

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Производне технологије

Број индекса: 132/ 2009

Душан Б. Туцаковић

**Специфичности технологије израде
специјалне светиљке од полимера
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру завршног рада кандидат треба да размотри проблематику пројектовања производа од пластичних маса и технолошки поступак прераде бризгањем. Потребно је систематизовати податке везане за врсте и карактеристике пластичних маса и технолошке поступке прераде. Посебну пажњу у раду посветити проблематици израде делова који се спајају и карактеристикама појединих система алата за бризганје пластичних маса. На крају рада извршити пројектовање специјалне помоћне ауто светиљке и алата за израду бризгањем.

Препоручена литература:

- [1] Богдан Недић, Владислав Ђукић - *Пластичне масе*, скрипта, Факултет инжињерских наука, Крагујевац 2004.
- [2] Богдан Недић - *Технологије прераде пластичних маса*, Факултет инжињерских наука, Крагујевац 2004.
- [3] Мирослав Нађ - *Полимерни материјали* - Научна књига, Загреб 1991.

Крагујевац, јун 2013 год.

Ментор:

Резиме рада:

У оквиру рада извршено је прикупљање, анализа и систематизација података везаних за врсте и карактеристике пластичних маса и технолошке поступке прераде. Описане су карактеристике алата за израду делова од пластичних маса. Извршено је разматрање могућности спајања делова специјалне помоћне ауто светиљке. Посебна пажња посвећена је процесу пројектовања алата за израду кућишта специјалне ауто светиљке у програмском пакету CATIA.

Кључне речи: Пластична маса, бризгање, пројектовање алата.

Something of work:

As a part of reasearch there has been conducted a gathering analisys and sistematization of data concerning types and features of plastic mases and technological steps of processing. Features of tools for construction of plastic mases parts have been described. A consideration of possible merging of parts for special auxiliary car lights has been made. A particular attention has been dedicated in the process of modeling the tools for constructing boxes for special car lights in the program package CATIA.

Key words: Plastic mases, injection, design tools.

САДРЖАЈ

1. УВОДНО РАЗМАТРАЊЕ	1
2. ВРСТЕ И КАРАКТЕРИСТИКЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА	2
2.1 Опште о полимерима	3
2.2 Састав пластичних маса	7
2.3 Основна структура полимера	9
2.4 Подела пластичних маса	12
2.5 Својства пластичних маса	14
2.5.1 Физичка својства	16
2.5.2 Механичка својства	17
2.5.3 Термичка својства	22
2.5.4 Електрична својства	25
2.5.5 Оптичка својства	25
3. ПРИКАЗ ТЕХНОЛОГИЈЕ ПРЕРАДЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА БРИЗГАЊЕМ	26
3.1 Конструкција алата за бризгање пластике	26
3.1.1 Фактори утицаја на пројектовање алата за бризгање полимера	26
3.1.2 Врста убризгавања пластомера у калупну шупљину	28
3.1.3 Подела калупа за бризгање	28
3.1.4 Одређивање оптималног распореда гравуре	29
3.2 Бризгање пластомера	31
3.2.1 Принцип рада	34
3.2.2 Одабир машине	35
3.2.3 Сигурност	35
3.2.4 Чишћење и прелаз на други материјал	36

3.2.5 Боје и адитиви	37
3.3 Контрола облика и тачности	37
4. РАСТАВЉИВИ СПОЈЕВИ	39
4.1 Ускочно спајање (жабица)	39
4.2 Производи са металним и другим уметцима	40
4.2.1 Метални уметци са навојем	42
4.2.2 Експанзиони (раширни) уметци	43
4.3 Навојно спајање	43
5. КАРАКТЕРИСТИКЕ АЛАТА ЗА ИЗРАДУ ДЕЛОВА ОД ПЛАСТИЧНИХ МАСА	46
5.1 Основни елементи алата	46
5.1.1 Уливни систем	46
5.1.2 Гравура	48
5.1.3 Систем за избацивање отпреска	49
5.1.4 Систем за вођење калупа	51
5.1.5 Кућишта калупа	52
5.1.6 Елементи за хлађење калупа	53
5.1.7 Грејачи	54
5.2 Материјали за израду калупа	54
6. ПРОЈЕКТОВАЊЕ СПЕЦИЈАЛНЕ СВЕТИЉКЕ И АЛАТА ЗА ЊЕНУ ИЗРАДУ	56
6.1 Моделирање кућишта специјалне светиљке	59
6.2 Моделирања алата за израду кућишта специјалне светиљке	63
7. ЗАКЉУЧАК	73
8. ЛИТЕРАТУРА	74

1. УВОДНО РАЗМАТРАЊЕ

Вештачке (синтетичке) материје које имају аморфну макромолекуларну структуру чине велику групу конструкционих материјала који се једном речју називају пластике.

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 превode у полупроизводе који могу бити у облику гранула, течности, смола, таблета итд. Даљи процеси прераде (ваљањем у фолије, истискивањем под притиском, убризгивањем, ливењем) ових полупроизвода у финалне утичу не само на промену облика и структуре, већ и на промену хемијских веза које чине основу материје.

Позитивне особине пластичних маса као што су: мала специфична тежина, отпорност према многим хемикалијама и води, одличне електроизолационе особине, добра механичка својства, могућност брзе и серијске производње артикала.

Захваљујући овим особинама омогућиле су веома брзо ширење подручја примене пластичних маса у готово свим подручјима привреде.

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. Могућност поновне прераде и рециклаже, још једна је у низу предности која се пре свега испољава гледано са економског али и еколошког аспекта.

У наредним поглављима разматране су: врсте и карактеристике пластичних маса, приказ технологије прераде пластичних маса брызгањем, врсте растављивих спојева код производа од пластичних маса као и карактеристике алата за израду делова од пластичних маса.

Предзадње поглавље се односи на пример пројектовања специјалне светиљке и алата за њену израду.

У последњем поглављу изнет је закључак на основу приказаних и систематизованих података који су интерпретирани кроз завршни рад.

2. ВРСТЕ И КАРАКТЕРИСТИКЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА

Развојем хемијске индустрије последњих деценија и проналаском веома јаких, стабилних и трајних композитних материјала, топлотно издржљивих Оарамидних влакана, високоеластичних еластомера и бикомпатибилних материјала, учињен је значајан напредак у индустрији полимера.

Полимерни материјали се данас убрајају у најважније техничке материјале. Они не служе само као замена за традиционалне материјале (метали, дрво, керамика и стакло), већ се користе и за израду предмета који се раније нису производили од тих традиционалних материјала. Због широке примене ових материјала, њихов обим производње значајно премашује производњу свих метала заједно.

Предности елемената израђених од пластичних маса [1]:

- лакша израда елемената, нарочито, делова сложене конструкције, као и висока продуктивност,
- мала густина у односу на метал,
- стабилност полимерних материјала на вибрације и висока отпорност, омогућава широку примену,
- отпорност на киселине и раствараче,
- пропуштање светлосних зрака омогућава примену полимерних материјала у оптици (сочива), заштитника... ,
- високе антифрикционе особине полимерних материјала омогућавају им примену у склоповима са трењем, при високим температурама и
- ниска цена коштања.

Недостаци полимерних маса су:

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

2.1 Опште о полимерима

Пластичне масе су материјали код којих је основна компонента полимер.

Термин полимер (настао од грчке речи *poli* - много и *meros* - део) је синоним за макромолекулска једињења. Односно, полимери су материје које су изграђене од макромолекула, па се називају макромолекулским једињењима.

Једномолекуларна једињења - мономери имају својство да се под одређеним условима (одговарајућа температура и притисак) у присуству катализатора спајају у макромолекуларна једињења која се називају полимери [1].

Вештачке материје на бази макромолекула чине веома велику групу конструкционих материјала који се разликују по специфичним особинама које проистичу из њихових различитих аморфних структура.

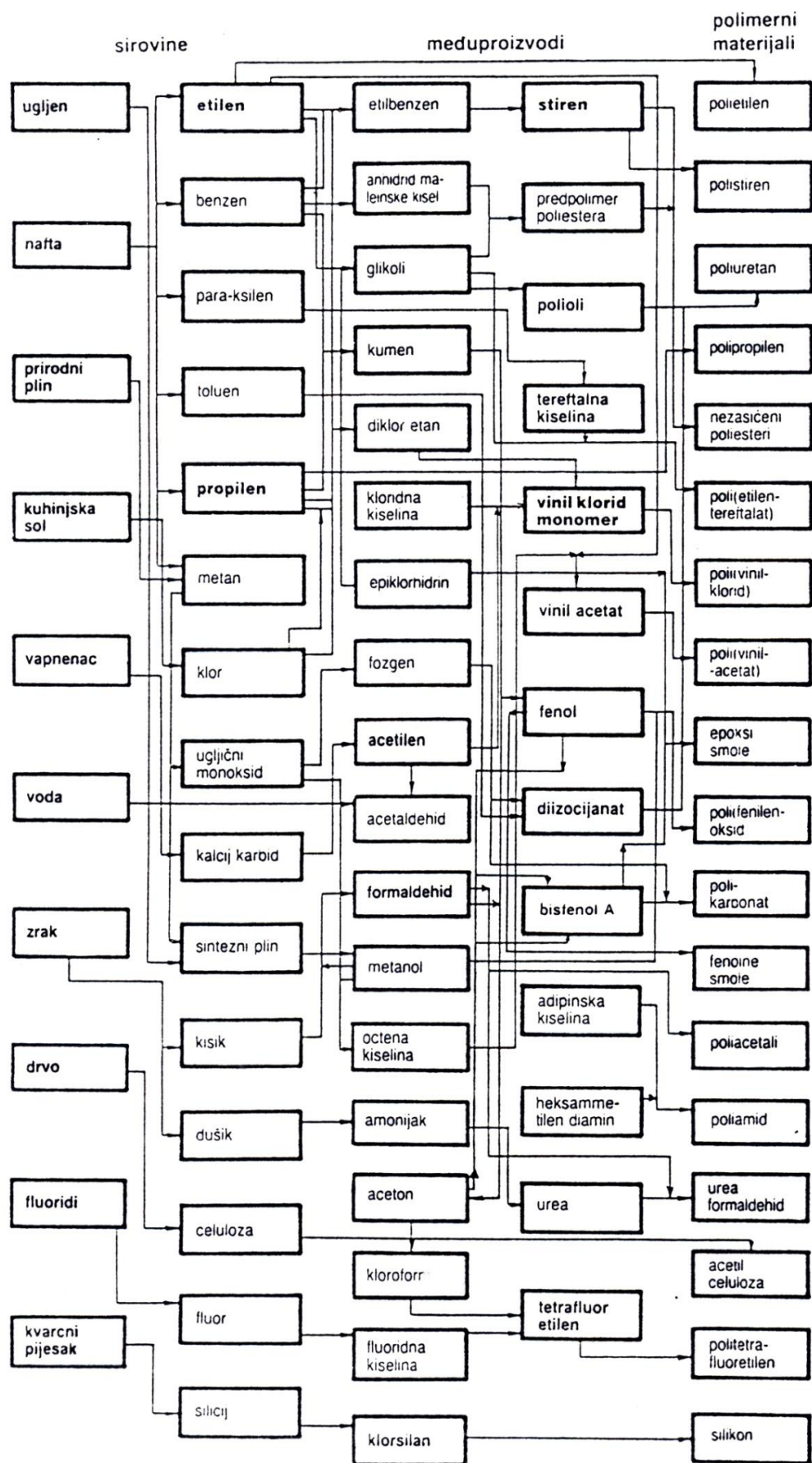
Полазне сировине су *земни гас, нафта, угаљ*, од којих се израђују основна хемијска једињења намењена за израду пластике. Ова се једињења различитим процесима преводе у полупроизводе облика: гранула, праха, течности, таблета.

