

Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Мерење, контрола и квалитет

Број индекса: 108/2015

Ђорђе М. Урошевић

Мерење механичких карактеристика заварених профила

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Фатима Живић, ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Ђорђе Урошевић**

Број индекса: **108/2015**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **Мерење механичких карактеристика заварених профила**

Задатак: У оквиру завршног рада кандидат треба да опише производњу шупљих термопластичних профила за прозоре од ПВЦ-а. Измерити механичке карактеристике 3 врсте узорака.

Ментор:

Крагујевац, 11.03.2020.

Др Фатима Живић, доцент

Резиме

У овом раду разматране су технологије прераде пластичних маса као и врсте пластичних маса које су најзаступљеније у индустријској производњи. Након тога, описан је поступак израде ПВЦ рамова, дат је преглед материјала коришћених за њихову израду и описана сама технологија израде. Такође, описан је и експеримент испитивања профила притискивањем и приказани су добијени резултати. На самом крају изнет је закључак на основу прикупљених података који су интерпретирани кроз рад, као и поређење добијених резултата.

Кључне речи: *експеримент, ПВЦ, пластика, профили, рам*

Summary

This paper discusses plastics processing technologies as well as the types of plastics that are most prevalent in industrial production. After that, the process of making PVC frames is described, an overview of the materials used for their production is given, and the manufacturing technology itself is described. Also, an experiment of pressure profile testing is described and the results obtained are presented. At the very end, a conclusion was drawn based on the data collected that was interpreted through the paper, as well as a comparison of the results obtained.

Key words: *experiment, PVC, plastic, profiles, frame*

Садржај

1.	Увод	1
2.	Теоријска разматрања	2
2.1	Пластичне масе	2
2.1.1	Пуниоци	2
2.1.2	Адитиви	3
2.1.3	Везивне материје и врсте полимера	3
2.2	Технологије прераде пластичних маса	6
2.2.1	Пресовање	6
2.2.2	Бризгање	7
2.2.3	Ливење под притиском	9
2.2.4	Екструдирање	10
2.2.5	Дување (екструзионо дување)	10
2.2.6	Убризгавање (ливење под притиском)	12
2.2.7	Каландровање	13
2.2.8	Натапање (ламинација)	14
2.2.9	Производња вештачких пена	14
2.2.10	Превлачење металних предмета вештачким материјама	14
2.3	Заваривање пластичних маса	15
3.	Производња шупљих термопластичних профила за прозоре од ПВЦ-а	19
3.1	3Д штампање	20
3.2	ЦНЦ обрада	20
3.3	Бризгање	20
3.4	ПВЦ рамови за прозоре	21
3.4.1	Коришћени материјал	21
3.4.2	Материјали потребни за производњу ПВЦ профила	22
3.4.3	Начин производње ПВЦ-а	22
3.4.4	Производња ПВЦ рамова	23
3.4.5	Машине за сечење	25
3.4.6	Шрафилице	27
3.4.7	Копир машине	27
3.4.8	Варилице	28
3.4.9	Чистилице	30
3.4.10	Машине за сечење лајсни за стакло	31

3.4.11 Столови за окивање.....	32
3.4.12 Машине за устакљивање	33
4. Експериментално испитивање профила притискивањем.....	35
4.1 Мерење тврдоће	36
4.2 Тестови са малим силама	36
4.3 Тестови са већим силама.....	39
4.4 Поређење резултата.....	45
5. Закључак.....	46
Литература	47

1. Увод

Материје које имају аморфну или кристалну макромолекуларну структуру чине велику групу конструкционих материјала које се једном речју називају пластичне масе. Пластичне масе се дефинишу као природни или синтетички модификовани полимерни материјали који имају својство обликовања разним поступцима прераде [1].

Под прерадом пластичних маса подразумевају се сви поступци којима се од полимера-сировине добијају полуфабрикати или готови производи. Поступак прераде зависи од састава, врсте и стања полимера [2].

Полазне сировине за производњу пластика могу бити минералног и органског порекла. Минералне сировине су нафта, угаљ и земни гас, од којих се најпре израђују основна хемијска једињења за даљу прераду. Ова се једињења различитим процесима преводе у полупроизводе који могу бити у облику гранула, течности, смола, таблета итд. Даљи процеси прераде ових полупроизвода у финалне утичу не само на промену облика и структуре, већ и на промену хемијских веза које чине основу материје [3].

Пластике могу бити направљене као листови, фигуре и структуре нудећи знатну флексибилност и еластичност тог дизајна. Пластични материјали су хемијски резистентни, јефтини, лагани, са широким опсегом физичких и оптичких особина. Многе пластике имају способност термозаваривања, лако се штампају, могу бити интегрисани у производне процесе где је паковање формирано, напуњено и затворено у истој производној линији. Примена пластичних материјала је најзаступљенија за израду разних врста амбалажа, мада је заступљеност пластичних материјала све више узела маха у изради широког спектра компоненти у скоро свим гранама модерне индустрије.

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

2. Теоријска разматрања

2.1 Пластичне масе

Пластичне масе су материјали који као основу садрже неки природни или синтетички полимер велике молекулске масе. У пракси се врло ретко користе "чисти" полимери због њихове високе цене. Хемијски елементи који се најчешће користе у производњи пластичних материјала су угљеник, водоник, азот, хлор, сумпор. Ови елементи се могу добити из ваздуха, воде, гаса, нафте, угља, итд. Модификовањем својстава полимера добија се врло широк спектар материјала, чије се особине, које их карактеришу, прилагођавају условима у којима ће се тај материјал користити. Па тако имамо пластичне масе које се могу користити и при температурама од -50°C па све до 450°C . Овакве врсте материјала се једним именом називају пластичне масе [1].

Све пластичне масе можемо да класификујемо у две групе:

- Термопластичне („тврда пластика“) – имају могућност вишеструке прераде топљењем, а да се при томе не изгубе техничке карактеристике материјала
- Термоеластичне (еластомери - гуме) – могу се само једанпут прерадити топљењем, после тога материјал губи техничке карактеристике.

Пластична маса чистог састава, која је састављена само од полимера који су носиоци структуре, је данас права реткост. Пре свега цена таквог материјала би била веома велика, а још један од разлога је тај што су потребе за чистим полимерима изузетно мале.

Пластичне масе које се данас користе су грађене претежно од:

- Пуниоца (инертни материјал);
- Адитива (материје које побољшавају одређене карактеристике);
- Везивних материја (мономерни који су носиоци структуре).

Код великог броја пластичних маса највећи удео у структури имају пуниоци (80-90%), док полимери учествују са свега 10 до 20%. Тиме се знатно смањује цена производње пластичних маса.

2.1.1 Пуниоци

Као што је напоменуто пуниоци заузимају највећи удео у саставу пластичних маса. Разлог томе је што пре свега пуниоци поспешују и побољшавају одређене карактеристике пластичних маса. Поред тога пуниоци у потпуности могу да промене карактеристике материјала. Још једна од улога, која је можда и најзначајнија, је да пуниоци снижавају цену материјала [1].

Постоји велики број пуниоца који се користе у изградњи пластичних маса, и они су подељени у следеће групе :

- Прашкасти (дрво, кварцно брашно, креда, талк, чађ);
- Влакнасти (стаклена и органска вуна, азбест);
- Листасти (хартија, тканина, дрвени фурнир).

Прашкасти пуниоци имају улогу да побољшају неке од техничких својстава материјала као што су :

- Повећање отпорности и постојаности на повишеним температурама;
- Смањење запаљивости;
- Смањење процента скупљања;
- Смањење деформације пластичних делова.

Влакнасти пуниоци за разлику од прашкастих имају структуру влакана, која утиче на неке друге карактеристике материјала, као што су:

- Повећање затезне чврстоће;
- Повећање отпорности на атмосферске утицаје;
- Повећање стабилности материјала (смањују деформације).

Листасти пуниоци имају улогу, такође, да повећају и побољшају одређене карактеристике материјала, као што су напон на притисак, напон на затезање, отпорност на спољашње факторе.

2.1.2 Адитиви

Адитиви су материје које се додају како би материјал добио одређене карактеристике које је иначе овако тешко добити. Неке од тих карактеристика су смањење апсорције влаге, побољшање пластификације, порозност структура (код делова код којих се захтева транспарентност). Најчешће коришћени адитиви који се додају пластичним масама су: пластификатори, стабилизатори, катализатори, боје, супстанце за формирање порозне структуре, итд [1].

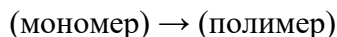
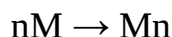
- Пластификатори су супстанце које се додају пластичним масама са циљем повећања пластичности масе на нормалним температурама. Они олакшавају прераду пластичних маса, снижавајући температуру преласка полимера у чврсто стање. Садржај пластификатора у пластичним масама може да износи и до 50% у односу на масу полимера.
- Стабилизатори су супстанце које се додају пластичним масама у циљу спречавања њиховог старења, а тиме продужавају век трајања производа;
- Катализатори су супстанце чијим се коришћењем смањује време очвршћавања пластичне масе, а тиме се постиже да готов производ добије што савршенију структуру и геометрију;

За бојење пластичних маса употребљавају се разни пигменти или органске боје. Садржај ових додатака обично износи 3–5% у односу на масу полимера. Све пластичне масе су претежно црне боје, па је додавање ових адитива неопходно како би готов производ имао неопходну боју. Порозна структура пластичних маса постиже се довођењем полимера у пенасто стање или увођењем у полимер супстанци које развијају гасове услед којих долази до експанзије масе.

2.1.3 Везивне материје и врсте полимера

Везивне материје или мономери представљају основу сваког полимера. Полимери су сложене органске супстанце које се добијају хемијском синтезом једноставних

једињења – мономера. Ова врста хемијске синтезе назива се полимеризација. Полимеризација је један од поступака добијања полимера и представља реакцију добијања полимера из одговарајућих мономера [1].

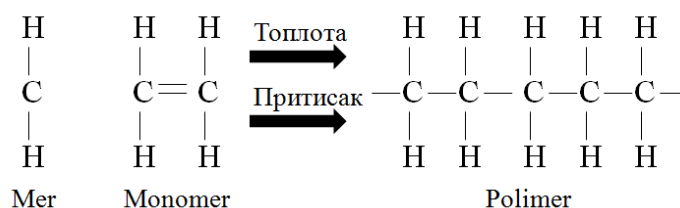


Величина "n" назива се степен полимеризације.

Основни поступци добијања полимера су:

- Полиадисија – реакција раздруживања разноврсних молекула и спајање атома у полимере без излучивања нуспродуката (термопласти – PUR; дуропласти – EP);
- Поликондензација – реакција згушњавања и спајања разноврсних молекула уз излучивање нуспродуката, нпр: вода. Представници ове групе су претежно дуропласти MF; PF; SI; UF; UP; термопласти PA, PC;
- Полимеризација – реакција спајања истих или сличних молекула без нуспродуката, као што су термопласти PE; PP; PS; PVC.

Полимери (слика 1) припадају категорији високомолекуларних једињења, чији се молекули састоје од неколико стотина или неколико хиљада атома међусобно спојених валентним везама. Овако велики молекули називају се макромолекулима. Макромолекули се састоје у највећем броју случајева од великог броја структурних јединица које се вишеструко понављају.



Слика 1. Формирање полимера

Полимери се могу разврстати у више различитих група у зависности од физичких својстава, начина прераде, структуре, итд.

I – Према физичким својствима полимери се деле на: еластомере, влакна и пластичне масе.

- Еластомери – Међу макромолекулима владају мале интермолекуларне привлачне силе. Ради тога имају мали модул еластичности и то 1 до 10 МПа. На собној температури могу се еластично истегнути најмање до двоструке почетне дужине.
- Влакна – Међу молекулима владају јаке интермолекуларне привлачне силе, јер постоји високи степен усмерене просторне оријентације молекула и висок интензитет кристалне структуре. Модул еластичности влакана износи 10^3 до 10^4 МПа. Већина механичких својстава не зависи од температуре, унутар интервала од -50°C до 150°C .

- Пластичне масе – Пластичне масе имају делимично кристаличну структуру, а интермолекуларне силе су средње величине. По својствима заузимају место између влакана и еластомера.

Уопштено, пластичне масе су материјали који се претежно састоје из органске макромолекуларне супстанце, са мало или без додатака. Својства им у великој мери зависе од температуре. Та својства су изражена и у процесу прераде која се врши на одређеној температури и притиску. Ако би се прерада вршила на другачијој температури и својства пластичне масе би, по правилу била.

II – Према начину прераде, полимери се деле на термопластичне и термостабилне.

- Термопластични полимери – При загревању омекшају, тако да се могу прерађивати и обликовати, а након хлађења поново очврсну. Поступак загревања и хлађења може се поновити више пута. Међутим, уколико се прекорачи одређена температура, долази до непожељних хемијских реакција, а тиме и знатне промене својстава полимера. Термопластични полимери имају малу топлотну постојаност и малу тврдоћу, а неки од њих релативно малу отпорност на деловање хемикалија, посебно киселина. Најпознатији полимери ове врсте су: полиетилен, поливинилхлорид, полистирен, полипропилен.
- Термостабилни полимери – Након загревања и хлађења неповратно очврсну у не топљиви полимер. Ова својства настају као последица хемијских реакција умрежавања која настаје код загревања. Имају већу чврстоћу, тврдоћу и бољу топлотну постојаност него термопластични полимери, а отпорни су према хемикалијама. Најпознатији термостабилни полимери су: епоксиди, фенолформалдехиди, полиестери.

III – С обзиром на структуру полимери могу бити линеарни, разгранати и умрежени.

- Линеарни полимери настају повезивањем мономера у један константан низ или ланац, тако да је сваки мер повезан само са два суседна мера.
- Разгранати полимери имају на неки од мера на главном ланцу везане краће бочне везе.
- Умрежени полимери имају тродимензионалну просторну структуру. Састоје се од дугачких ланаца који су међусобно повезани краћим попречним везама.
- Један макромолекул може бити изграђен од једног или више врста мономера. Дакле, полимери се могу поделити на две основне групе:
- хомополимери који су изграђени само од једне врсте мономера. Типичан представник ове групе је полиетилен;
- кополимери који су изграђени од две или више врста мономера. Типичан представник ове групе је поливинилхлорид.

