рапајић : Прерада пластичних маса екструдирањем, Научна књига Београд 1976
- [2] М. Нађ : Полимерни материјали, ЗПЗ, Загреб 1991
- [3] Штампано као рукопис: Технологија кабловске производње, ИКС Јагодина 1974
- [4] Каталог фирме „СЈ ТЕК“ Швајцарска
- [5] Каталог фирме „ЕРОСАРВ СА“ Швајцарска