Даљи процеси прераде ових полупроизвода у финалне производе различитим поступцима прераде (пресовање, истискивање, убризгивање, натапање, каландровање и бројне методе резања и спајања), утичу не само на промену облика и структуре, већ обично изазивају промену хемијских веза које чине основу материјала.

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

Синтетички полимери се добијају синтезом мономера, а основне методе су:

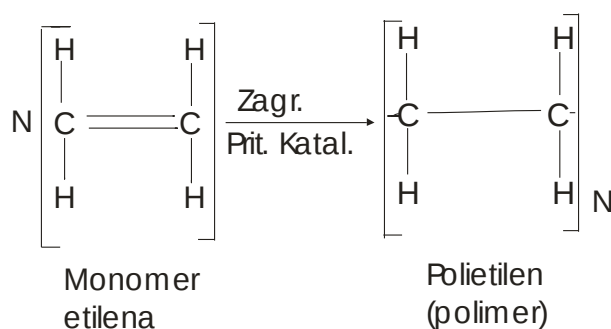
- полимеризација,
- поликондезација и
- полиадиција.



Слика 1. Шема добијања органских једињења [3]

Полимеризација је стварање макромолекула спајањем мономера без издавања споредних продуката и регруписавања атома у молекулу.

Процес започиње уз помоћ катализатора (у чврстом, течном или гасовитом стању), одвија се веома великом брзином, док величина молекула полимера зависи од услова реакције. Вишемолекуларни полимери створени на овај начин имају ланчасту структуру и без обзира на непромењен хемијски састав и распоред атома у макрозапремини показују другачије особине од полазне супстанце. Процес полиомеризације се не сме прекидати, јер се не може на исти начин и наставити. Полимеризацији углавном подлежу деривати етилена (C_2H_4) и бутадијени (C_4H_6).



Ознака n , позната је као степен полимеризације, тј. број "мера" у полимерном молекулском ланцу. Средња вредност за полиетилен креће се од $n=3000$ до 25000 .

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

Поликондезација је процес повезивања два или више различита молекула уз издвајање споредних продуката, најчешће H_2O , HN_3 , алкохол итд. Процес се одвија постепено, макромолекул расте до достизања величине условљене равнотежним стањем супстанце и условима одвијања реакције. Захваљујући томе, бирајући услове реакције, могу се добити макромолекули различите величине. Вишемолекуларни поликондезати имају структуре разгранатих ланаца или умрежену структуру, при чему се разликују и по хемијском саставу и особинама од полазне супстанце. Поликондезацији подлежу најчешће феноли (C_6H_5OH – има га у катрану), уреа анилин ($C_6H_5NH_2$), алдехиди (карактерише их група – CHO).

Полиадиција је спајање мономера у макромолекуле без издвајања споредних производа. Може се вршити у ступњевима, а добијени производи су по структури слични поликондезатима. Полиадиција представља прелаз од полимеризације ка поликондезацији.

Табела 1 Вештачке материје [5]

ВЕШТАЧКЕ МАТЕРИЈЕ							
Модификоване природне материје		Синтетичке материје					
		Поликондезати		Полимеризати		Полиадукти	
Дуропласти	Термопласти	Дуропласти	Термопласти	Дуропласти	Термопласти	Дуропласти	Термопласти
Казеинске пластичне масе	Целулозни нитрат, целулозни ацетат, целулозни ацетобутират	Фенопласти, аминопласти (уреа и меламинске) алкиди, силикони	Линеарни засићени полиестри, полиамиди, поликарбонати	Умрежени незасићени полиестри	Полиетилен, полипропилен, ПВЦ, полистирол, полиацетати, полиметакрилати	Епоксиди, умрежени полуретани	Линеарни полуретани

2.2 Састав пластичних маса

Пластичне масе као конструкциони материјали – поред основног састојка у виду високополимерне супстанце, садрже и разнородне додатне супстанце:

- стабилизаторе,
- пуниоце,
- пластификаторе,
- пигменте (за бојење),
- мазива и
- очвршћивачи.

Стабилизатори су супстанце које обезбеђују трајност високо - полимерних хемијских једињења у случају дејства таквих спољашњих чинилаца као што су температура, видљиво или ултраљубичасто зрачење итд.

Нпр. чађ заштићује полиетилен од утицаја ултраљубичастиг зрачења; заштита поливинилхлорида од дејства повишених температура и ултраљубичастиг зрачења постиже се сапуном, органским једињењима калаја или тешких метала. Заштита материјала заснованих на бутадијену (гуме) од самооксидације на ваздуху постиже се путем додавања фенолних једињења.

Пуниоци су неутралне хемијске супстанце које се додају у циљу постизања тражених особина материје: побољшања механичких особина, термичке или електричне проводности, отпорности на хабање итд [1].

С обзиром на облик, пуниоци могу бити:

- прашкасти – метални прах, графит, чађ, лика (vlakна испод коре дрвета), камено и дрвено брашно и кварцни песак.
- vlakнасти – металне жице, vlakна: стаклена, азбестна, синтетичка, памучна.
- лиснати – фолије или металне мреже, тканине: стакласте, синтетичке, памучне, папир.

Неоргански пуниоци смањују запаљивост вештачких материја, а посебно метални прах који још повећава термичку и електричну проводност; лика и азбест повећавају изолационе особине; графит поправља отпорност на хабање.

Органски пуниоци, углавном дрвено брашно и тканине, повећавају својства јачине смола, док чађ у великој мери повећава својства јачине каучука. Чађ је површинска активна супстанца која доводи до ојачања везе између молекула каучука. Извесне пластичне масе, као што су органско стакло, целолоид и др. немају пунила.

Пластификатори (омекшивачи) су органска једињења, хемијски активна, која се понекад додају у веома великим количинама у циљу повећања пластичности производа. Односно, пластификатори су материје у којима се полимери растварају - набубре, што изазива промену њихових својстава, првенствено повећања еластичности на рачун затезне чврстоће и тврдоће, као и измену неких физичко - хемијских својстава, у првом реду снижења температуре топљења. По хемијском саставу пластификатори су сложена органска једињења, нпр. камфор, трикрезол сулфат и др. , а према агрегатном стању су најчешће уљасте течности високе температуре кључања, али могу бити и у чврстом стању слично воску и каучуку.

Пигменти се додају у циљу да производ добије одређену боју и у принципу не утичу на његове физичке особине [1].

За време прераде вештачких материјала на повишеним температурама наступа фаза када је маса термопластична, жилава и вискозна, па се лепи и развлачи по металној површини машине за прераду. Ово је нарочито изражено при ваљању и каландровању пластичних маса.

Да би се та појава спречила и прерада олакшала маси се додају средства за подмазивање. То су воскови веће молекулске тежине или земноалкалне соли вишемасних киселина. Задатак средстава за подмазивање састоји се у томе да повећава моћ течења масе и олакшава њен транспорт кроз машину. Средства треба да буду отпорна на температуре, да буду постојане према светлу, да не погоршавају механичке особине производа. Посебна средства за подмазивање, чине средства за подмазивање калупа у циљу лаког одвајања готовог ливеног или пресованог производа из металног калупа.

Већина вештачких материјала слабо проводе струју. За време прераде, при стајању на ваздуху или при кретању предмети од вештачких материјала се електростатички наелектришу. Њихова површина привлачи супротно наелектрисане делиће прашине из ваздуха. Да би се спречио или умањио овај недостатак вештачким материјалима се при преради додају средства за уклањање, односно, спречавање појава статичког електрицитета тзв. антистатици. У принципу се одвођење статичког електрицитета постиже формирањем танког филма воде, на површини вештачких материјала. Прва средства која су се употребљавала била су хидроскопне материје, као што су глицерин и етиленгликол заједно са површински активним једињењима. Данас се употребљавају посебни препарати чији састав у већини случајева представља тајну произвођача.

2.3 Основна структура полимера

Као што је већ поменуто, макромолекуларни полимери добијају се од простих молекула - мономера, (од грчке речи *mono* – један и *meros* – део), и њиховим вишеструким понављањем. Тако добијен издужен ланчасти молекул назива се полимер.

Полимери се према структури полимерних ланаца могу поделити на:

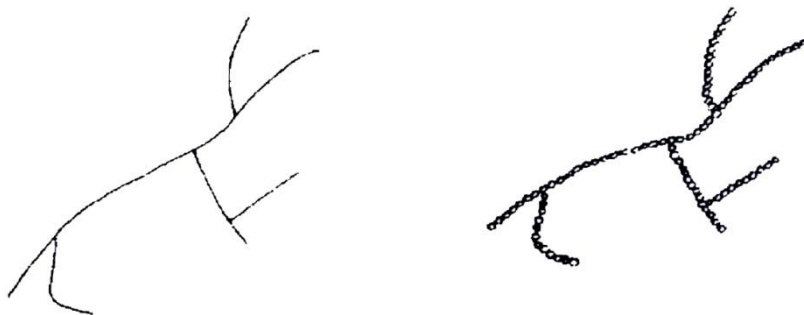
- линеарне и мрежасте.