Данас се користи веома велики број полимерних материјала (преко 10 000 комерцијалних), са масеним уделом од 80%, доминира група од четири "масовна" пластомера: PE, PP, PS и PVC.

IV – У зависности од оријентисаности влакана (макромолекула)

Једна од најважнијих подела пластичних маса је у зависности од оријентисаности влакана, јер сама оријентисаност истих утиче на особине пластичне масе. Пластичне

маса могу имати аморфну или кристализациону структуру. У случају аморфне структуре, макромолекули су међусобно хаотично распоређени, односно нема никакве геометријске правилности у њиховом простирању. За разлику од аморфне структуре, материјали који имају кристализациону структуру имају делимично уређене макромолекуле, односно простирање влакана има геометријску правилност.

2.2 Технологије прераде пластичних маса

Полимери се израђују у облику праха, љуспица, гранула, зрнаца или смоле, а њихова прерада у готове производе изводи се процесима обраде као што су:

- Пресовање (обично, посредно, ињекционо),
- Екструдирање (фолија, цеви, трака и плоча),
- Екструзионо бризгање,
- Екструзионо дување шупљих тела,
- Каландровање,
- Натапање (ламинација),
- Производња вештачких пена и
- Превлачење металних предмета вештачким материјама.

2.2.1 Пресовање

Израда делова од пластичних маса пресовањем врши се у алатима (калупима) за пресовање, који имају једно или неколико профилисаних удубљења са контуром која одговара облику дела. Удубљења алата се испуњавају пластичном масом (у чврстом или растопљеном стању) и под дејством топлоте и притиска изводи се обликовање дела. Основни поступци израде делова од пластичних маса у алатима за пресовање су [2]:

- Компресионо пресовање,
- Посредно пресовање и
- Ињекционо пресовање (пресовање бризгањем и ливење под притиском).

Прва два начина пресовања претежно се примењују код израде делова од термореактивних пластичних маса (тзв. дуропласта који се не могу топити), док се ливењем под притиском најчешће израђују делови од термопластичних маса (термопласти).

Компресионо (обично) пресовање је најпростији поступак израде делова од дуропласта применом алата и калупа за пресовање и широко се примењује у пракси. Процес обичног пресовања се изводи на хидрауличној преси у дводелном алату и састоји се из следећих фаза рада:

- Пуњење удубљења предходно загрејаног алата пластичном масом,
- Затварање алата и извођења пресовања, при чему материјал омекшава под дејством топлоте и притиска и попуњава удубљења алата, а затим у току одређеног времена очвршћава и
- Отварање алата и избацивање готовог дела (отпреска) из њега.

Посредно пресовање - Удубљење алата може се пунити зрнастом пластичном масом или претходно пресованим комадима (таблете, брикети). Обичним пресовањем могу се израђивати делови свих величина и свих врста пластичних маса за пресовање, осим делова са дубоким отворима малог пречника, као и делови са арматуром мале чврстоће, која се под дејством притиска материјала може деформисати.

Овај начин пресовања изводи се помоћу алата који имају одвојену комору за пуњење од удубљења алата у коме се врши обликовање дела. Процес пресовања се састоји из следећих фаза:

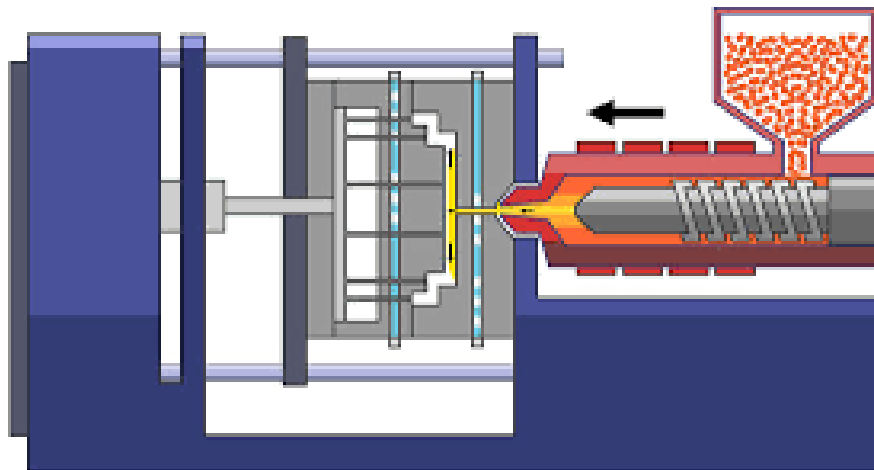
- Пуњење коморе материјалом, који се у њој загрева и омекшава,
- Потискивање растопљеног материјала из коморе за пуњење, преко уливних канала ка
- Гравури алата,
- Враћање потискивача, отварање алата и избацивање готовог дела и
- Затварање алата и извођење следећег циклуса.

2.2.2 Бризгање

Бризгање је са економског аспекта најзначајнији поступак прераде термопласта. Главне предности убризгавања су у уштеди материјала, мањем времену израде и мањем потребном простору за производњу. И поред великих трошкова за набавку опреме (машина и алата) овај поступак даје велике предности код серија од само неколико хиљада комада [2].

- Предности овог поступка су:
- тачност димензија и облика предмета, као и велику могућност обликовања предмета,
- производност са чистом и глатком површином у било којој боји,
- широке могућности дораде, обраде и оплемењивања површине,
- брза производња великих серија,
- велике могућности искоришћавања материјала.

Као највећа предност овог поступка сматра се чињеница да ови производи по својим димензијама одговарају алату. Дакле, све димензије се могу одредити тачно. Бризгање је нарочито подесно за велике серије и може се у многим случајевима аутоматизовати. Да би термопласт био погодан за прераду бризгањем, он мора да постане течан при одређеној температури, да се може бризгати у алату деловањем притиска и да при томе испуни контуру алата. Термопласт мора да задржи течљивост у извесном времену, а да при томе не дође до хемијског распада, испаравања, умрежавања итд.



Слика 2. Шематски приказ пуњења алата [1]

Машине за бризгање раде периодично, процес није континуалан. Сировина из уливног левка се пластификује у грејном цилиндру и из овог убризгава помоћу потисног уређаја у виду клипа или потисног пужа у алат где се обликује. Растопина испуњава шупљину алата, очврсне у њему и најзад се као готов део изводи из алата. Ток обликовања, који на први поглед изгледа врло једноставно, зависи од многих услова прераде, који знатно утичу на коначни резултат обликованог производа. Врло је важно довести у склад термопласт, алат и машину да би коначни производи имали велику употребну вредност. Зато је у наставку дат преглед параметара који утичу на поступак бризгања.

- Притисак бризгања: притисак убризгавања зависи од врсте термопласта, димензија алата и величина одређених поступком ињекционог бризгања. На потребни притисак бризгања утичу дужина и ширина алата, дебљина дела и димензије ушћа. Са порастом дужине и ширине алата расте и притисак бризгања. Смањење дебљине отпреска и пресека ушћа доводи до повећања потребног притиска бризгања. Повећање температуре термопласта захтева веће притиске бризгања, док повишена температура алата незначително смањује притисак бризгања.
- Температура бризгања: један од најважнијих проблема при бризгању термопласта представља једнолико загревање материјала. Чим је запремина цилиндра већа, то треба више топлоте довести маси. Проводљивост топлоте гранулата је слаба. Ради тога ће материјал који је ближи зиду цилиндра у једном тренутку бити прегрејан. Проблем је тежи што је већи предмет који треба бризгати. Код клипних машина за бризгање овај проблем је нарочито изражен. Усавршавањем машина за бризгање дошло се до машина са потисним пужем. Окретањем пужа врши се мешање гранулата, тако да се постиже ефекат једноликог загревања. Температура се одређује према врсти термопласта, машини, односно пута течења према дебљини зида, као и према томе колико је искоришћен капацитет машине. При истој температури масе тешко течљив термопласт очврсне у краћем времену хлађења, него лако течљив. Течљивост материјала је у суштини зависна од температуре масе, притиска бризгања и температуре алата. Танки зидови изискују вишу температуру, јер сувише ниска температура води ка оријентисаним напонима производа. Међутим, треба

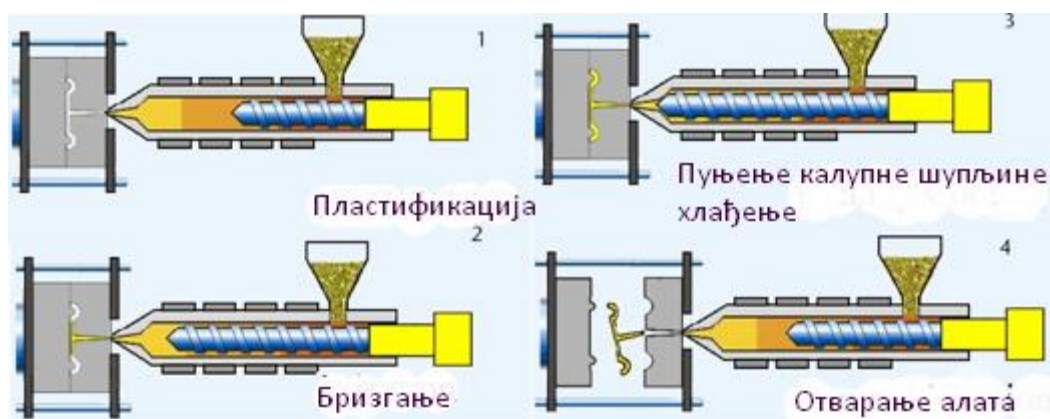
водити рачуна да сувише висока температура не доведе до термичког оштећења материјала. Већа температура масе утиче на веће скупљање дела, али се деформациона разлика смањује, а механичке особине повећавају.

- Брзина бризгања; брзина бризгања је брзина којом се креће пужни клип напред. Од те брзине зависи количина масе која у секунди изађе из млазнице, односно уђе у алат. Брзина бризгања је функција температуре термопласта, притиска бризгања и масе отпреска. Бира се тако да се калупна шупљина испуни још при пластичном стању термопласта. Код производа са танким зидовима бира се већа брзина бризгања. Тиме се ограничава оријентација течења, а температура масе изједначава. Сувише велике брзине бризгања могу негативно утицати на квалитет, механичке особине, изгорелост и листање.
- Накнадни притисак: накнадни притисак делује на крају фазе бризгања. Укључује се пре краја потпуног испуњења алата да би се избегле евентуалне нетачности при дозирању. Накнадни притисак се бира да део покаже што мање улегнуће, јер у супротном би био непотребно оптерећен унутрашњим напрезањем. Накнадни притисак има нарочиту важност код производа са дебелим зидовима. Време деловања накнадног притиска се одређује искуствено и оправдано је рећи да је време трајања накнадног притиска време хлађења уливног система.

2.2.3 Ливење под притиском

Ливење под притиском (ињекционо пресовање) је слично посредном пресовању. Изводи се одговарајућим алатима на специјалним машинама за ињекционо пресовање. Примењује се углавном за пресовање термопласта, мада су последњих година развијене и машине за ињекционо пресовање дуропласта. Процес ињекционог пресовања (слика 3) састоји се од следећих фаза [2]:

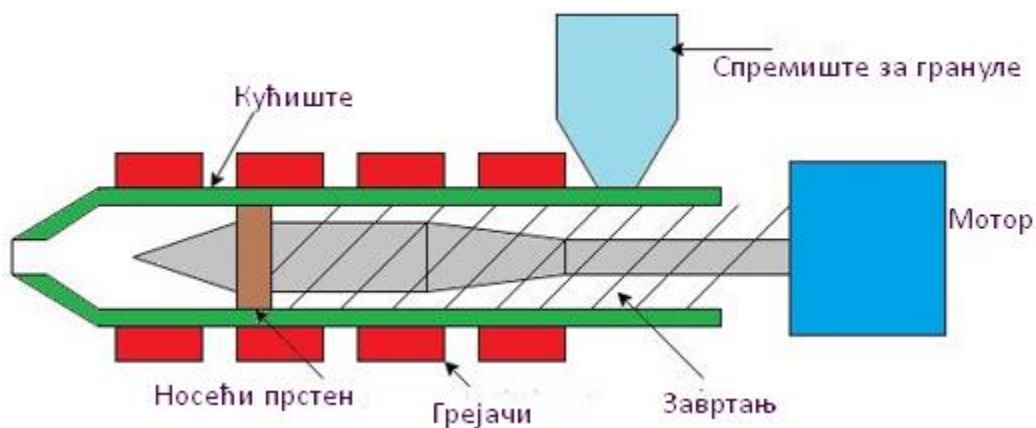
- материјал за пресовање дозира се у бункер машине, одакле се посредством уређаја за дозирање доводи у цилиндар који се загрева посебним грејачем,
- у цилиндру се материјал топи и под притиском клипа (или пужног ваљка) потискује, преко бризгачке машине, уливне чауре и уливних канала у алат,
- пошто је температура алата нижа од температуре материјала, већ у току процеса попуњавања удубљења алата долази до наглог хлађења и очвршћавања материјала дела. После одређеног времена алат се отвара и отпресак избацује из њега.



Слика 3. Шема поступка ињекционог пресовања [1]

2.2.4 Екструдирање

Екструдирање је континуалан поступак прераде пластичних маса. Овим поступком пластична маса, као полазна сировина, у праху или најчешће гранулату убацује се путем левка у цилиндар машине у којој је смештен један или више пужева, који транспортују, а под утицајем доведене топлоте преводе је у течно стање. Дејством погона за обртање пужа, као и савлађивањем отпора који настају транспортовањем растопљене пластичне масе, кроз отворе између пужа и цилиндра, маса се пластифицира, хомогенизира и на крају у алату машине формира се у жељени облик. Ова машина у којој се одвија поменути процес зове се екструдер. Екструдирање или истискивање, примењује се за прераду пластичних маса на посебним машинама – екструдерима (слика 4). Маса за прераду се сипа кроз левак у цилиндар, захвата пужем и услед топлоте се стапа, односно она се гура према глави која у себи садржи сита кроз која се истискује пластична маса. На овај начин израђују се цеви, траке, профили [2, 3].

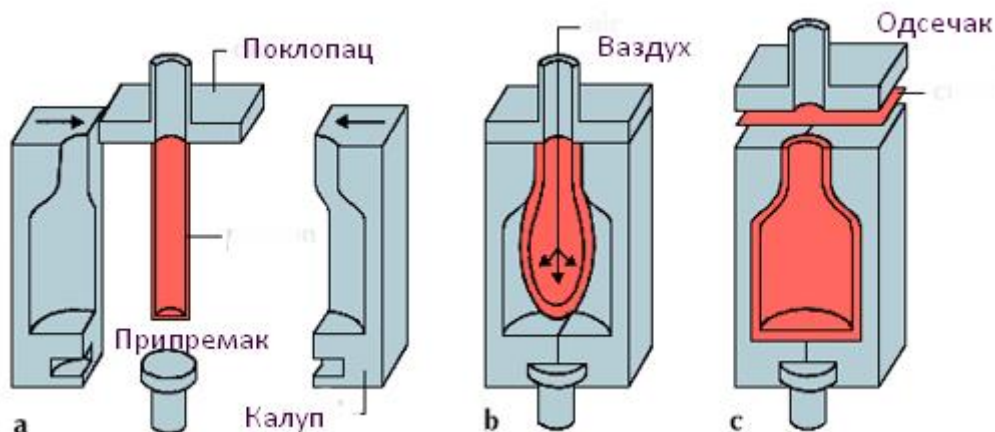


Слика 4. Шема поступка екструдирања пластичних маса [1]

Променом главе екструдера могу се на једној машини израђивати више облика производа пластичних маса у континуитету. Основни параметри процеса израде су температура загревања и брзина кретања пужа која зависи од врсте пластичне масе.

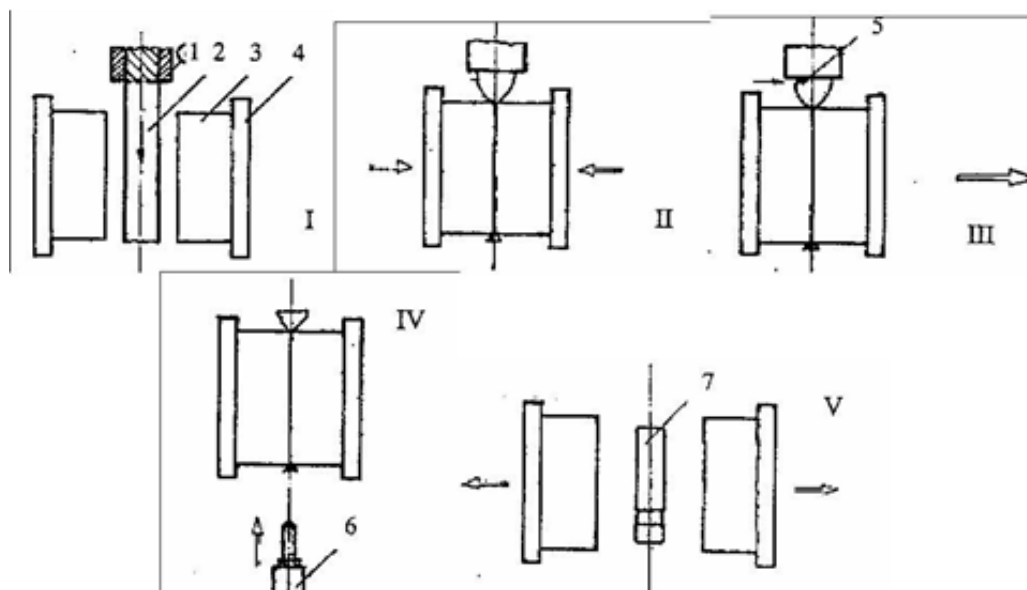
2.2.5 Дување (екструзионо дување)

Користи се за израду танкозидних судова од пластике (боца, пластичних канти и сл.). Најпре се у загрејани екструдер сипа гранулат тако да се на излазу формира меко црево. Оно се уводи у отворени дводелни калуп, калуп се потом затвара и у црево доводи загрејани ваздух под притиском кроз цевчицу. Тако се пластика потискује уз зидове калупа попримајући његов унтрашњи облик [3].



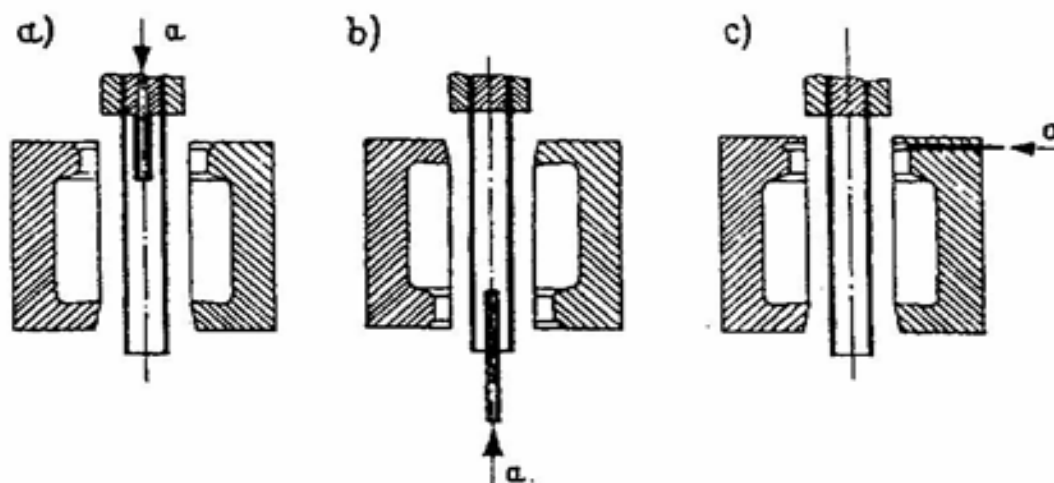
Слика 5. Дување боца из екструдираниог црева [1]

У екструдеру или преси за ливење термопласт се загревањем доводи до течног стања, а затим се преко коленасте главе вертикално на доле бризга у облику црева. Дводелни отворени алат (калуп) обухвата одређену дужину црева, затвара уз истовремено удувавање ваздуха под притиском кроз танку цев или иглу, која пролази грло шупљег тела. На овај начин ваздух под притиском шири црево и сабија га уз хладне зидове калупа. Након хлађења алат се отвара и готов производ се вади из алата. Екструзионо дување се може посматрати као двокорачни процес. Први корак обухвата производњу полупроизвода екструдирањем, а други корак дување у коначни облик и хлађење готовог производа у алату. Као полупроизвод се користи епрувета добијена при сталној екструзији. У специјалним случајевима су корисније екструзионе фолије са широким разрезом, или пар фолија. Технологија производње шупљих тела техником дувања је подељена у две велике области. Прва садржи производњу шупљих тела до 5 l запремине или око 0,5 kg тежине, друга производњу већих и тежих тела. За обе области познати процеси омогућују израду шупљих тела запремине између неколико милилитара и 2000 l, односно тежине између неколико грама и 72 kg. У области до 5 l запремине користи се екструзија са измичућим агрегатом за дување (компресором), циркулационим делом (са климајућим екструдером), транспортом полупроизвода или двостраничним системом са покретним (повлачење и извлачење) алатом за дување. Користе се и двостранични системи са скретницом. Данас се најчешће користе уређаји са више глава и компјутерски управљањем трна за уравнотежење дувнотехнички условљене разлике у дебљини зида у правцу осе и коректуре дужине за изјадначење дебљине зида на обиму, код дувнотехнички неповољних пресека. Полупроизвод (црево) је одвојено или испод дизне или кроз систем за сечење са хладним или врелим ножем. Неопходна брзина ножа при овом процесу износи преко 4 m/s. На неким системима транспортују се међусобно ланчано повезана шупља тела. Упрошћен приказ процеса дат је на слици 6. Кретања покретних делова машине за дување, као и међусобни положај тих делова се разликују од машине до машине, зависно од њене концепције [2].



Слика 6. Фазе процеса дувања, 1-дизна; 2-епрувета (чарапа,црево); 3-алат; 4-основна плоча; 5-нож за сечење; 6-дуваљка; 7-готов производ [2]

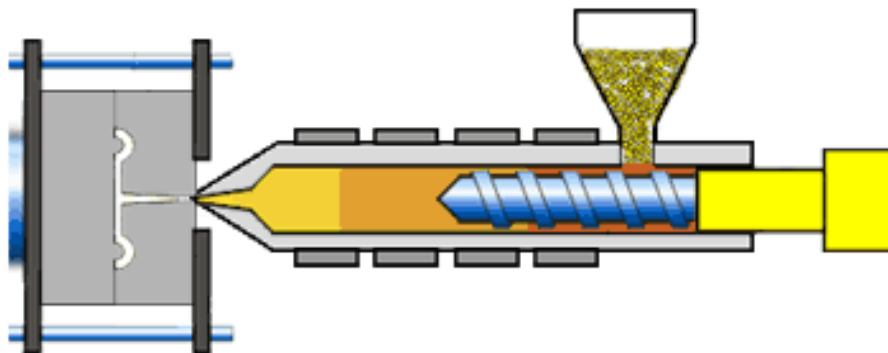
По екструдирању полупроизвода (фаза I) затвара се алат (фаза II) и ножем се сече полупроизвод (фаза III), да би се затим алат померио ка дуваљци и дуваљка пришла алату (фаза IV). Након дувања и хлађења пластике у алату, алат се отвара и одваја готов производ (фаза V). Постоје три могућности за удубавање ваздуха: аксијално – одозго, са стране и аксијално – одоздо



Слика 7. Довођење ваздуха а-аксијално одозго; б-аксијално одоздо; ц-са стране [2]

2.2.6 Убризгавање (ливење под притиском)

Процес убризгавања изводи се на аутоматским машинама за убризгавање. Шема убризгавања дата је на слици 8.



Слика 8. Шема поступка убризавања пластичних маса [1]

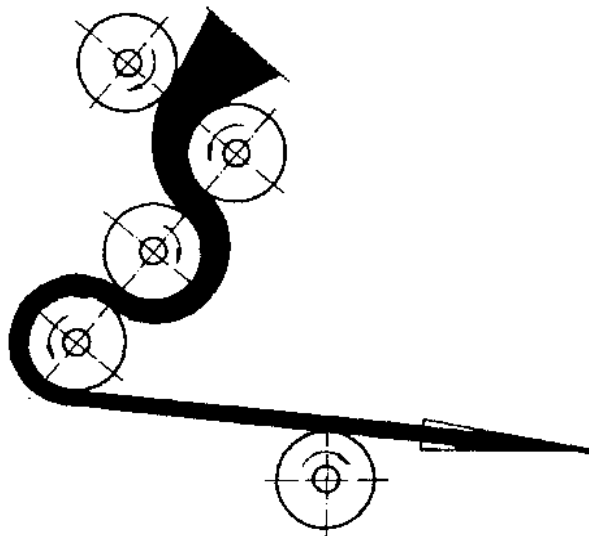
Маса за прераду у облику зрна, гранула или прашка у одговарајућем саставу и количини сипа се кроз левак у цилиндар, где се греје и стапа се, а затим се клипом та растопљена маса гура према калупу који има нижу температуру, услед чега се пластична маса брзо хлади и очвршћава. Снижење температуре калупа изводи се расхладним средствима преко одговарајућих канала [3].

2.2.7 Каландровање

Каландровање је слично ваљању метала. Примењује се за добијање танких фолија. Суштина поступка је у вишеструком пропуштању фабриката кроз загрејане ваљке, тако да се дебљина стално смањује. Каландровањем се добија фолија дебљине од 0,04 до 3 mm. Поступак каландровања се изводи помоћу машине која се назива каландер. Производња на каландеру је континуална и користи се у масовној производњи, када је потребно производити велике количине. Три основне врсте каландера су каландери за [2]:

- Извлачење фолија,
- Пеглање и
- Утискивање дезена.

Каландер за извлачење фолија преводи измешани и хомогено пластифицирани материјал у танке фолије бесконачне дужине. Каландер се састоји од три, односно четири цилиндрична ваљка, паралелно постављених са супротним смером обртања. Врућа маса се континуалано додаје између прва два ваљка каландера, истискује у размак између другог и трећег, а затим трећег и четвртог, при чему се дебљина изједначава и површина полира. Иза ваљка се налазе уређај за хлађење, мерење, обрезивање и намотавање готових фолија. Управљање процесом производње фолија захтева усклађивање различитих операција, посебно у погледу састава, температуре, брзине, капацитета итд. На каландеру се најчешће прерађују омекшани и тврди поливинил хлорид. Каландер за пеглање се користи за добијање глатких површина фолија и плоча, добијених екструзијом. Уређај се састоји од 3 паралелно постављена ваљка са полираним површинама. Растојање ваљака се прецизно регулише. Каландер за дезенирање утискивањем састоји се од гравирног ваљка и контра ваљка са еластичном површином (обично гума или пресовани папир). Дезенирање утискивањем врши се у пластичном стању. Материјал се одмах хлади да би се спречила деформација дезена.



Слика 9. Шематски приказ каландровања [2]

2.2.8 Натапање (ламинација)

Процес натапања се састоји у натапању листова хартије или текстила пластичном масом. Овако натопљени листови слажу се један на други, у броју зависно од жељене дебљине, а затим се у пакету излажу високој температури и високом притиску (око 100 daN/cm²), чиме долази до међусобног спајања листова. Поред наведених процеса добијања пластичних маса у пракси су у примени [3]:

- Облагање каблова и жица;
- Екструзија фолија и филмова;
- Облагање путем наношења превлака;
- Синтеровање прахом - облагање прахом;
- Екструзија влакана.

2.2.9 Производња вештачких пена

Вештачке пене састоје се од великог броја релативно малих, овалних, гасом испуњених ћелија. Међусобно се разликују с обзиром на физичке особине, као што су: специфична тежина, тврдоћа, флексибилност, пропустљивост гаса и пара, упијање воде, постојаност према разним хемијским агенсима, термоизолациона и изолациона својства звука итд. Од ових особина, у највећој мери зависи област примене споменутих материјала у пракси. Три основна начина производње пенушавих синтетичких материјала су [2]:

- Мешање вештачких материја са течном пеном,
- Надувавање физичким путем и
- Надувавање хемијским средствима.

2.2.10 Превлачење металних предмета вештачким материјама

Превлачење металних и других предмета вештачким материјама може се вршити [2]:

- Потапањем у флуидизирани прах вештачких материја,

- Распршивањем хладног праха вештачке материје на предгрејани предмет,
- Пламеним распршивањем праха помоћу пиштоља за металзирање,
- Распршивањем или наношењем течне дисперзије или раствора полимера и
- Потапањем у течну дисперзију.