Најједноставнији су линеарни полимери, код којих су понављајуће јединице повезане у издужен или савијен ланац. (слика 2.)



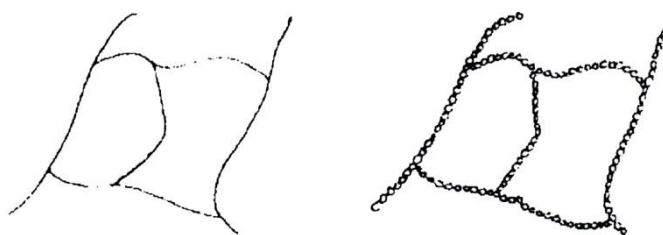
Слика 2. Линеарни полимер 1 [5]

Код разгранатих полимера на основном полимерном ланцу налазе се краћи или дужи огранци састављени од истих понављајућих јединица од којих се састоји и главни полимерни ланац. (слика 3.)



Слика 3. Разгранати полимер [5]

Мрежасти полимери имају међусобно повезане полимерне ланце у дводимензионалне и тродимензионалне мреже (слика 4.).



Слика 4. Мрежасти полимер [5]

Вештачке материје, на основу основне структурне грађе, могу се поделити у две групе:

- вештачке материје са ланчаним линеарним молекулима (термопласти)
- вештачке материје са макромолекулима просторно умрежене форме (дуропласти)

Полимери као вештачки материјали се у већини случајева налазе у аморфном стању, у коме молекули нису сређени у геометријске облике, као што је случај са кристалном структуром (слика 5.).

izotropni odnos
malo i ravnomjerno
skupljanje

(Skupljanje 0,2-1,0%)

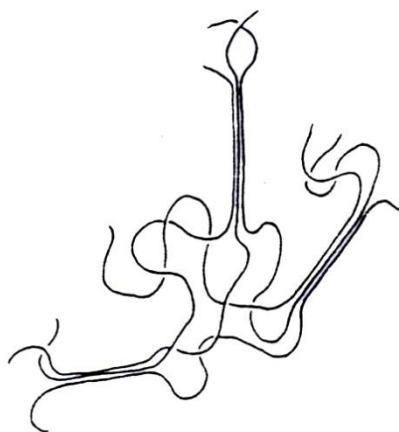
PS
SB
SBB
SAN
PMMA
ABS
PC
Mod. PPO, PPE
PC/ABS
PES
PEI
PPS
(PPO/PA)
PC/PBTP

Struktura polimera

amorfna



**djelomično
kristalna**



anizotropni odnos
veliko i neravnomjerno
skupljanje

(Skupljanje 1-2,5%)

PE
PP
PA
POM
PETP
PBTP
PBTP/PC
PPO/PA
PSU
PPSU
PEEK
TPU
PTFE
SOP (L-CP)
(0,01-0,15%)

Слика 5. Структура полимера [3]

2.4 Подела пластичних маса

У зависности од понашања на повишеним температурама пластичне масе се деле на:

- термопластичне масе (термопласти),
- термореактивне масе (дуропласти) и
- вулканизационе масе (каучук).

Термопластични материјали (термопласти) могу под дејством притиска и температуре, неограничено мењати свој облик. При загревању омекшавају и постају пластични, а при поновном хлађењу се враћају у првобитно стање. Термопласти се могу подвргавати вишестепеном загревању (максимално до температуре растапања) и хлађењу без значајних промена особина. Ове пластичне масе не садрже пунила, осим средства за бојење и пластификацију којима се постиже измена својства чврстоће.

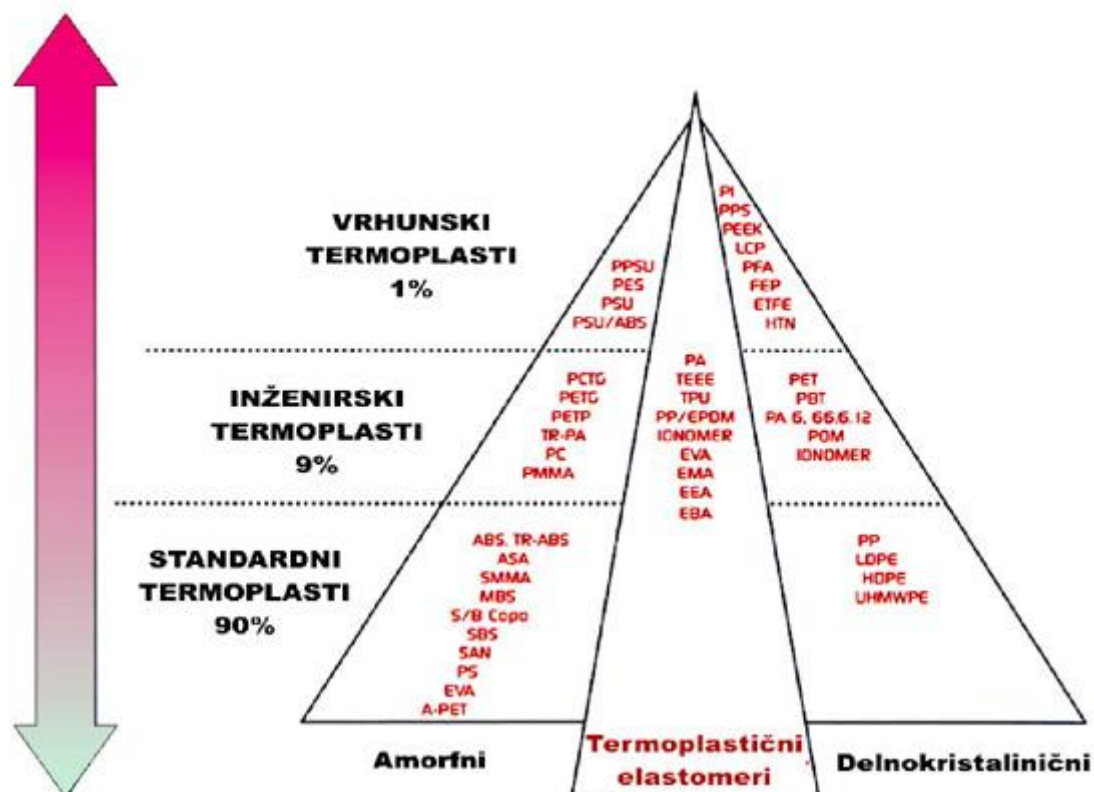
Основне одлике термполастичних маса су:

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

Термореактивни материјали имају ограничену способност промене облика под дејством темпертуре и притиска. Када се једном загреју до одређене темпертуре, прелазе у нерастворљиво стање. Термореактивне пластичне масе на повишеним температурама очвршћују услед структурних промена, а поновним загревањем омекшавају. Ове пластичне масе скоро увек садрже пунола, очвршћиваче и стабилизаторе са циљем да се побољшају својства садржане смоле путем хемијских реакција.

Основне одлике термореактивних маса су [1]:

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



Слика 6. Приказ врста термопластичних маса и проценат њихове употребе у пракси [5]

2.5 Својства пластичних маса

С обзиром да постоји много врста пластичних маса, али под различитим називима, разумљиво је да управо из то разлога настају грешке приликом избора пластичних маса. Међутим, задаци за избор пластичних маса су слични оноима који се постављају и приликом пројектовања производа и калупа, па је из тих разлога потребно размотрити следећа питања, која су од велике важности за успех у коначној примени, а то су:

- стабилност облика,
- боја – постојаност на светлу,
- отпорност на вишим температурама,
- отпорност на нижим температурама,
- чврстоћа,
- хемијска постојаност,
- постојаност димензија,
- апсорпција воде,
- услови течења,
- скупљање у калупу накнадно и
- цена.

Поред ових задатака, који изабрани полимерни материјал мора да испуни, потребно је познавати и основна својства полимерних маса, који су при том различити за сваку врсту.

Својства полимерних маса деле се на:

- механичке,
- физичке,
- термичке и
- електричне.

Својства пластичних маса зависе од степена полимеризације и структуре молекула полимера и од количине, квалитета и облика пунила и других додатака.

Испитивања пластичних маса, која се изводе у циљу утврђивања својстава за оцену квалитета, могу се поделити на испитивања физичких, термичких, механичких и хемијских својстава.

Важно је пре испитивања пластичних маса извести њихово кондиционирање или стабилизацију.

Нека механичка својства пластичних маса су нижа од својстава метала и других материјала, међутим својства пластичних маса се могу побољшати ојачавањем полимера, нпр. стакленим влакнима, текстилним влакнима, додатком целулозе и др.

Затезна чврстоћа пластичних маса креће се од $100-200 \text{ daN/cm}^2$, а путем ојачања чак и до 650 daN/cm^2 . То није посебно висок ниво чврстоће, али ако се узме у односу на густину, доводи до знатне примене пластичних маса. Притисна чврстоћа има завидан ниво, као и савојна чврстоћа. Издужење пластичних маса при затезању је високо, односно, показује знаке високе еластичности.

Док су метали добри проводници електрицитета пластичне масе су веома добри електроизолациони материјали. Један од недостатака пластичних маса као изолатора је то да услед високог површинског отпора ствара статички електрицитет, што се уклања посебном обрадом површине.

Термичка својства указују на ниску температуру примене, као и смањење чврстоће на повишеним температурама, а пак супротно на ниским температурама изазивају кртост.

На стабилност димензија предмета обраде утичу како температура експлоатације тако и апсорпција течности. Коефицијент ширења пластичних маса је и до 10 пута већи од метала, што се при конструкцији предмета обраде мора водити рачуна.

Пластичне масе су подложне старењу која се огледа у погоршању механичких и физичких својстава, што је врло негативно.

2.5.1 Физичка својства

У физичка својства спадају:

- густина,
- масени проток и
- упијање воде.