Површина предмета која се облаже мора да буде равна, без рупа или шупљина у којима би могао да заостане ваздух. Она не сме да буде масна. Опрема која је потребна за превлачење предмета вештачким материјама састоји се од пећи за предгревање и растапање унутар којих се налази транспортер или уређај за вешање металних предмета. На њега се наноси прах вештачке материје, а у другој пећи врши се растапање. За процес екструзије данас се искључиво користе термопластичне масе. Оне могу да, под утицајем температуре, претрпе перманентно деформисање без промене физичких и хемијских особина. Способност деформисања облика, под утицајем топлоте, и враћања у првобитно стање је основна особина термопластичних маса.

2.3 Заваривање пластичних маса

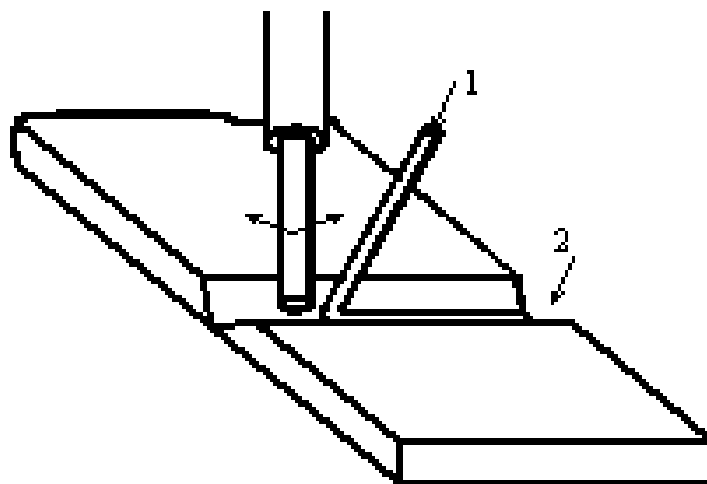
Заваривање пластичних маса је спајање два дела, непосредно или посредно (жицом за заваривање), претходним довођењем пластичне масе у термопластично стање, када молекули имају велику слободу кретања. Деловањем притиска долази до хомогеног сједињавања [2].

На основу начина загревања разликују се пет основних поступака заваривања:

- заваривање загрејаног гаса,
- заваривање загрејаног елемента,
- заваривање притиска (трењем),
- диелектрично заваривање и
- заваривање ултразвуком.

Заваривање пластичних маса топлим гасом је најстарији и врло једноставан поступак за заваривање плоча, цеви, подова, када и сл., при извођењу инсталација у хемијској индустрији и грађевинарству.

Поступком се заварују: тврди PVC, меки PVC, полиетилен, полипропилен и др. На слици 10 приказан је поступак сучеоног заваривања равних плоча топлим гасом. Заваривање се изводи топлим гасом који загрева плоче и жицу, жица омекшава тако да се лаганим притиском повија и испуњава шав. При заваривању PVC-а и тврдог полиетилена као топли гас употребљава се ваздух, а код меког полиетилена и полипропилена азот или угљен-диоксид.



Слика 10. Заваривање топлим гасом: 1-жица за заваривање, 2-шав [2]

Поред сличности заваривања метала и пластичних маса постоје и одређене разлике. При заваривању метала пуниоц се топи, а код заваривања пластичних маса шипка пуниоца омекшава и под дејством силе остварује сталну везу, перманентан спој. У општем случају спој се може пунити једним проласком троугаоне шипке, уз уштеду материјала.

Фактори који имају значајан утицај на јачину вара оствареног заваривањем топлим гасом код пластичних маса су:

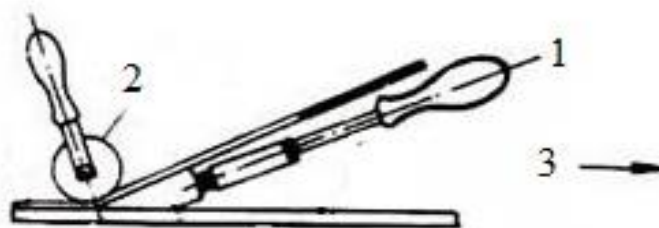
- чврстоћа основног материјала,
- температура и врста гаса,
- притисак на троугаону шипку за време заваривања,
- тип вара,
- припрема материјала пре заваривања,
- обученост и искуство вариоца.

Заваривање загрејаним елементом се састоји у томе да се површина пластичних материјала загреје до температуре спајања медијумом за загревање (од 204 до 342С).

За време периода хлађења делује се силом притиска (од 0,03 до 0,09 МПа) на спојене делове.

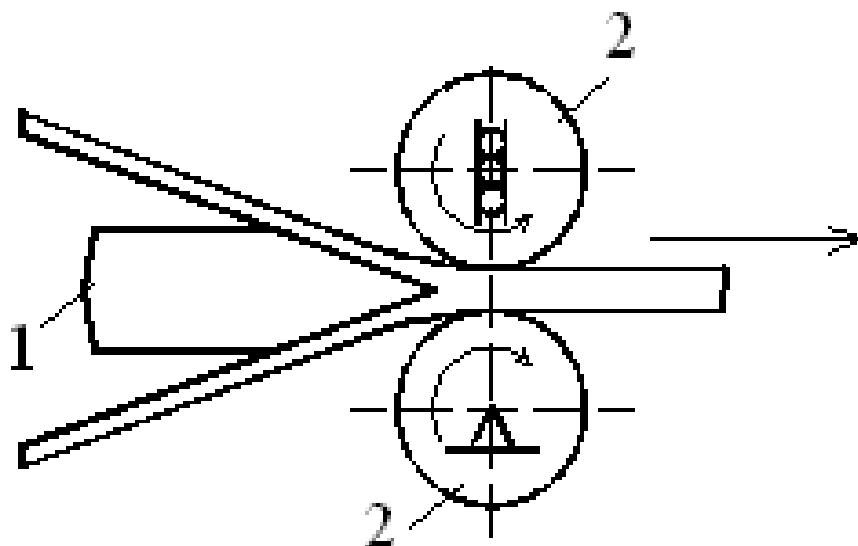
Заваривање помоћу загрејаних елемената примењује се код неких термопласта где заваривање топлим гасом не даје добре резултате, нпр.: полиметил – акрилата (плекси-стакла), полиетилена или полиолефина.

На слици 11 приказан је поступак заваривања помоћу загрејаног ножа, који се помера између плоча у правцу стрелице. Нож прати ваљак за притискивање.



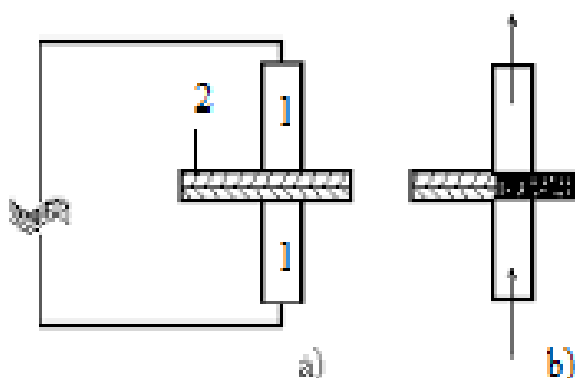
Слика 11. Заваривање помоћу ножа и ваљака за притискивање 1-нож, 2-ваљак за притискивање, 3-правац кретања [2]

На слици 12 шематски је приказан поступак континуалног заваривања помоћу ножа. Загрејани нож је непокретан, док се висина између и притиска може регулисати горњим ваљком. Поступак се користи за конфекционирање амбалаже од ПВЦ-а, полиетилена и других пластичних маса.



Слика 12. Континуално заваривање помоћу ножа 1-загрејани нож, 2-ваљак [2]

Диелектрично заваривање (Слика 13.) се изводи струјом високе фреквенције.



Слика 13. Диелектрично заваривање а-пре заваривања, б-после заваривања, 1-електроде, 2-фолије од пластичне масе [2]

Између металних електрода, које се налазе под наизменичним напонам високе фреквенције од 20 до 60 MHz, налази се пластична маса која није проводник, већ диелектрик. Услед врло брзих измена напона долази до орјентисања и унутрашњег кретања. Услед насталог трења ствара се топлота у термопласту, док електроде остају хладне.

Ултразвучно заваривање је топлотни процес који се може применити и код термопласта. Алат који вибрира при фреквенцији ултразвука додирује половину дела. Фрикциона топлота, која се ствара због високофреквентних вибрација, топи пластичну ивицу на једној површини. Истопљени материјал са обе површине тече лагано и очвршћава када престану ултразвучне вибрације.

3. Производња шупљих термопластичних профила за прозоре од ПВЦ-а

Поливинил хлорид (ПВЦ) је један од најчешће коришћених термопластичних полимера у свету (пored само неколико широко коришћених пластика попут ПЕТ и ПП). То је природно бела и врло крхка (пре додавања пластификатора) пластика. ПВЦ је трајао дуже него што је већина пластике први пут синтетизована 1872. године, а комерцијално их је произвела компанија Б.Ф. Гоодрич 1920-их. За поређење, многе друге уобичајене пластике су први пут синтетизоване и постале комерцијално одрживе тек у четрдесетим и педесетим годинама двадесетог века. Најчешће се користи у грађевинској индустрији, али се користи и за знакове, примену у здравству и као влакно за одећу [4].

ПВЦ се производи у два општа облика, прво као крути или непластични полимер (РПВЦ или уПВЦ), а други као флексибилна пластика. Флексибилан, пластификован или обичан ПВЦ мекши је и подложнији савијању од уПВЦ због додавања пластификатора попут фталата (нпр. Диизонил фталата или ДИНП). Флексибилни ПВЦ обично се користи у грађевинарству као изолација на електричним жицама или у подовима за куће, болнице, школе и друга подручја где је стерилно окружење приоритет, а у неким случајевима и као замена за гуму. Крути ПВЦ се такође користи у грађевинарству као водоводна инсталација и за покривање зидова који се у САД-у обично називају појмом „винил“.

Неке од најважнијих карактеристика ПВЦ пластике укључују релативно ниску цену, отпорност на пропадање околине (као и на хемикалије и алкалије), високу тврдоћу и изванредну затезну чврстоћу за пластику у случају чврстог ПВЦ-а. Широко је доступан, често коришћен и лако се може рециклирати.

Неке од најзначајнијих својстава поливинил хлорида (ПВЦ) су:

- густина: ПВЦ је веома густ у поређењу са већином пластике (специфична тежина око 1,4).
- економичност: ПВЦ је лако доступан и јефтин.
- тврдоћа: Крути ПВЦ је веома чврст.
- чврстоћа: Крути ПВЦ има изузетно добру затезну чврстоћу.

Поливинил хлорид је „термопластични“ материјал који има везе са начином на који пластика реагује на топлоту. Термопластични материјали постају течни на њиховој тачки топљења (распон за ПВЦ је између врло ниских 100 степени Целзијуса и виших вредности попут 260 степени Целзијуса, зависно од адитива). Главни корисни атрибут термопластике је да се они могу загрејати до тачке топљења, поново охладити и поново загрејати без значајне деградације. Уместо да се пале, термопласти попут полипропилена се укапљују, што им омогућава да се лако бризгају и потом рециклирају.

Крути ПВЦ посебно има врло високу густину за пластику што га чини изузетно тврдим и генерално врло јаким. Такође је лако доступан и врло економичан што у комбинацији са дуготрајним карактеристикама већине пластике чини лак избор за многе индустријске примене попут грађевине.

Поливинил хлорид се добија из једног од три процеса емулзије:

- полимеризација суспензије,
- емулзијска полимеризација,
- насипна полимеризација.

Постоје два главна проблема рада са ПВЦ-ом који га чине прилично проблематичним и не препоручују се за употребу од стране непрофесионалаца. Први проблем је емисија токсичних и корозивних гасова током топљења материјала. То се у мери дешава током 3Д штампања, ЦНЦ обраде и ињекционог ливења. Други проблем је корозивна природа ПВЦ-а. Ово је проблематично када ПВЦ више пута дође у контакт са металним млазницама, резачима или алатима за калупе који се израђују од материјала који није нерђајући или неки други сличан метал отпоран на корозију.

3.1 3Д штампање

Поливинил хлорид је доступан у облику нити као пластична шипка за заваривање (материјал који се користи за заваривање), али тренутно није прилагођен за специфичну употребу у 3Д штампању. Највећи проблем ПВЦ-а за 3Д штампање је његова корозивна природа (која може угрозити функционалност типичних машина ако се користи током дужег временског периода) [4].

3.2 ЦНЦ обрада

Поливинил хлорид се може резати на ЦНЦ машини, али сваки машиниста који је покушао вероватно је доживео деградацију секача у зависности од материјала од кога се прави. ПВЦ је врло корозиван и абразиван, а резачи који нису израђени од нерђајућег челика или сличног корозивно отпорног материјала вероватно ће се временом покварити [4].

3.3 Бризгање

Поливинил хлорид се може бризгати као и друге пластике, али укључивање хлора у материјал отежава поступак. То је зато што истопљени ПВЦ може да испушта корозивно отровне гасове. Сходно томе, продавнице морају бити опремљене са довољно вентилационих система. Поред тога, посебни материјали отпорни на корозију као што су нерђајући челик или хромирана плочица потребни су за алат за калупљење приликом бризгања ПВЦ пластике. Скупљање у ПВЦ-у обично износи између један и два процента, али може да варира у зависности од низа фактора, укључујући дурометар материјала (тврдоћу), величину капица, притисак задржавања, време задржавања, температуру топљења, дебљину зида калупа, температуру калупа и проценат и врсту адитива [4].

Предности поливинил хлорида:

- лако је доступан,
- релативно је јефтин,
- веома је густ и самим тим је врло тврд и отпоран на ударне деформације у односу на остале врсте пластике,

- има врло добру чврстоћу на затезање и
- врло је отпоран на хемикалије и алкалије.

Недостаци поливинил хлорида:

- има веома слабу топлотну стабилност (из тог разлога се додаци који стабилизују материјал на вишим температурама обично додају материјалу током производње),
- емитује отровне паре када се истопи или је изложен пожару.

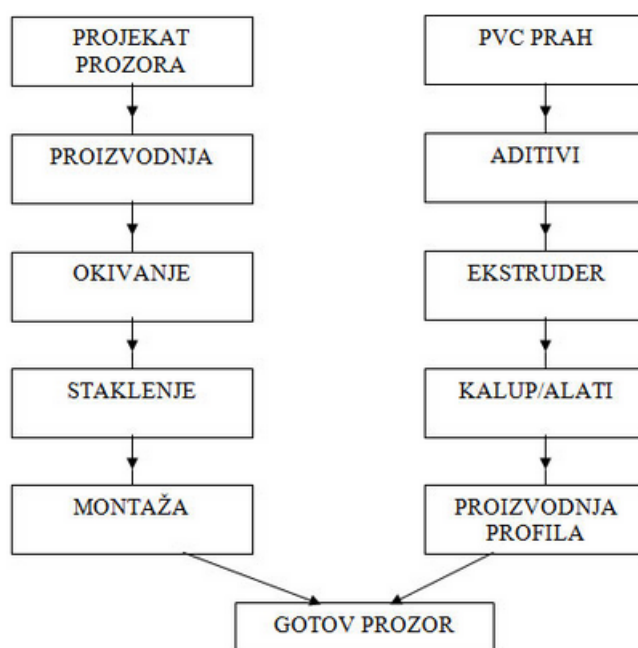
Иако постоје неки недостаци, поливинил хлорид је одличан материјал у целини. Има јединствен спој квалитета који га чине посебно корисним за грађевински посао.

3.4 ПВЦ рамови за прозоре

ПВЦ прозор се састоји од шупљих делова термопластичних профила, који су заварени у јединствену целину и ојачани металним ојачањем [5].

У производњу ПВЦ прозора укључени су бројни кораци. Индивидуални кораци зависе један од другог, на пример пројекат прозора утиче на избор производње, а карактеристике материјала утичу на особине завареног споја, а самим тим и на производњу.

На слици 14 је дата шема на којој су приказани кораци у производњи ПВЦ-а.



Слика 14. Кораци у производњи ПВЦ-а [5]

3.4.1 Коришћени материјал

ПВЦ је један од најраспрострањенијих полимера, а такође представља и термопластични материјал. Због тога овај материјал омекшава, на око 80 степени Целзијусових, под утицајем топлоте и поново се враћа у чврсто стање након хлађења. Због недостатка топлотне стабилности, базни ПВЦ прах се не може прерађивати директно у производ, што доводи до пропадања и захтева топлотни стабилизатор.

Особине ПВЦ-а могу бити побољшане и додавањем других адитива, што води у комплетну индустрију производње адитива, који имају широку примену од медицинских цеви, преко изолације каблова и зидних покривача до примене у зградама, као што су прозорски профили [5].

ПВЦ за прозорске профиле је непластификован и одржава чврстоћу, отпорност на пуцање и ширење пукотина.

Критични индекс кисеоника је за модификовани ударни ПВЦ око 40% и овај недостатак је значајан у ширењу пламена што је важан фактор у ширем коришћењу као грађевинског материјала.

3.4.2 Материјали потребни за производњу ПВЦ профила

ПВЦ прах је базни сирови материјал и чини 80% у зависном компаунду [5].

Ударни модификатор додаје се приближно 6% и користи се за пораст ударне чврстоће, нарочито на ниским температурама. То је гумени материјал који спречава ширење пукотина.

Пуниоц обезбеђује додатну тврдоћу материјала и помаже током процеса прераде. Количина која се додаје је око 5.5%.

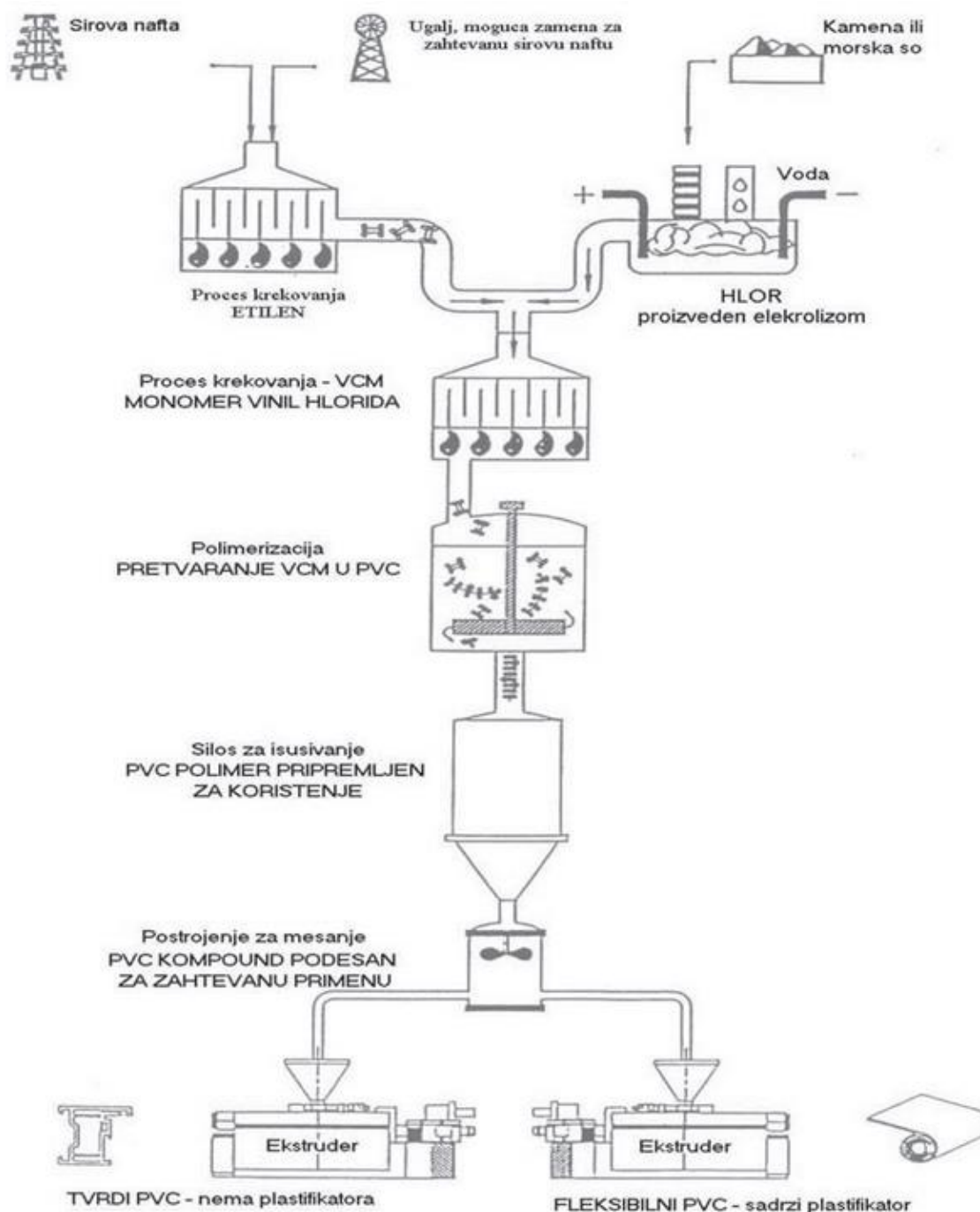
Пигмент (5%) се примарно користи као титан диоксид TiO_2 и додаје се око 5%. Додаје се да би профил добио белу боју и помаже у побољшавању карактеристика на временске утицаје.

Стабилизатори/клизна средства могу се додати посебно или заједно као “one pack” систем. “One pack” систем може бити испоручен у више физичких облика као што су прах, грануле, таблете или кесице. Ови елементи обезбеђују прераду и осигуравају топлоту и стабилност у дужем временском периоду компаунда.

Процесно средство се додаје ради контролисања карактеристика фузије и осигурања јачине топлевине. Помаже да се спречи цепање топлевине и веома је корисно за време стартовање екструзионе линије. Овај материјал се пре прераде меша у високо брзинском мешачу за производњу компаунда.

3.4.3 Начин производње ПВЦ-а

На слици 15 је приказан начин производње ПВЦ-а.



Слика 15. Производња ПВЦ-а [5]

3.4.4 Производња ПВЦ рамова

ПВЦ маса се процесом екструзије прерађује у екструдиране дуге шипке, односно профиле или рамове, у посебним машинама – екструдерима. Екструзија је процес претварања термопластичног праха у непрекидни производ, као што су цеви или профили, омекшавањем материјала кроз калуп. ПВЦ компаунд напаја пар вијака смештених у цилиндар који се греје екстерно комбинацијом сила смицања генерисаних ротацијом вијака и топлотом провођеном кроз цилиндар. ПВЦ се креће кроз цилиндар дуж вијака, омекшава пре проласка кроз калуп и напушта калуп топао и омекшан (слика 16) [5].



Слика 16. Линија за екструзију [6]

Ради добијања тачних димензија профил се провлачи кроз калибрационе калупе и тушира водом у купатилу у коме се одржава облик профила и врши његово хлађење. Ови калупи су хлађени водом и имају одговарајући вакуум у циљу вучења топлог материјала ка хладним металним површинама. Након тога, пре даље прераде, профил се сече на шипке одговарајуће дужине.

Пре формирања прозора на екструдираном профилу обавља се испитивање физичких особина и трајности. Испитивања као што су тестови вештачког старења за постојаност боје и одржавање ударне чврстоће, модула еластичности и ударне јачине при истезању спроводе се једном годишње, као типска испитивања. Остала испитивања, као што су боја, димензије профила, топлотна неповратност и ударна жилавост на ниским температурама, спроводе се дневно или недељно. Важне карактеристике профила су добра ударна чврстоћа и трајност на утицај УВ радијације.

Када ПВЦ профили изађу из екструдера (слика 17) у погоне за производњу прозора оне улазе у процес производње који се састоји из наведених фаза [7]:

- пројектантска припрема,
- сечење ПВЦ профила,
- сечење поцинкованог челичног ојачања које је посебно профилисано и служи за ојачавање,
- постављање челичног ојачања у шупљине ПВЦ профила и њихово шрафљење,
- бушење отвора за кваке, браве и остале врсте окова,
- заваривање,
- обрада ивица и углова на рамовима,
- сечење лајсни за стакло,
- уградња окова и
- застакљивање.



Слика 17. ПВЦ профили

3.4.5 Машине за сечење

Машине за сечење профила се према броју резних алата деле на једноглаве и двоглаве, а према начину управљања могу бити ручне и аутоматске. За сечење ПВЦ профила није потребна емулзија за хлађење алата [8].

Код двоглаве машине један резни алат је статичан, а други је покретан. Уколико машине имају аутоматско управљање онда се задата мера остварује дигиталном командом. Преко серијских портова могуће је управљати машином за сечење преко рачунара. Код једноглавих машина мерни инструмент је посебан елемент неопходан за сечење профила. Мерни инструмент се монтира на једноглаве машине, при чему је са једне стране уводник, а са друге се налази носач профила са инструментом који може бити дигиталан или мануелан.

Карактеристике машине за сечење “Murat TT 405” (слика 17) су [9]:

- Чврста конструкција за прецизност дужине и угла;
- Врхунски квалитет сечења;
- Аутоматски нагиб кретања глава тестере на 45° и 90°. Углови између 45° и 90° се лако могу ручно подесити и фиксирати;
- Пречник сечива тестере од 450 mm омогућава сечење широких профила, као и сечење два профила од 80 mm истовремено;
- Подесива брзина излаза сечива тестере;
- Могућност сечења дужине од 4 200 mm;
- Помоћу PLC контролног система уз Windows CE покретна глава се сама аутоматски позиционира;
- Број комада, димензије дужине, угаони положаји и количине се могу програмирати на контролној табли (999 x 3 различитих података се могу сачувати);
- Пренос података је могућ путем мрежне везе или USB приступа;
- Наставља сечење од места где је заустављена пребацивањем између различитих сегмената;
- Потпорни преносник профила причвршћен за покретну главу одржава равнотежу предмета на коме се ради;
- Аутоматско затварање заштитног поклопца;
- Систем хоризонталних и вертикалних стега обезбеђује оптимално фиксирање профила.

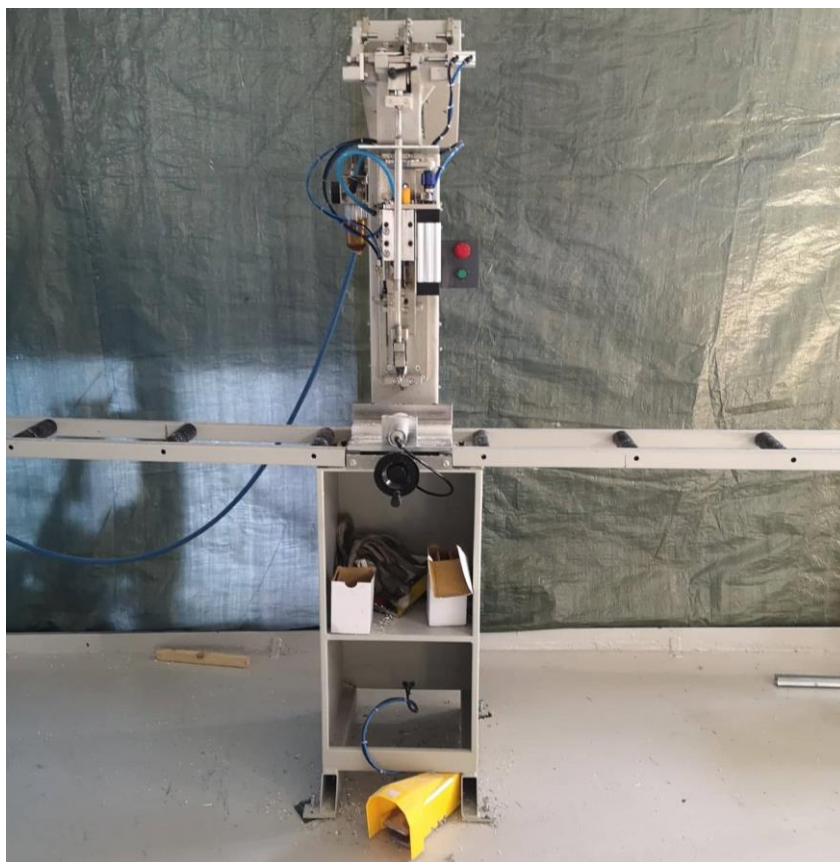


Слика 17. Машина за сечење профила - “Murat TT 405”

3.4.6 Шрафилице

Карактеристике машине за шрафљење “Murat DV 404”, приказане на слици 18, су [9]:

- За обраду једног профила;
- Аутоматско шрафљење ојачања профила уз помоћ ножне педале;
- Подешавање у складу са различитим попречним пресецима профила;
- Пнеуматско стезање током обраде;
- Аутоматско додавање шrafoва;
- Систем аутоматског заустављања на одређеној дубини независно од висине профила;
- Стандардно опремљена потпорним преносницима профила са леве и десне стране.