Густина

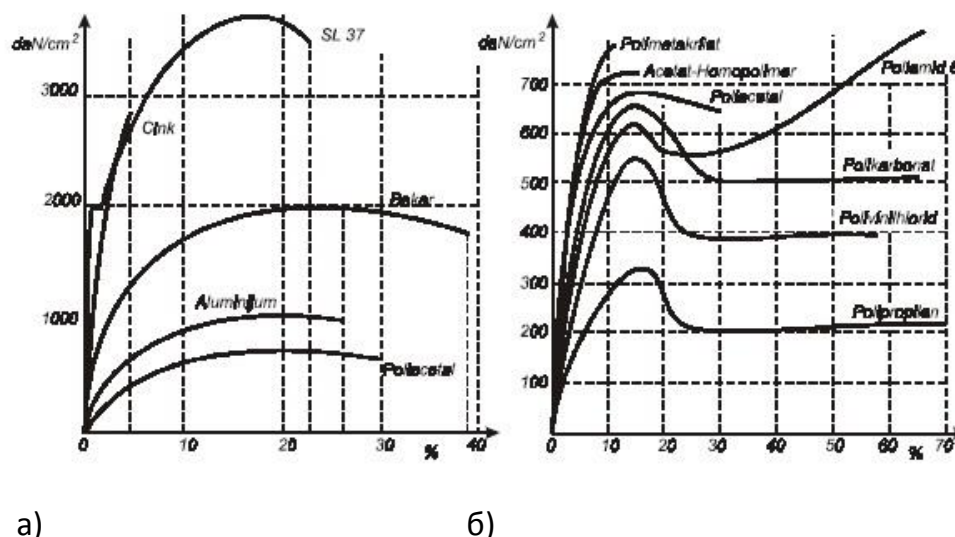
Густина пластичних маса зависи од хемијског састава и присуства пунила и пластификатора, а по дефиницији то је тежина јединице запремине (g/cm^3). Густина пластичних маса креће се од 0,9 до $1,4 \text{ g/cm}^3$, а изузетно до $2,4 \text{ g/cm}^3$, што је знатно мање од густине метала и неорганских материја. Мала густина пластичних маса је велика предност, посебно када се захтева што мања тежина предмета обраде.

Масени проток – MELT - индекс

Масени проток, који се још зове и индекс флуидности, је брзина истискивања термопластичних пластичних маса, у истопљеном стању, кроз отвор одеђеног пресека, у одређеним условима околине, у току 10 минута. Мерило за масени проток је количина пластичне масе у гранама која је истиснута, у одређеним условима, у току 10 минута (g/10 минута). Уједначеност масеног протока неког полимера обезбеђује и уједначеност других својстава, али једнакост масеног протока разних произвођача не значе иста остала својства.

Упијање воде

Скупљање пластичних маса услед губитка влаге, пластификатора или због смањења унутрашњих напрезања насталих за време прераде. Последица скупљања је кривљење предмета. Материјали који апсорбују веће количине воде су нестабилни, имају лоше диелектричне особине и тешко се прерађују. Испитивање упијања воде изводи се на кондиционираним епруветама при температури 50°C у току трајања 24 часа. Само испитивање изводи се потапањем епрувета од пластичних маса у хладну воду температуре $23\pm 0,5^\circ\text{C}$ у току 24 ± 1 час. Након тога вода се уклони брисањем површине узорка, а узорак измери. Мерење масе изводи се са тачношћу 0,1 mg. Повећање тежине у процентима назива се апсорпција воде.



Слика 8. Дијаграм кидања [1]

Са слике 8, дијаграм кидања, види се положај силе истезања за обичан челик, алуминијум и пластичну масу (слика 8.а), односно, сила затезања за различите пластичне масе (слика 8.б).

Чврстоћа на притисак

При испитивању притискивањем, испитивана епрувета се поставља између две плоче, од којих је једна непокретна, а друга покретна. Померањем покретне плоче оптерећује се епрувета до тренутка појаве деформације.

Чврстоћа на притисак је највећи напон у тренутку лома епрувете:

$$R_c = \frac{F}{A_0}, \text{ daN/cm}^2$$

Скраћење представља количник смањења радне дужине епрувете у односу на почетну:

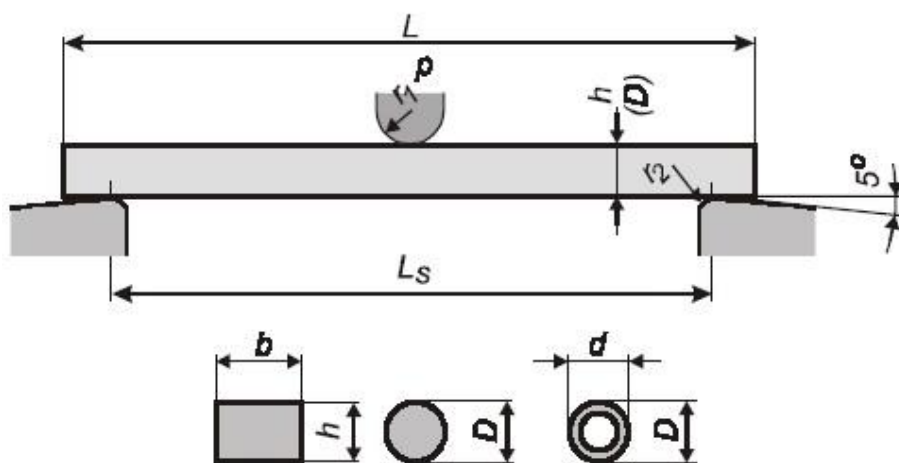
$$A_c = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100, \%$$

l_1 - мерена дужина епрувете у тренутку лома

l_0 - почетна дужина епрувете

Чврстоћа на савијање

Савијање је деформација која настаје када је предмет учвршћен на једном крају, а други му се оптерети или када су оба краја учвршћена а оптерећење делује по средини.



Слика 9. Испитивање савијањем [1]

Савојна чврстоћа је највећи напон настао у тренутку лома савијањем и представља количник момента савијања M и отпорног момента пресека W :

$$R_b = \frac{M}{W}, \text{ daN/cm}^2$$

где је: $M = P \frac{l_s}{4}$ - момент савијања у daNcm,

$$W = \frac{b \cdot h^3}{6} - \text{отпорни момент попречног пресека у cm}^3$$

P - сила притиска, daN

l_s - растојање између ослонаца, cm

b - ширина епрувете, cm

h - дебљина епрувете, cm

Отпорност на удар

Отпорност на удар је карактеристика пластичних маса која се своди на одређивање релативне склоности кидања узорка услед наглог удара. Стандардни узорци су зарезани, чиме се постиже концентрација оптерећења и спречава пластична деформација. Када се пластична маса оптерети одређеном силом, наступа тренутно деформисање, које осим оптерећења зависи од времена и типа пластичне масе. Део деформације, добијен као разлика укупне и тренутне деформације, назива се пузање материјала и изражава се у процентима. Пластичне масе са већим издужењима показују, због већег молекуларног клизања, већу деформацију пузања.

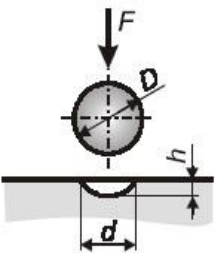
Тврдоћа

Тврдоћа се дефинише као отпорност материјала према продирању другог тела. Најбоља метода за одређивање тврдоће пластичних материјала је Бринелова.

Мерило тврдоће по методи Бринел је количник силе која делује на утискивач облика куглице и површине калоте отиска који је оставио утискивач на испитивану површину.

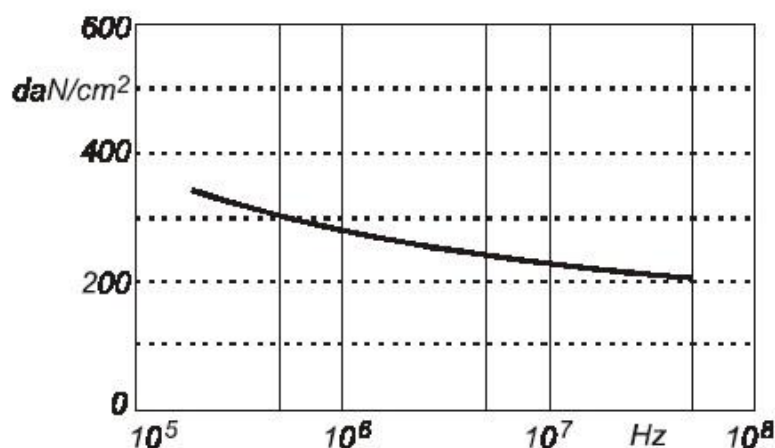
Поред Бринел методе мерило тврдоће се може одредити и помоћу Роквел, Викерс, Шор методе.

Табела 2. Тврдоћа по Бринелу [1]

	Oznaka	Naziv	Jedinica
	D	Prečnik kuglice	mm
	F	Sila utiskivanja	N
	d	Prečnik otiska	mm
	HB	Tvrdoća po Brinelu $HB = \frac{0,102 \cdot 2 \cdot F}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$	HB

Динамичка чврстоћа

Испитивање динамичке чврстоће пластичних маса, слично као и испитивање метала и легура, изводи се на пулзаторима на којима се могу мењати како средњи напони тако и амплитудни напони. Резултат испитивања низа епрувета са примењеним различитим средњим или амплитудним напонима је Велерова крива (слика 10). Гранични број промена за пластичне масе је 10^7 циклуса.



Слика 10. Велерова крива за пластичну масу типа Хастаформ 9020 [1]

Трење

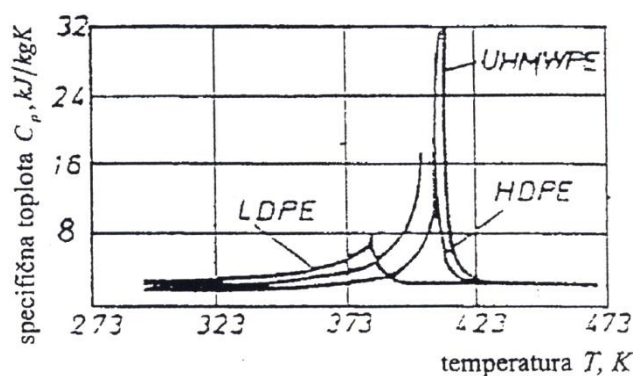
Овим испитивањем установљава се отпорност материјала према хабању површине и то мерењем промене тежине испитиване епрувете у односу на тарајући елемент израђен од различитих материјала.

2.5.3 Термичка својства

У термичка својства спадају:

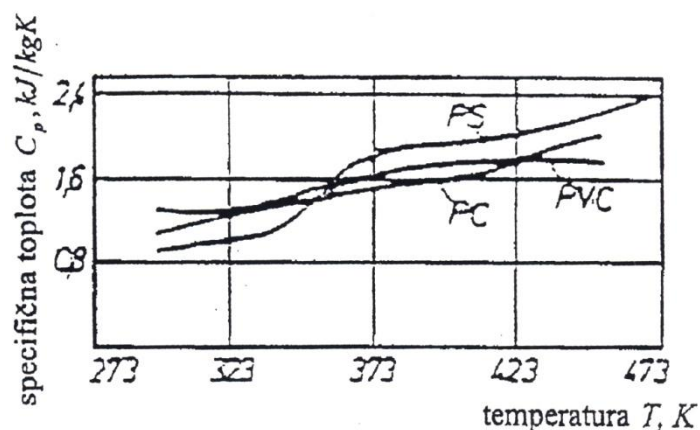
- специфична топлота,
- топлотна проводљивост,
- температура проводљивости,
- топлотна продорност и
- температура постојаности облика.