Слика 18. Машина за шрафљење челичног ојачања - “Murat DV 404”

3.4.7 Копир машине

Карактеристике машине “Murat FT 386” (слика 19) за бушење дренажних отвора на ПВЦ профилима су [9]:

- За глодање одводних канала и отварање вентилационих отвора на ПВЦ профилима под различитим угловима;
- Три брза мотора контролисане фреквенције (инвертора) врше глодање одводних канала на различитим површинама профила;

- Мотори могу да раде појединачно. Брзине глодања се могу независно подешавати;
- Лака за подешавање у складу са различитим димензијама профила;
- Горња јединица за глодање се аутоматски позиционира на леву или десну страну профила;
- Пнеуматско стезање профила.



Слика 19. Машина за бушење дренажних отвора - “Murat FT 386”

3.4.8 Варилице

ПВЦ прозори се производе заваривањем профила у зависности од захтеваних димензија и облика прозора. Заварени спојеви су јаки као стварни профили и испитују се поново. Код прозора већих димензија профили се ојачавају челичним или алуминијумским шипкама [8].

Заваривање представља међусобно спајање формираних профила. Обрађени профили се постављају на машину која се назива варилица и која обезбеђује висок квалитет вара. У неким погонима се користи четвороглава варилица која истовремено вари све углове, чиме се спречава одступање и омогућава да сви варови буду једнаки.

Машине за заваривање ПВЦ профила могу се користити за спајање једног, два или четири угла истовремено. Помоћу микро компјутера омогућава се контрола температуре, времена загревања (топљења) профила и времена спајања. У случају двоглаве варилице један комплет грејне плоче са стезачима је покретан, док су у случају четвороглаве варилице сва четири комплекта покретна.

Карактеристике варилице “Murat KC 258”, приказане на слици 20, су следеће [9]:

- Чврсто вари два угла ПВЦ профила користећи једну операцију;
- Фиксирана лева глава омогућава варење под различитим угловима између 60° - 180°;
- Вари и обојене и беле профиле са ограничењем шавва вара од 0.2 mm;
- Ручно покретна десна глава вари на 90°;
- Покретна глава се помера до жељене позиције ручно и фиксира помоћу пнеуматских кочница;
- Све операције се контролишу преко дигиталног дисплеја са екраном осетљивим на додир;
- Дуготрајне грејне плоче врше хомогену расподелу топлоте;
- Могућност једноставног чишћења грејних плоча;
- Једноставна употреба и замена дуготрајног Тефлона уз посебан Тефлон систем;
- Практичан систем замене алата за стезање при варењу.



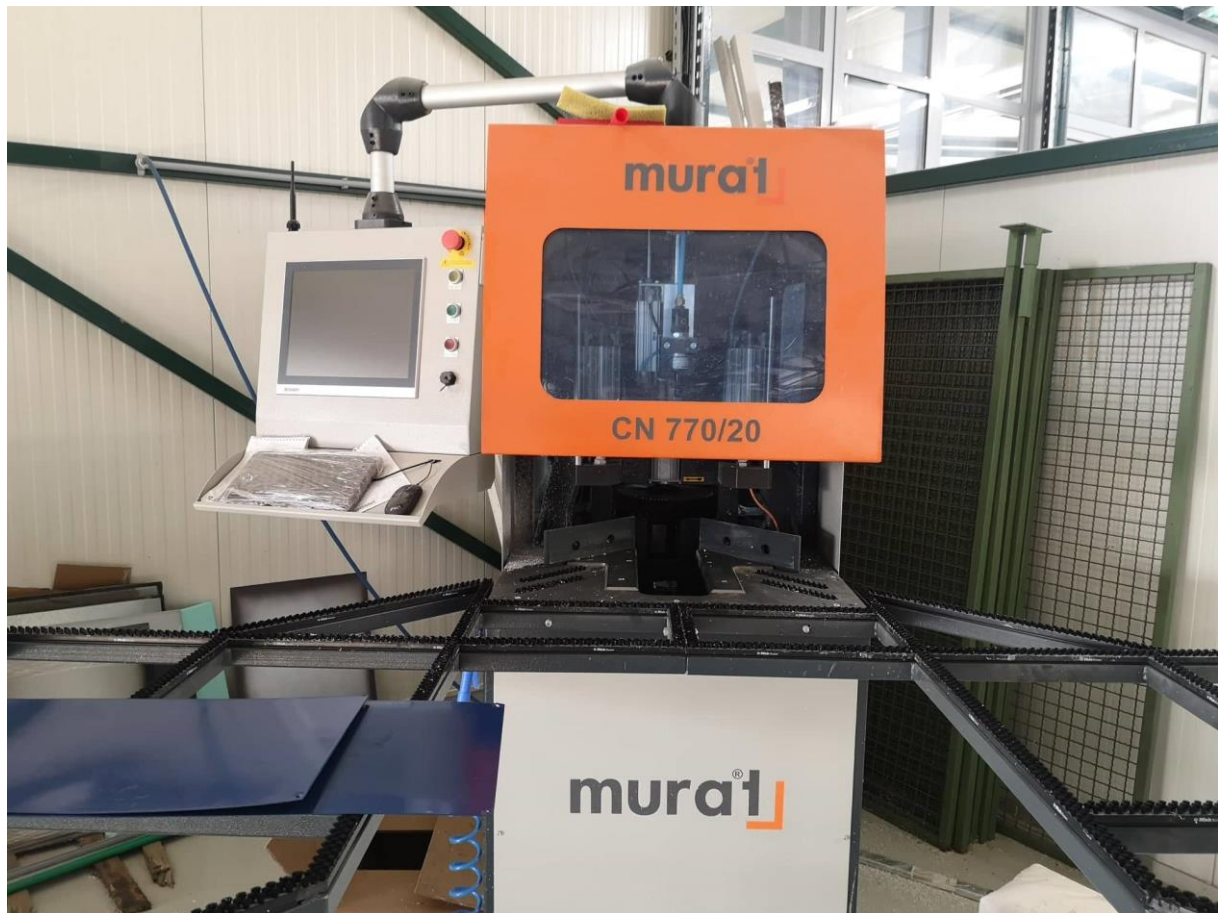
Слика 20. Варилица за ПВЦ профиле - “Murat KC 258”

Заваривање ПВЦ профила омогућава да ПВЦ прозори имају боља механичка и изолациона својства.

3.4.9 Чистилице

Карактеристике машине за обраду углова “Murat CN 770/20” (слика 21) су [9]:

- Двоосовинске брзе серво контроле омогућавају брз рад уз велику прецизност;
- Коришћење различитих ножева за жлебљење омогућава висококвалитетно чишћење површина;
- Врхунски резултати у чишћењу углова уз помоћ 11 посебно дизајнираних различитих алата;
- Са екрана се могу изабрати бели и обојени профили, као и обични и профили са заптивком и аутоматски очистити;
- Ергономичан терминал за руковање се једноставно може померити до сваког угла око машине;
- Индустијски РС високих перформанси са уграђеним Windows XP који ради на температурама од 0°C - 55°C без вентилатора;
- Разумљив једноставан интерфејс који је развио Murat Machinery Software Department омогућава једноставно креирање нових програма и измену постојећих коришћењем .dxf цртежа профила на екрану. Све поруке о грешкама су видљиве на екрану;
- Путем онлајн везе са целокупним системом могуће је даљинско откривање кварова и одржавање;
- Софтвер уклања непотребне процесе и одржава максималну безбедност од напада вируса и грешака корисника при сваком подизању система и искључивању;
- Пренос података је могућ путем мрежне везе или USB приступа;
- Могу се сачувати неограничен број димензија профила и својстава;
- Могућност аутоматског чувања резервне копије дневних података на јединици унутрашњег складишта;
- Уз сменски систем надзора, све операције се могу контролисати на свакодневно, недељном, месечном и годишњем нивоу;
- Централни систем подмазивања олакшава одржавање;
- Шине су посебно обложене како би се спречила корозија.



Слика 21. Машина за обраду углова на рамовима - “Murat CN 770/20”

3.4.10 Машине за сечење лајсни за стакло

Карактеристике машине за сечење “Murat TC 294” (слика 22) су [9]:

- Два посебна сечива тестере позиционирана под углом од 45° за истовремено сечење два профила лајсни;
- Помоћу посебних контраблокова два профила лајсни могу се сећи истовремено;
- Аутоматски покретна тестера са подесивом брзином излаза;
- Стандардно опремљена уређајем за механичко мерење, транспортним системом и подесивим граничником дужине;
- Контраблокови се лако могу заменити;
- Две вертикалне пнеуматске стеге омогућавају оптимално причвршћивање профила.



Слика 22. Машина за сечење лајсни - “Murat TC 294”

3.4.11 Столови за окивање

Карактеристике машине за окивање “Murat KT 804”, са слике 23, су [9]:

- Оптимизација склапања крила кроз комбинацију различитих процеса на једном столу;
- Троструко бушење за кваке и глодање канала за оков уз једноставно позиционирање алата;
- Бушач за сечење отвора за једноструке или нагибне окове, као и зглобне шарке у складу са димензијама крила без мерења;
- Аутоматска шрафилица са подешавањем висине за оков, зглобне шарке;
- Бушење отвора за шарке без узимања мера за локацију;
- Радни сто се може окренути 15° за ергономски рад;
- Стандардно опремљена полицама за опрему машине и остале алатке.



Слика 23. Сто за окивање - “Murat KT 804”

3.4.12 Машине за устакљивање

Застакљивање се обавља на посебном столу, приказаном на слици 24, на коме се проверавају и дијагонале крила, као и исправност и прецизност постављених окова.

Карактеристике машине за застакљивање “Murat CT 303” су [9]:

- Брзо склапање прозора, врата и елемената;
- Одржавање прецизног баланса уз помоћ паралелне јединице за стезање;
- Подизање клизача табле, што олакшава рад на рамовима;
- Застакљени рам се може запаковати, а затим лако пренети клизањем на котуровима.



Слика 24. *Машина за застакљивање - “Murat CT 303”*

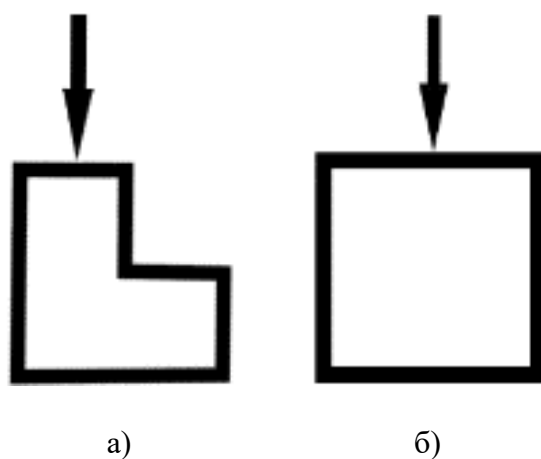
4. Експериментално испитивање профила притискивањем

Тест епрувета за ово испитивање су узорци добијени заваривањем два краја профила одсечених под углом од 45 степени, тако да се формира угао од 90 степени.

Испитивања се обављају на великој и малој кидалици погодног капацитета и то применом оптерећења притискивањем, при собној температури просторије.

Тест притискивањем се обавља све до лома узорка и при томе се бележи максимално достигнута сила.

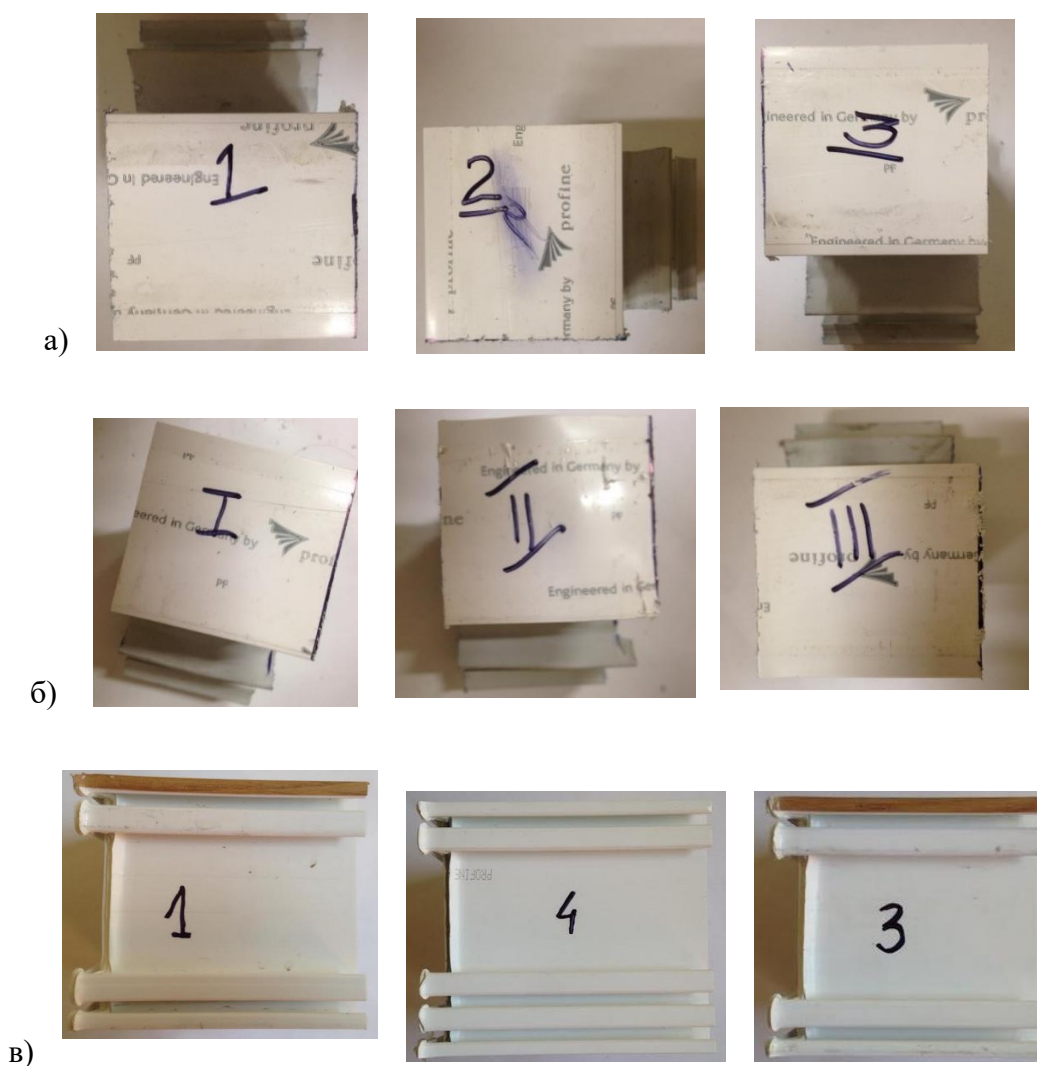
Приликом тестирања узорци су изложени притиску одозго (нормално на правац екструдирања) и бочном притиску (по правцу екструдирања), као што је приказано на слици 25.



Слика 25. а) Притисак одозго и б) бочни притисак

Узорци који су коришћени за испитивање распоређени су у четири категорије, а то су:

- узорци без унутрашњег ојачања, са спољашњом превлаком од полимерне фолије, на којима је извршено притискивање максималном притисном силом од 50 kg и од 2 t (слика 26а),
- узорци без унутрашњег ојачања, са спољашњом превлаком од полимерне фолије, на којима је извршено притискивање максималном притисном силом од 5 t (слика 26б) и
- узорци са унутрашњим ојачањем, са спољашњом превлаком од танке дрвене фолије, који су изложени притискивању максималном притисном силом од 5 t (слика 26в).



Слика 26. Врсте тестираних узорака

4.1 Мерење тврдоће

У табели 1 дате су вредности тврдоће по Роквелу HRC за узорке 1, 2 и 3.

Табела 1. Тврдоћа по Роквелу

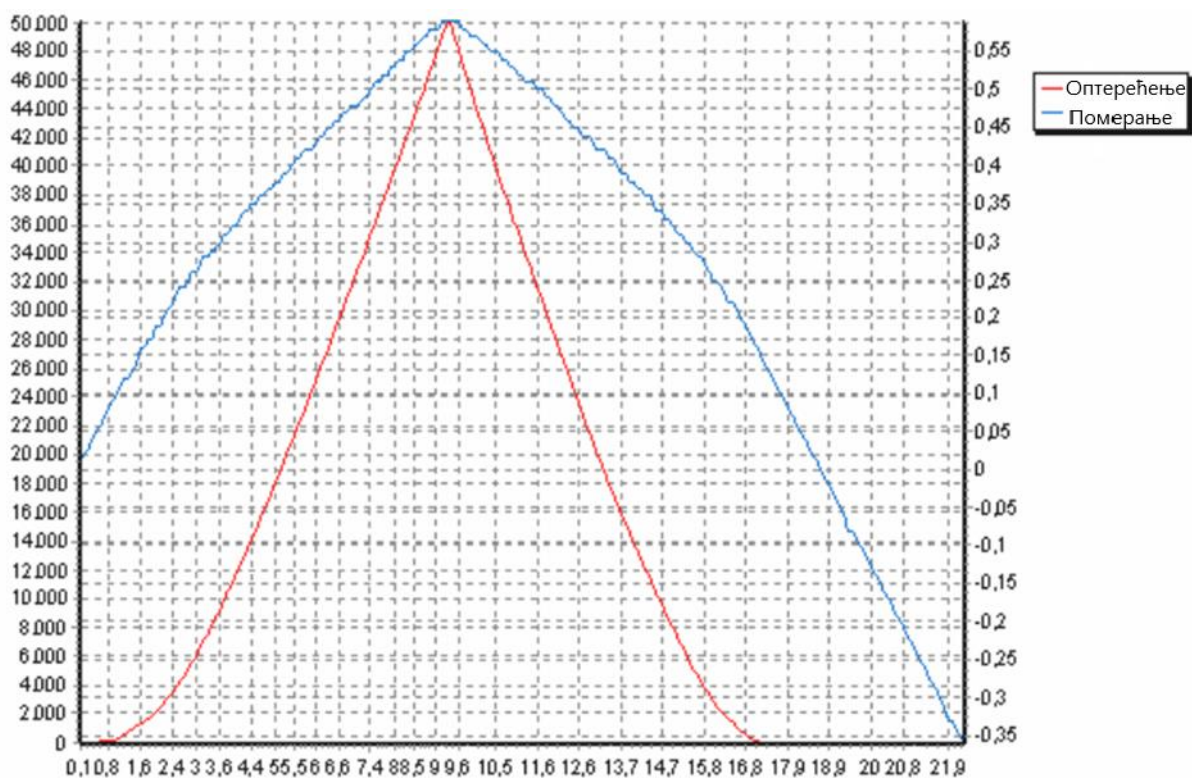
Ознака узорка	HRC
<u>1</u>	25
<u>2</u>	18
<u>3</u>	20

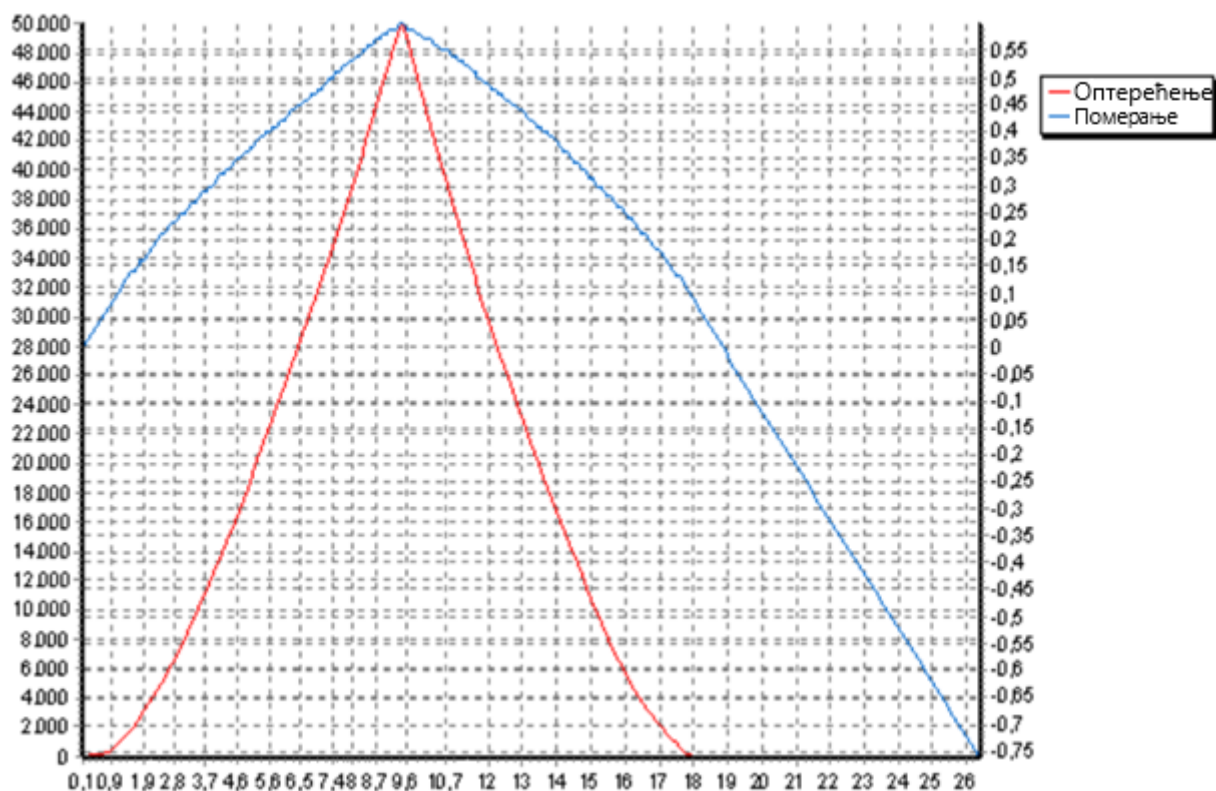
4.2 Тестови са малим силама

На групи узорака који су приказани на слици 27 (1, 2, 3) извршено је притискивање максималном притисном силом од 50 kg.

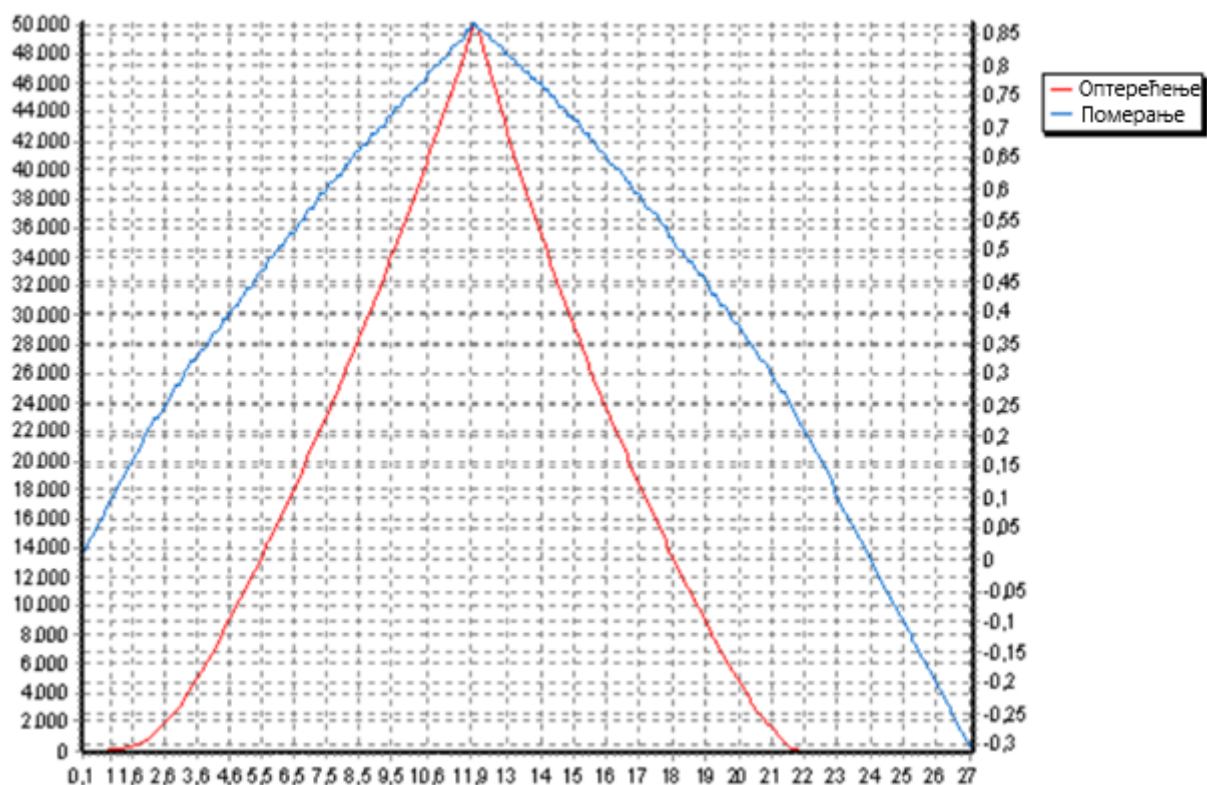
Слика 27. Узорци 1, 2 и 3

На сликама 28, 29 и 30 приказани су дијаграми сила-померање добијени притискивањем максималном притисном силом од 50 kg, без обзира што није дошло до пуцања узорака.

Слика 28. Дијаграм сила-померање за узорак 1



Слика 29. Дијаграм сила-померање за узорак 2



Слика 30. Дијаграм сила-померање за узорак 3

4.3 Тестови са већим силама

Групу узорака приказаних на сликама 31 (1, 2, 3) и 32 (I, II, III), такође представљају узорци без унутрашњег ојачања, са спољашњом превлаком од полимерне фолије. На првој групи узорака извршено је притискивање одозго, као што је приказано на слици 25а, максималном притисном силом од 2 t. За разлику од њих на другој групи узорака су извршени тестови на притисак са максималном притисном силом од 5 t, а притискивање је извршено бочно, као што је приказано на слици 25б. Ови тестови дају вредности максималних сила које су приказане у табели 2.

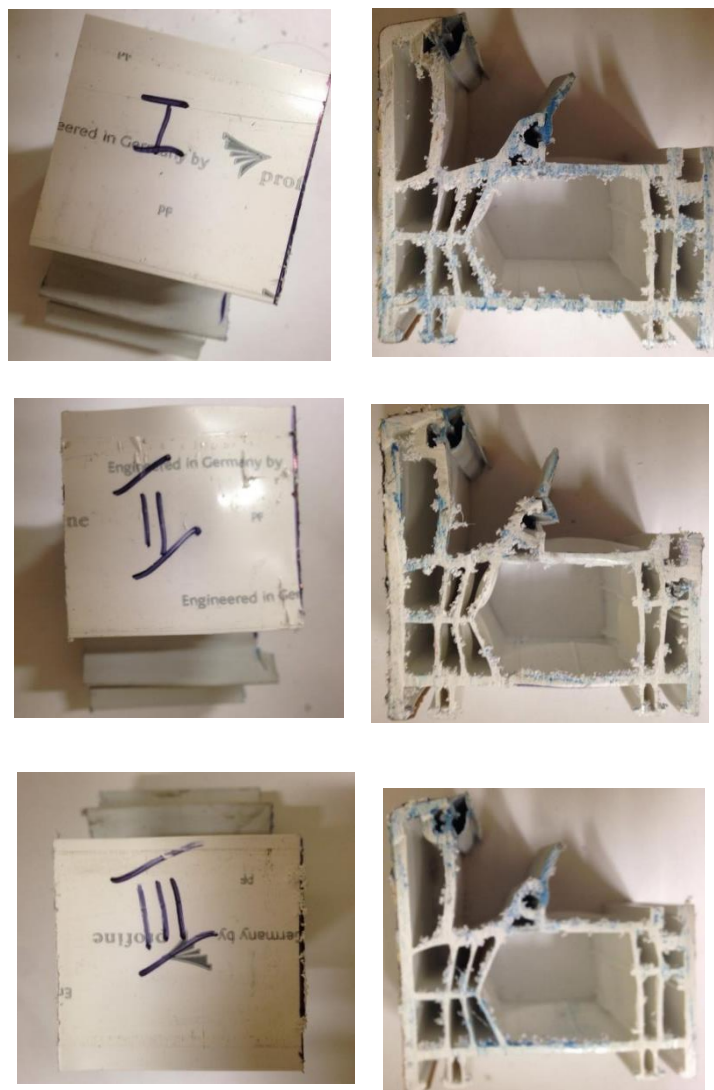
На слици 33 приказани су узорци са унутрашњим ојачањем, са спољашњом превлаком од танке дрвене фолије. На њима је извршено притискивање одозго, као што је приказано на слици 25а, максималном притисном силом од 5 t. Добијене вредности максималних сила за узорке 1, 4 и 3 су такође приказане у табели 2.