Термичка својства директно зависе од температуре, притиска и врсте пластичне масе.



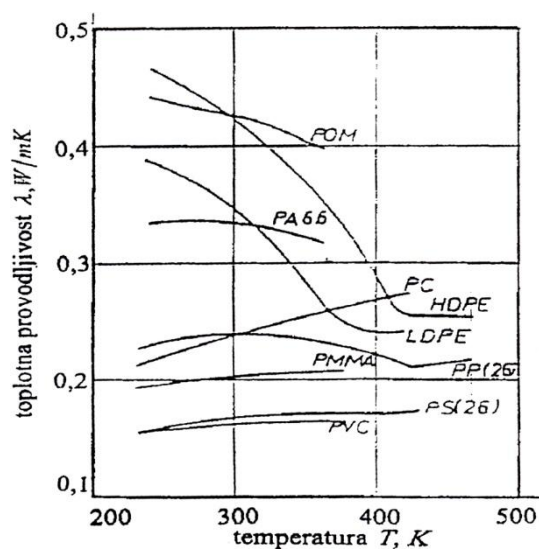
Слика 11. Промена специфичне топлоте са температуром за неке аморфне термопласте [3]

Специфична топлота је количина топлоте коју треба довести јединици масе при изборном загревању, да би температура порасла за 1°C . Специфична топлота пластичних маса зависи и од структуре. Зато је обавезно одвојено разматрање специфичне топлоте аморфних (слика 11.) и кристалних пластичних маса (слика 12.).



Слика 12. Промена специфичне топлоте са температуром за кристални термопласт (PE) [3]

Топлотна проводљивост је особина материјала која одређује коју количину топлоте могуће провести кроз пресек материјала при задатом температурном паду и у одређеном времену. Са слике 13. уочава се да на вредност топлотне проводљивости битно утиче структура термопласта.



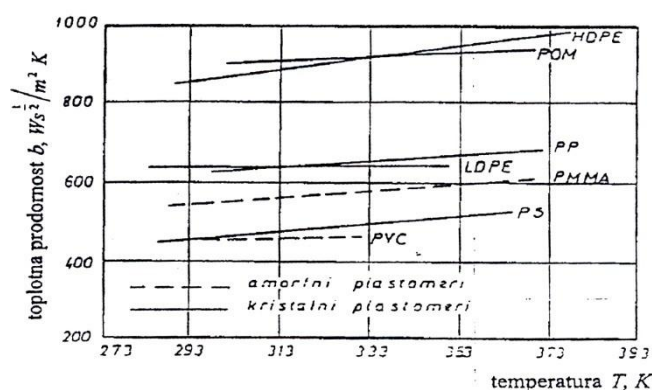
Слика 13 Промена топлотне проводљивости са температуром за неке пластомере [3]

Код аморфних термопласта којима су вредности топлотне проводљивости у границама $0,125\text{--}0,21 \text{ WmK}$, показује се мали утицај температуре на промену тих вредности.

Код кристалних термопласта утицај температуре на промену топлотне проводљивости је очигледан, што се може објаснити структуром термопласта, тј. боље провођење топлоте кроз сређена кристална подручја.

Температурна проводљивост представља брзину мењања температуре тела или ток ширења топлоте. Ширење топлоте и промена температуре су истовремени процеси, који се изражавају сложеном величином која повезује топлотну проводљивост, специфичну топлоту и густину термопласта. То је температурна проводљивост и директно зависи од температуре.

Топлотна продорност представља меру брзине продирања топлоте у тело или способност акумулације брзине у времену T . Топлотна продорност је веома важна особина и од велике је практичне вредности за бројне прорачуне (слика 14.).



Слика 14. Топлотна продорност неких термопласта [3]

Под температуром постојаности облика подразумева се температура при којој се под задатим оптерећењем постиже одговарајућа деформација. Познавање температуре постојаности облика потребно је за одређивање потребног времена хлађења термопласта.

2.5.4 Електрична својства

У електрична својства пластичних маса убрајамо:

- повшински електрични отпор
- запремински електрични отпор
- диелектрична чврстоћа
- диелектрична константа

2.5.5 Оптичка својства

Код извесних пластичних маса од значају су:

- отпорност на светло
- индекс преламања светлости.

3. ПРИКАЗ ТЕХНОЛОГИЈЕ ПРЕРАДЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА БРИЗГАЊЕМ

Технологија прераде пластичних маса бризгањем се може поделити на 3 дела (поступка) и то:

1. конструкција алата за бризгање пластике
2. бризгање пластике
3. контрола облика и тачности

3.1 Конструкција алата за бризгање пластике

Алат (калуп), представља основни део система за израду предмета пластике. Квалитет његове израде и поуздано функционисање су основа економичне производње и израде производа високог квалитета.

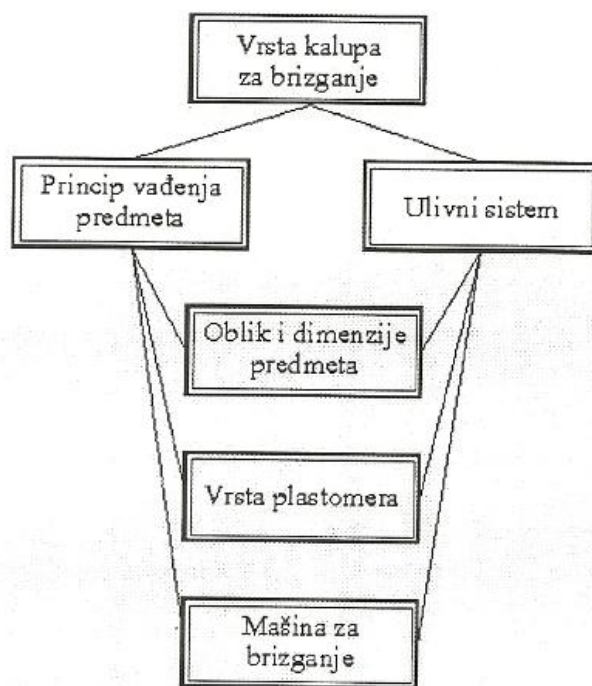
Основни задаци калупа су:

- прихватање растопљеног пластомера и његово хлађење до постизања жељеног облика,
- избацивање предмета из калупне шупљине и
- циклусни рад система за бризгање.

3.1.1 Фактори утицајни на пројектовање алата за бризгање полимера

Основни чиниоци који утичу на пројектовање алата за бризгање пластике су приказани на слици 14.

Облик, димензије, естетски захтеви и други фактори везани за сам предмет, пресудно утичу на пројектовање алата. На пример, од димензија и облика предмета зависи број гравура, као и положај подеоних равни. Од естетских захтева зависе и места уливних канала, начини њиховог уливања после вађења предмета из гравуре, итд. Такође, о особинама термопласта (дуропласта), као што су температура и притисак убризгавања, време хлађења, коефицијент скупљања и др. мора се нарочито водити рачуна.



Слика 14 . Основни фактори који утичу на пројектовање алата [4]

Утицај радног материјала је нарочито изражен у следећим фазама пројектовања алата:

- димензионисање гравура,
- прорачун скупљања у калупу и накнадно скупљање,
- квалитет површине калупа,
- одређивање температуре калупа,
- место и облик уливног система и
- принцип вађења предмета.

На пројектовање алата, значајно утиче машина и то првенствено својим капацитетом (од неколико грама до неколико десетина килограма) и габаритима.

Поред ових, мора се водити рачуна и о аутоматизацији калупа. Треба тежити његовој потпуној аутоматизацији, мада се код малих серија, уливци могу ручно одсецати.

Због наведеног, неопходно је пре почетка конструисања калупа извршити одређене анализе, како би се добило оптимално решење за конструкцију калупа.

3.1.2. Врсте убризгавања пластомера у калупну шупљину

Зависно од броја отпресака који се истовремено бризгају, разликују се следеће врсте убризгавања:

- директно и
- индиректно убризгавање.

Директно убризгавање се примењује код калупа са једном гравуром. Уливни систем се састоји само од доводног канала и поставља у тежиште отпресака.

Индиректно убризгавање се највише примањује код калупа са више гравура, односно када се у једном калупу бризга више истих или сличних отпресака, или код калупа са једном гравуром ако се убризгавање врши из више тачака. Систем се у овом случају састоји од доводних, разводних и улазних канала.

3.1.3. Подела калупа за бризгање

Подела калупа се може извршити на више начина:

1. Према врсти бризгања материјала:
 - калупи за бризгање (термопласти) и
 - калупи за ливење (дуропласти)
2. према броју гравура:
 - са једним и
 - са више гравура.
3. Према начину избацивања отпресака:
 - са избацивачким прстеном,
 - са иглачастим избацивачима,
 - са цевастим избацивачима и
 - са ваздушним избацивањем.
4. Према облику отпресака:
 - калупи за једноставне отпреске,
 - калупи за сложене отпреске и
 - калупи за отпреске са уметцима.

5. Калупи за израду отпресака са навојем:
 - са спољашњим навојем и
 - са унутрашњим навојем
6. Калупи са грејним уливним системом:
 - са грејним уливним системом и тачкастим улазним каналом,
 - са грејним уливним системом и капастим улазним каналом и
 - етажни калупи
7. Према положају вођица:
 - са паралелним вођицама,
 - са косим вођицама и
 - са конусним вођицама
8. Према броју подеоних равни:
 - са једном подеоном равни,
 - са две паралелне подеоне равни и
 - са три и више подеоних равни.

3.1.4. Одређивање оптималног распореда гравура

Основни принципи којих се треба придржавати, при одређивању оптималног распореда гравура су:

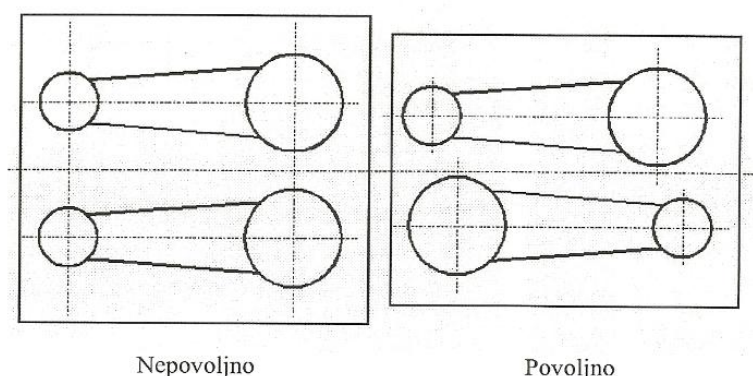
- остварити најбољи распоред гравура, ради постизања минималних габарита алата,
- обезбедити што краћи пут пластомера, од места додира млазнице бризгалице са калупом, до гравуре и
- правилан распоред гравура, ради обезбеђивања симетричности калупа.

Први услов се може лако постићи, ако се обезбеди несметано функционисање калупа. Зато, не треба по сваку цену смањивати габарите алата. Могући начини смањења габарита калупа приказани су на слици 15.

Размештај шупљина у калупу је приказан на слици 16. Размештај на слици а) је неповољан због предугачких разводних канала. У том случају долази до опадања притиска, услед губитка температуре растопа и његовог хлађења за време течења кроз разводни канал.

Гравуре ближе доводном каналу се брже попуњавају, а удаљеније касније, и то са нижим притиском. То проузрокује недовољно попуњавање гравуре или отпреске са улегнућима на површини. Такође код предугачких разводних канала јавља се проблем код притиска силе затварања. Сила затварања је сила, којом је остварен међусобни додир помичног и непомичног дела калупа.

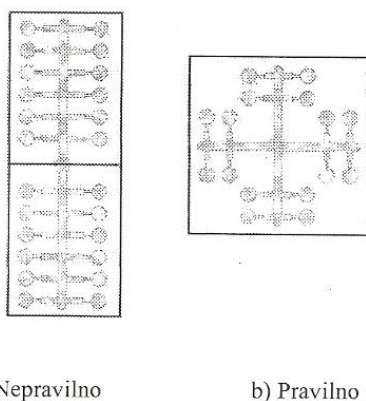
Наиме, притисак силе затварања је много мањи на крајевима калупа него у централном делу. То може довести до изливања пластомера, услед размицања делова калупа.



Слика 15. Смањење габарита алата [4]

Зато се примењује распоред гравура као на слици 16. б). Добро изабран распоред гравура, са оптималном дужином разводних канала, ствара услове за израду квалитетнијег отпреска.

Трећи услов је обезбеђење симетричности деловања силе за затварање калупа. Ово је веома важно, јер симетрично деловање силе спречава појаву наглог хабања калупа, као и изливање пластомера из гравуре.

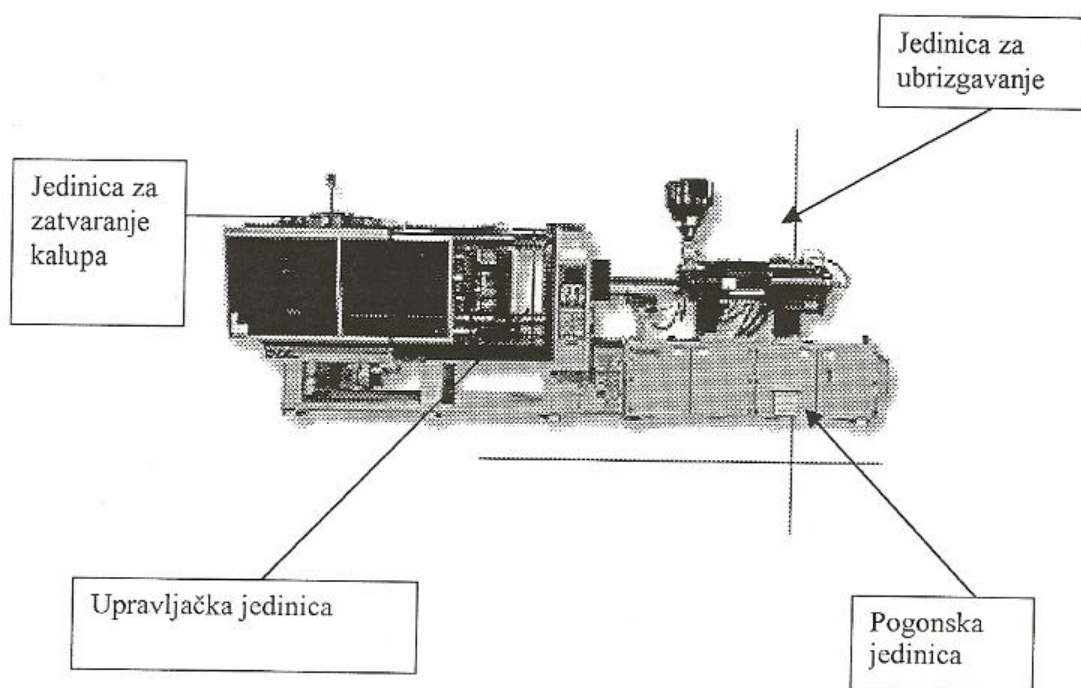


Слика 16. Различити распореди гравура [4]

3.2 Бризгање пластике

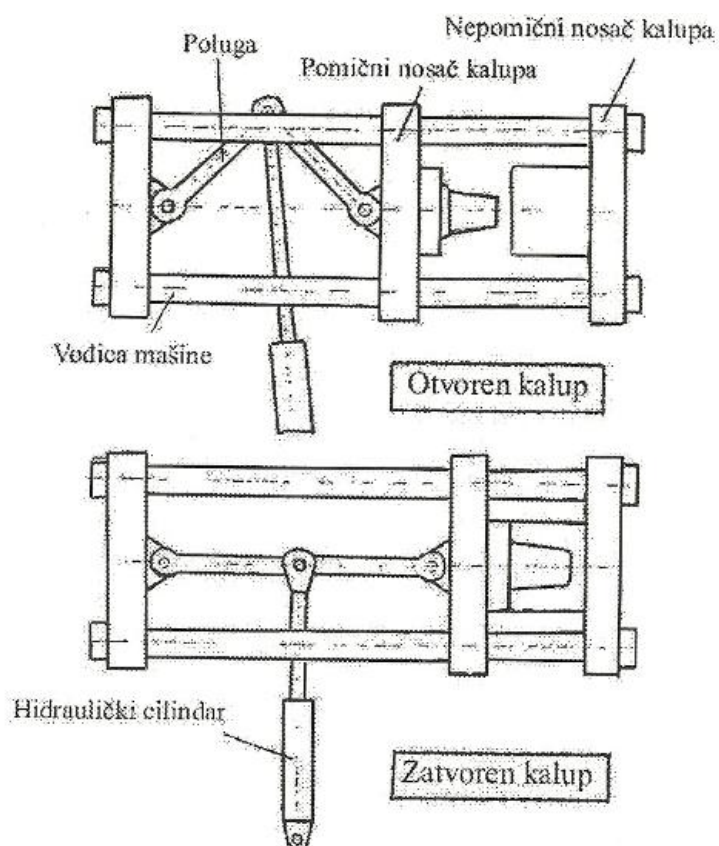
Бризгање пластомера врши се на специјализованим машинама за бризгање. Основни елементи машине за бризгање пластомера су (слика 17.):

- јединица за затварање калупа,
- јединица за убризгавање,
- погонска јединица,
- управљачка јединица.



Слика 17. Машина за бризгање пластике [4]

Јединица за затварање калупа има за задатак, да доведе у контакт помични и непомични део калупа, одржавање њиховог контакта за време убризгавања и деловања накнадног притиска, отварање калупа и потискивање охлађеног отпреска из гравуре. Затварање калупа се може остварити хидрауличким и механичким системима. Хидраулички системи се користе код већих машина, док се механички користе код мањих. Систем са хидрауличким затварањем је приказан на слици 18.



Слика 18. Систем са хидрауличким затварањем калупа [4]

Обе врсте механизма имају силу држања која обезбеђује непрекидно припајање непокретног уз покретни део калупа. Њихово одмицање, за време бризгања, има за последицу истицање материјала из гравуре и стварање вишка материјала на ивици отпреска. Сила држања је једна од техничких карактеристика коју произвођачи обавезно наводе.

Предности хидрауличког система су: бржа уградња калупа, лакше подешавање хода отварања, већа сигурност од прекорачења дозвољеног напрезања вођице калупа и позната сила држања.

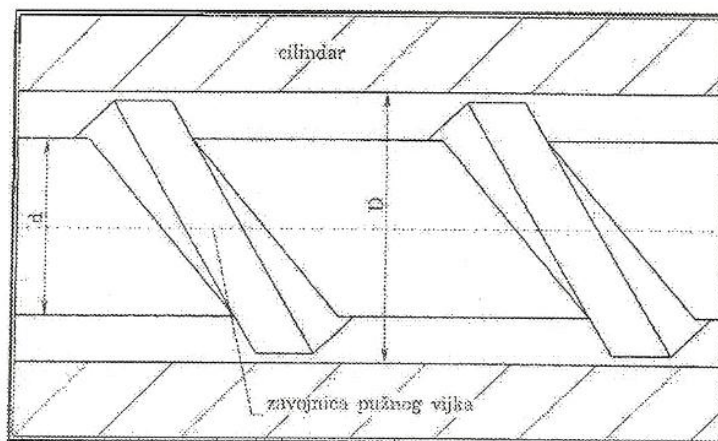
Предности механичког система, огледају се са лакшим постизањем споријег приближавања покретног дела калупа непокретном, брже отварање и затварање калупа, нижа цена машине и уштеда у простору (до 30%).

Јединица за убризгавање представља основни део машине за убризгавање. Има задатак да обезбеди пластифицирање термопласта и његово брзо убризгавање у гравуру под дејством одређеног притиска.