Табела 2. *Вредности максималних*

Ознака узорка	Вредност максималне силе
<u>1</u>	280 daN
<u>2</u>	325 daN
<u>3</u>	320 daN
I	4990 daN
II	5000 daN
III	5460 daN
1	1200 daN
4	1280 daN
3	1000 daN



Слика 31. Узорци 1, 2 и 3 пре и после притискивања силом од 2 t



Слика 32. Узорци I, II и III пре и после притискивања силом од 5 t



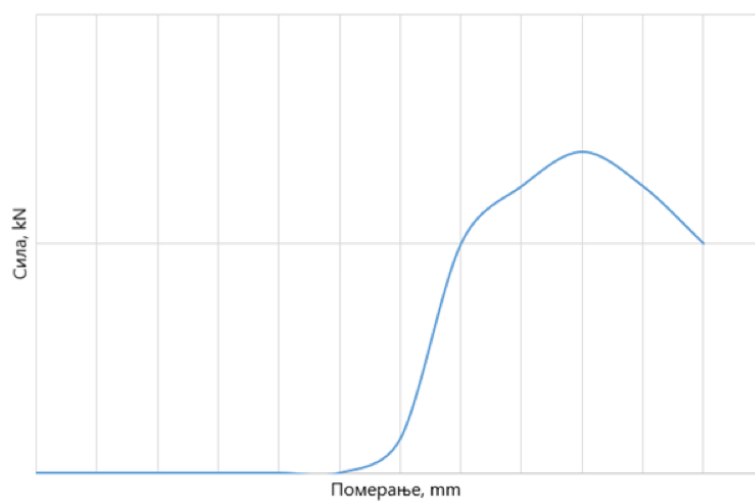
Слика 33. Узорци 1, 4 и 3 пре и после притискивања силом од 5 t

У табели 3 су приказане висине узорака пре и после теста.

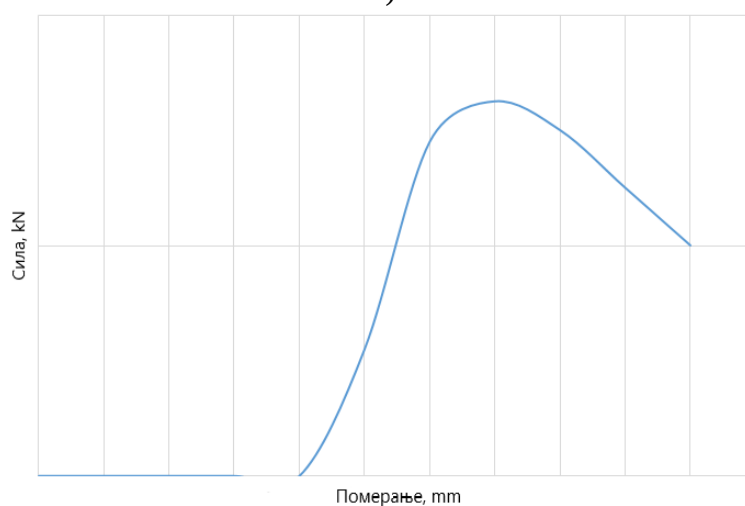
Табела 3. Висине узорака пре и после теста

Број узорка	Пре	После
<u>1</u>	h = 77 mm	$h_1 = 75,8 \text{ mm}$
<u>2</u>		$h_2 = 75,6 \text{ mm}$
<u>3</u>		$h_3 = 75,8 \text{ mm}$
I	h = 77 mm	$h_I = 76,4 \text{ mm}$
II		$h_{II} = 76,7 \text{ mm}$
III		$h_{III} = 76,8 \text{ mm}$
1	$h_1 = 78 \text{ mm}$	$h_1 = 76 \text{ mm}$
4	$h_4 = 88 \text{ mm}$	$h_4 = 87 \text{ mm}$
3	$h_3 = 78 \text{ mm}$	$h_3 = 75,2 \text{ mm}$

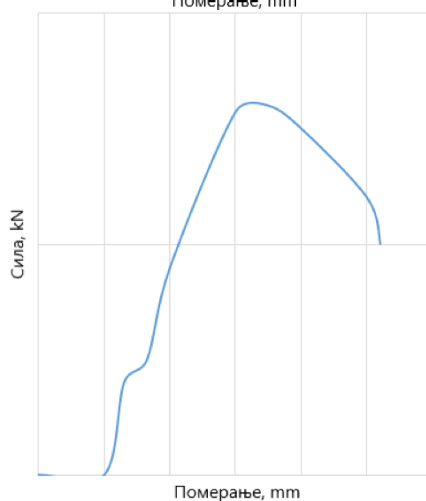
На сликама 34, 35 и 36 приказани су дијаграми сила-померање добијени на великој кидалици.



а)

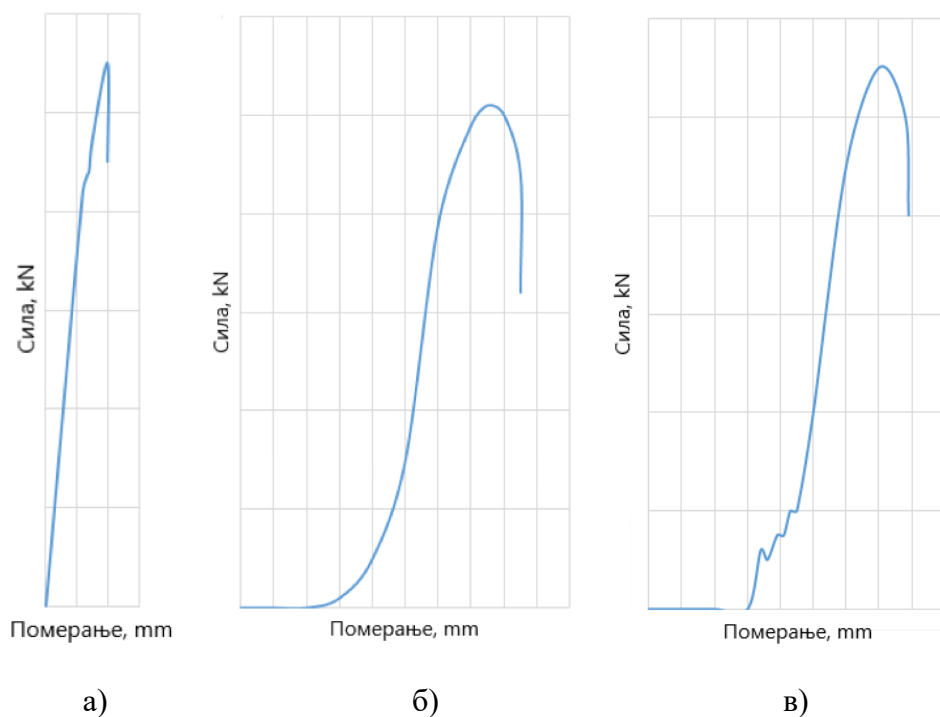


б)

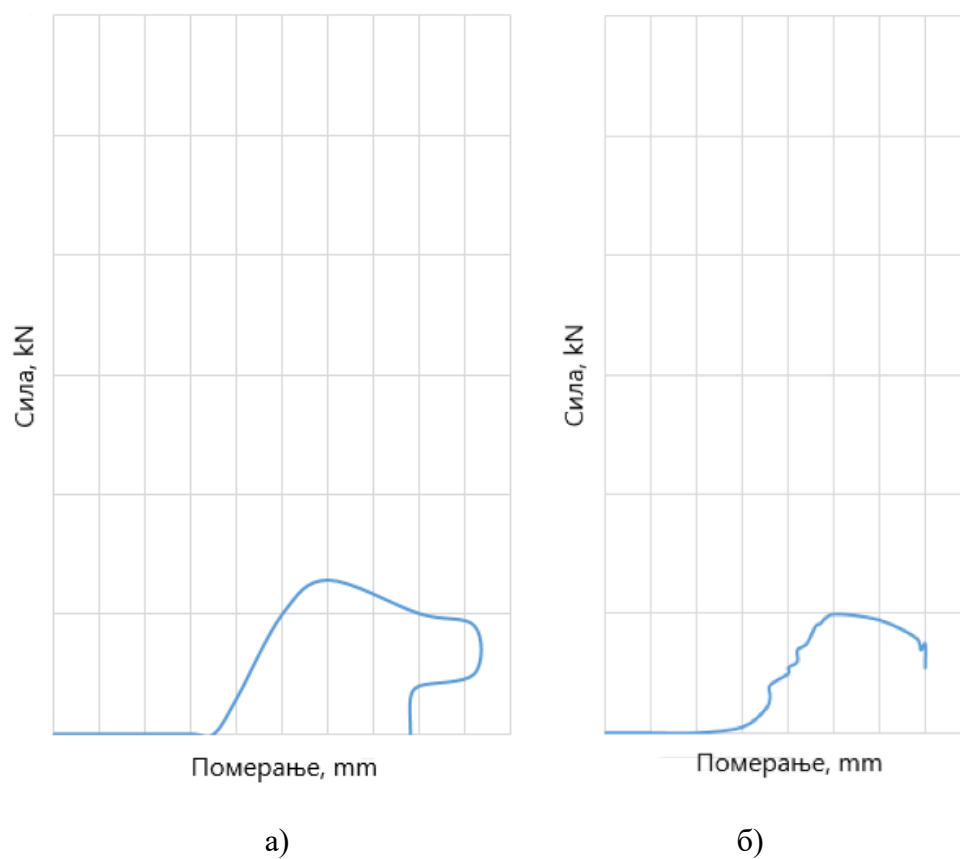


в)

Слика 34. Дијаграм сила-померање на великој кидалици за: а) узорак 1, б) узорак 2 и в) узорак 3



Слика 35. Дијаграм сила-померање на великој кидалици за: а) узорак I, б) узорак II и в) узорак III



Слика 36. Дијаграм сила-померање на великој кидалици за: а) узорак 4 и б) узорак 3

4.4 Поређење резултата

На основу добијених вредности максималних сила у табели 2 може се видети да су узорци I, II и III издржали највећу силу без пуцања, при чему то што није дошло до пуцања узорака представља валидан резултат.

Из дијаграма сила-померање добијених на малој кидалици може се видети да код узорака 1, 2 и 3 није дошло ни до деформације ни до пуцања узорака.

Такође, из дијаграма са велике кидалице може се видети да је код узорака означених са 1, 2 и 3, као и код узорака означених са I, II и III дошло само до бочне деформације услед испитивања, док је код узорака 1, 4 и 3, услед притискања одозго максималном притисном силом од 5 t, дошло до пуцања узорака по вару.

Из овог испитивања и на основу претходних поређења може се закључити да су се узорци означени са I, II и III показали као најбољи.

5. Закључак

Брз развој производње полимера и непрекидно ширење његове употребе у разним областима карактеристични су за развој индустрије у свету. Разлог брзог ширења пластичних маса треба тражити у томе што је немогуће повећати производњу природних материјала онолико брзо колико расте потражња за њима. Производ направљен од или са високим уделом полимерних материјала је јефтинији и има боља својства него ако је сировина за његову производњу природни материјал.

Пластика је материјал који садржи полимерно једињење као основну компоненту. Под одређеним условима и у одређеним фазама производње, пластични материјали се могу обликовати под утицајем топлоте и притиска и задржати одређени облик након хлађења. Ова својства полимера била су основа за развој различитих технологија прераде пластике и способност производње широког спектра делова који имају широку примену.

Полимерни материјали такође играју важну улогу у изради амбалаже од других материјала. Непропусност металне амбалаже постиже се еластомерима, а стаклене пластомерима. Производне линије које се користе у производњи полимерне амбалаже су врло једноставне, што значи да су и трошкови израде ниски. Најважнији део производних погона су екструдери. Оригинални дизајн екструдера до данас није претрпео веће промене. Све важније промене које су довеле до нових типова екструдера проузроковали су одређени захтеви који се стављају на производ са одређеном сврхом. Стога ће овај фактор играти важну улогу у будућим променама конструкције.

На основу наведеног може се закључити да процес прераде пластике има добре изгледе због релативно малих улагања у опрему, флексибилности производних програма и могућности брзог остварења капиталног промета, јер постоји велики избор производа и амбалаже намењених широкој потрошњи.

Литература

- [1] Давор Величковски, Миле Раичевић, Александар Марковић, Giovanni Meroni, Увод у индустрију пластике, SIGIT доо Крагујевац, 2017.
- [2] Богдан Недић, Технологије прераде пластичних маса, Машински факултет, Крагујевац, 2008.
- [3] <https://www.seminarski-diplomski.co.rs/TEHNOLOSKI%20SISTEMI/Tehnologije-prerade-plasticnih-masa.html>, приступљено: 01.03.2020.
- [4] <https://www.creativemechanisms.com/blog/everything-you-need-to-know-about-pvc-plastic>, приступљено: 05.03.2020.
- [5] <http://alupress.rs/nauka-u-praksi/nove-tehnologije/item/189-kako-napraviti-prozor-od-pvc-profila>, приступљено: 05.03.2020.
- [6] <https://www.pinterest.com/yzchangshu/stone-paper-production-line/>, приступљено: 05.03.2020.
- [7] <https://www.mrpvcsistem.rs/proizvodnja-pvc-stolarije-blog/>, приступљено: 05.03.2020.
- [8] <http://www.alu-pvc.com/>, приступљено: 05.03.2020.
- [9] <http://www.muratmasine.rs/index.php/sr/>, приступљено: 10.03.2020.