Основни делови јединице за убризгавање су комора (цилиндар) за топлeње и елемент за убризгавање. На основу елемената за убризгавање јединице за убризгавање се могу поделити на:

- јединице за пластифицирање и убризгавање помоћу клипа и
- јединице цилиндара са клипом, топлота неопходна за пластифицирање се доводи кроз зидове цилиндара и предаје оном делу пластомера, који се налази у непосредном додиру са зидовима. Остатак материјала се загрева кондукцијом (пролазом топлоте кроз пластомер). Растоп се у цилиндру покреће под дејством клипа. Брзина кретања растопа по пресеку цилиндара није свуда иста. Материјал који се налази ближе зидовима цеви се спорије креће одо оног који је ближе оси цилиндара. Растоп убризган на овај начин, даје отпреске чија је чврстоћа у смеру влакна мања. Такође, убризгана смеша нема задовољавајућу хомогеност, јер није дошло до вртложног кретања у цилиндру. Бризгалице са клипом се обично користе за израду мањих отпресака.

Код пужне пластификације, основа је тродимензионално кретање растопа у цилиндру, условљено ротацијом пужног ваљка. Делићи се транспортују у међузубљу пужа до млазнице. Кретањем пужа долази до хомогенизације растопљене масе, као и њено равномерно убризгавање. Загревање пластомера се остварује на два начина и то : спољашњим загревањем и трењем честица пластомера због јаког мешања. Трење се одвија под високим притиском, па се генерише велика количина топлоте. Овакав процес, омогућава код материјала са великим унутрашњим трењем (плоиакрилат), да се загревање изводи само на почетку процеса. Код ове врсте убризгавање, фаза пластификације је одвојена од фазе убризгавања.



Слика 19. Пуж за убризгавање [4]

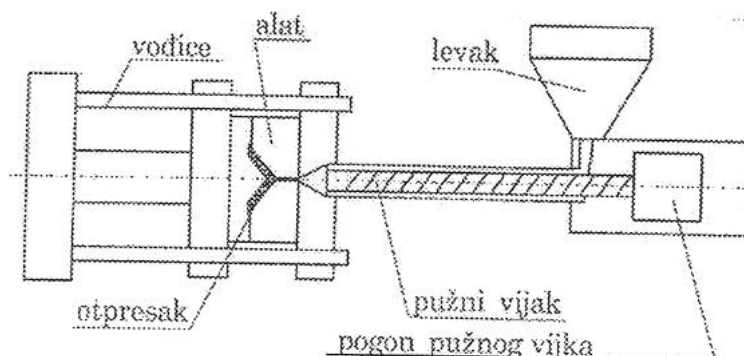
Погонска јединица машине је обично хидраулична и чине је електромотор, комбинован са две крилне пумпе, са могућношћу регулације протока и притиска. Потребне силе убризгавања и затварања се остварају помоћу хидроцилиндра, док се помоћним радни ходови (примицање и одмицање калупа), врше помоћним хидроцилиндрима.

Управљачка јединица машине има задатак, како управљање процеса рада, тако и праћење параметара који утичу на квалитет процеса. Ово је од пресудног утицаја на квалитет производа.

3.2.1 Принцип рада

Материјал (пластомер) се из левка у коме се налази, доводи преко пужног вијка кога погони електромотор. Он се доводи до кућишта алата где се врши обликовање пластомера према облику гравуре алата. Материјал се у левку налази најчешће у облику гранула, док се његово топљење врши грејачима који се налазе око пужног вијка. Постоји и варијанта алата са грејачима у самом алату (користи се термин “ливење пластике”), која се примењује код отпресака већих габарита и/или тањих зидова отпресака, па се такви лакше хладе.

На слици 20. је приказан принцип рада машине за бризгање пластике.



Слика 20. Принцип рада машине за бризгање пластике [4]

3.2.2 Одабир машине

Уопште узев, количина масе за једно убризгавање треба да буде од 30-90% од капацитета машине, зависно од врсте материјала, температуре и других параметара обраде.

Ако се за једно убризгавање користи мање од 20% капацитета, може доћи до деградације материјала и уочљивих дефеката на деловима.

Ако се за једно убризгавање користи више од 90% капацитета, добија се нехомоген растоп масе, неуједначен квалитет делова, итд.

Време задржавања масе у машини је повезано са температуром топљења материјала и износи максимално 6-12 мин, зависно од типа материјала. Предуго задржавање може изазвати деградацију материјала, а прекратко, недовољну пластификацију.

3.2.3 Сигурност

Основне мере сигурности при бризгању пластике су:

- заштитна опрема која се мора носити при руковању топлим материјалима и за време операција чишћења машине,
- одговарајућа вентилација радног простора,
- избегавање контакта материјала са очима и кожом.

3.2.4 Чишћење и прелаз на други материјал

При промени материјала који се бризга, неопходно је прочишћавање цилиндра. Контаминација деградираним материјалом, или материјалом друге врсте може изазвати проблем, као што су црне тачке на самом делу.

Почетак бризгања са чистим цилиндром је најбоље што се може урадити.

За време прекида у производњи саветује се следеће:

1. затворити левак машине,
2. испразнити цилиндар,
3. померити вијак што је могуће више напред,
4. смањити температуре цилиндра на препоручену вредност.

Када се поново почиње, потребно је поставити температуре цилиндра на прописану радну температуру, прочистити екструзијом засостали материјал, а тек онда кренути са производњом. Први комади се морају проверити због евентуалног заосталог материјала.

Када је замена материјала неопходна, или се завршава са производњом, неопходно је детаљно чишћење машине, да би се отклонили сви трагови заосталог полимера.

Чишћење се може извести са дизном или без ње. Материјал којим се чисти машина се убацује у цилиндар уз споро окретање вретена. Тај материјал којим се врши чишћење се одмах избаци и потопа у хладну воду, пре него што се баци. Чишћење се обавезно одвија уз добру вентилацију.

3.2.5 Боје и адитиви

Дужи прекиди у производњи могу довести до губљења боје растопа, тако да прочишћавање цилиндра постаје неопходно. Прелаз са једне на другу боју, захтева чишћење, све док се и последњи остаци претходне боје не отклоне из цилиндра.

Када се користе обојени и самогласиви материјали, потребно је механичко чишћење цилиндра и вретена. За време поновне монтаже јединице за бризгање, мора се водити рачуна да са унутрашњим странама цилиндра не дође у контакт маст за подмазивање или уље.

3.3 Контрола облика и тачности мера

Контрола облика и димензија дела се спроводи после израде дела, а пре метализације. Ту се примењује, како метода визуелне контроле, тако и контрола димензија путем мерних инструмената. Контрола се врши у неколико нивоа.

1. Визуелна контрола коју врши радник на радном месту.
2. Визуелна контрола од стране погонског контролора. Ради се према депонованом узроку.
3. Контрола димензија према депонованом узроку. Узорак се узима директно из производње. Ову врсту контроле врше контролори у лабораторијама.

Контрола се врши инспекцијски и то:

- према првом узорку и
- периодично.

Контрола према првом узорку је, како сам назив каже, контрола првог узорка у серији. Њу врше радник на радном месту, погонски контролор и контролор који контролише димензије радног комада. Контрола се обавља

према одговарајућим операционим листама за тај радни предмет. У случају да предмет не одговара одговарајућим карактеристикама, предузимају се одговарајуће корективне мере.

Периодична контрола се врши на свака два сата. Поступак контролисања је исти као у претходном случају.

Поступак мерења је целовити скуп теоријских и практичних операција које, према изабраном принципу, методи, омогућавају провођење мерења. Мерење се обавља из више операција које обезбеђују добијање тачног резултата мерења. Операције поступка мерења су:

1. избор принципа и методе мерења (Подразумева примену препоручених принципа за слична мерења, уз примну простијих и практичнијих принципа ако постоје више расположивих. Методе могу бити: директне – мерење масе двокраком вагом, индиректне – мерење температуре преко мерења отпора, компаративне – мерење дужине лењиром, супституционе – мерење масе преко ваге и тегова, диференцијалне – мерење пречника помоћу плочица и компаратора и нулте – мерење електричне импеданце помоћу електричног моста и нултог индикатора. Код мерења димензија кућишта фара користе се компаративне методе.),

2. избор елемената мерног система (Обухвата елементе: мерни предмет, мерни инструмент, помоћни уређаји, мерна машина и управљање мерењем.),

3. провера метролошке потврђености мерног система (Провера метролошке потврђености мерног инструмента. Састоји се из калибрисања, баждарења и подешавања.),

4. израда са операцијама мерења (Планирање поступака мерења на погодном формулару.),

5. одређивање измерених вредности и

6. утврђивање резултата мерења.

Испитивање је процес са скупом операција за одређивање вредности својства и/или карактеристика квалитета резултата процеса. Испитивање радног комада врши се углавном на отпорност на механичке и хемијске утицаје.

4. РАСТАВЉИВИ СПОЈЕВИ

Растављиви спој је такав спој који се може раставити без разарања и оштећења, а затим поново саставити.

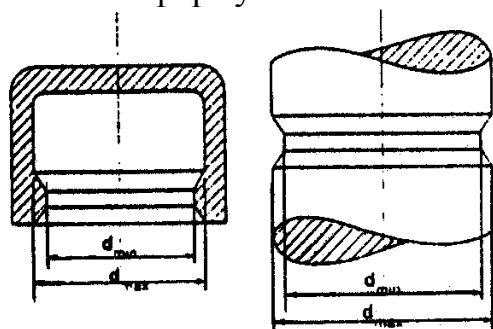
Основна подела растављивих спојева пластичних елемената:

- ускочно спајање (жабица),
- навојно спајање,
- спајање пластичних елемената са металним и другим уметцима.

4.1 Ускочно спајање (жабица)

Подрезавањем се постиже однос притисно ускочно или чврсто спајање, елемената од полимерних (конструкцијских) материјала.

Вредности за максимално подрезивање за ускочну везу може се оквирно изразити по формули са слике 21.

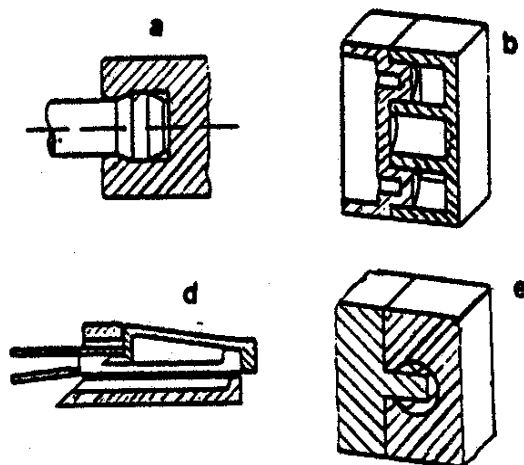


$$H = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{d_{\max}} \times 100 [\%]$$

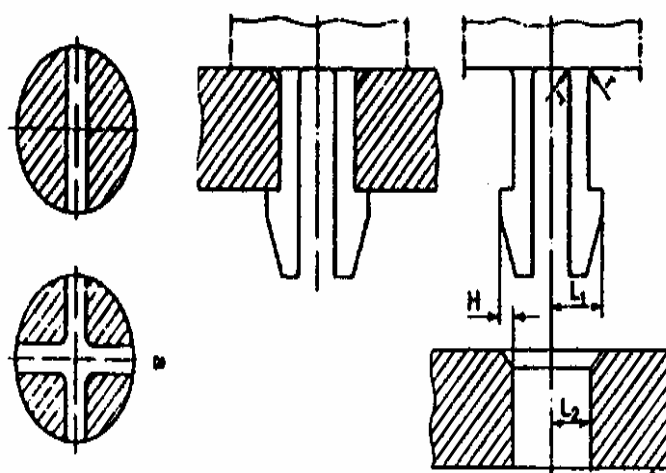
Слика 21. Максимално подрезивање за ускочну везу (H) [2]

Овим се системом, а нарочито код еластичних пластомера, могуће извести низ веза. Код нееластичних пластомера могу се остварити везе пресовањем. На слици 22. (а,б,д,е) приказане су 4 везе између два елемента од пластомера, и то:

- Ускочно преклопна веза,
- Чврсто преклопна веза,
- Ускочна – бајонет преклопна веза и
- Ускочна – преклопна клизна веза.



Слика 22. Врсте веза [2]



Слика 23. Клинаста притисна веза [2]

На слици 23. дата је клинаста прстенаста веза кристалних еластичних полимера као што су: ПП, ПОМ, ПА и др. Продуктивност и рационализација монтаже из техничког и економског гледишта са притисним везама, а најчешће са притисним кукицама (жабицама) се видно повећава управо због лаког и брзог монтирања.

4.2 Производи с металним и другим уметцима

Начелно је улагање металних делова у пластомере могуће, али се треба ограничити само на најнужније случајеве. Ово важи како за прераду пластомера тако и за примену обликованих производа. Свако улагање металних делова у калуп за бризгање значи повећани утрошак времена и делује поскупљујуће. Потпуна аутоматизација производње могућа је само у ретким случајевима. Квалитет, толеранције и уједначеност делова може због тога трпети.

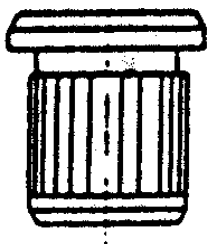
Уложени метални делови ометају слободно скупљање и доводе у отпреску до напрезања која могу довести до прскања. Нарочито су на то осетљиви материјали, који по својим својствима имају мало истезање до кидања, као што је пс - нормални. С друге стране могу овде заказати и материјали, који имају високо истезање до појаве кидања као што је полиетилен, нарочито онда кад се уливају медији који узрокују истезање до појаве кидања. Чак и жилави поликарбонат нагиње након дужег времена стварању напуклина уз уложене металне делове. Нарочито се мора

водити рачуна да осим скупљања пластомера постоји и знатно ниже топлотно истезање и боља топлотна проводљивост метала.

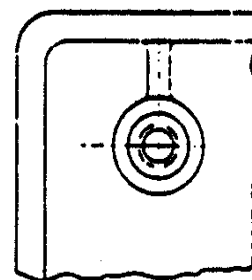
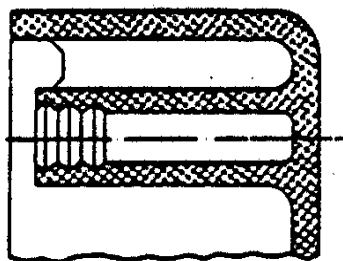
Кроз честу промену температуре настају осим тога у отпреску додатна напрезања која уз неповољно обликовање могу довести до напрснућа а понекад до лабављења металних делова. Често је могуће боље техничко решење, тако што се метални где касније на топло или ултразвучно упресује. Свакако да при томе треба очекивати далеко мања, односно ултразвучно сасвим незнатна напрезања. Велике металне уметке треба предгревати пре самог улагања у калуп.

Накнадно пресовање металних уметака у предеформисани простор производа од пластомера има неколико услова, које се морају постићи да би се добило сједињење металног уметка с пластомером. Метални уметци пре пресовања морају бити ожљебљени, (слика 24.). Пре уметања (пресовања), челичне уметке треба угрејати да би се пластомер прилагодио спољној контури металног уметка. Температура омекшавања лежи унутар подручја полимера.

Накнадним уметањем металних делова може се избећи нагомилавање масе на високим изданцима (слика 25.). Код темперираних отпресака често се предгрејани део упресује у врући отпресак.



Слика 24. Ожљебљени метални уметак [2]



Слика 25. Накнадно уметање металних уметека на високим изданцима [2]

4.2.1 Метални уметци са навојем

Уметци са навојем типа „Енсат“ с унутрашњим и спољашњим навојем, који на својим доњим завршетцима имају конус и прорез, урезају свој навој сами при увртању у припремљене рупе било ручно или машински (слика 26).

За „Енсат“ уметке може се чврстоћа извлачења (чупања) са задавољавајућом тачности прорачунати по формули:

$$F_v = \varepsilon \cdot (D \cdot \pi) \cdot \tau_c.$$

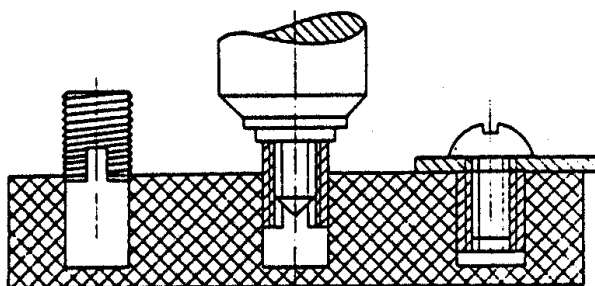
Где су:

ε - корекциони фактор $0,8 \leq M6$ и $0,7 > M6$

D - спољни пречник

L – дужина

τ_c – чврстоћа на смицање $1/2$

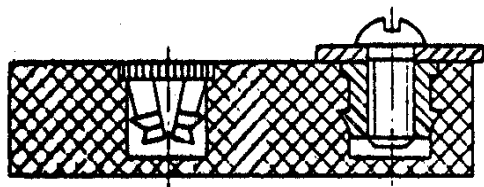


Слика 26. Уметци с навојем [2]

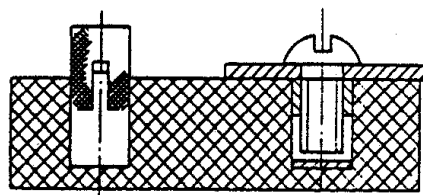
4.2.2 Експанзиони (раширни) уметци

Ови специјални метални уметци с метричким унутрашњим навојем и назубљеним или ужљебљеним прстеном на спољној страни, умеће се само у припремљене рупе.

Вијак који се уврће, односно трн за монтажу шири доњи део уметка тако да се разилази при чему продире у пластомер (слика 27. и 28.). Прорачун силе извлачења код овог типа уметака не може се добити са поузданом тачношћу.



Слика 27. Експанзиони уметак
с експанзиониом плочом [2]



Слика 28. Експанзиони уметак
с урезним прстеном [2]

4.3 Навојно спајање

Код производа добијених поступком бризгања, често се навој изводи у калупу. Навој се може и накнадно извести код појединих тврђих – техничких пластомера, али то повећава и трошкове, нарочито ако се ради о великим серијама или масовној производњи. Често се долази у дилему, шта је оправданије, да се калуп уради у калупу што знатно поскупљује цену калупа, или навој нарезивати механичким путем накнадно. Пресудну улогу игра број потребних производа и тада се лако може закључити и економски ефекат за обе варијанте. Код меких пластомера, као што су ПЕ ниске густине и меки ПВЦ, нема дилеме јер се ту навој не може накнадно извести.

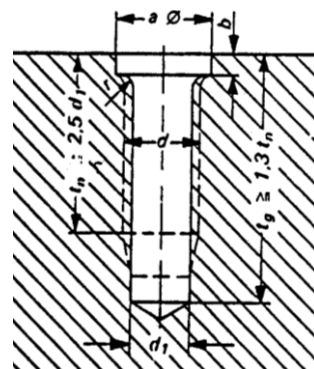
Изведба навоја, било унутрашњег или спољашњег, с оштрим профилима не долази у обзир код пластомера. Увек треба имати на уму да термопласти не подносе оштре прелазе и не може се једноставно применити профил метричког навоја или Витвортовог профила, или неког другог који се примењује у машинству. Ово нарочито важи за пластомере са малом ударном жилавости. Осим тога, било би немогуће вађење из калупа ако би се једноставно узеле вредности неког навоја који је урађен у машинству.

Избор оквирних вредности навоја код израде цртежа и пројектовања производа треба урадити према слици 29. и табели 3. Веома важно је применити коничност. Наравно још једна битна ствар је и то да код производа од полимера који имају већа скупљања треба извести коничност до краја јер је иначе отежано вађење из калупа.

Код пројектовања производа морају бити познате техничке могућности изведбе калупа. Ако то није могуће, треба знати барем оквирно, да ли ће се навој директно у самом пластомеру, или посредно с уметањем металне чауре, или којим другим системом, аутоматским одвајањем и сл.

Табела 3.

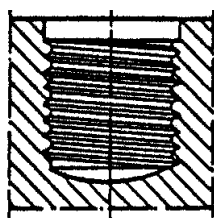
Д мм	Д ₁ мм	Т _г мм	Т _с мм	а мм	б мм	р мм
2,6	2,16	7,58	5,83	2,9	0,2	0,2
3,0	2,55	8,96	6,89	3,4	0,3	0,2
3,5	2,95	10,36	7,97	4,0	0,3	0,3
4,0	3,30	11,58	8,91	4,5	0,4	0,3
5,0	4,20	14,74	11,34	5,5	0,4	0,4
6,0	4,90	17,20	13,23	6,5	0,5	0,5
8,0	6,60	23,17	17,82	8,6	0,6	0,6
10,0	8,30	29,13	22,41	10,7	0,8	0,7



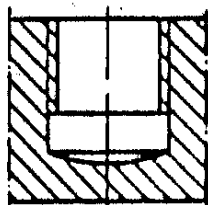
Слика 29. Препоручене вредности навоја [2]

Два елемента произведена од полимера, која се међусобно спајају, треба бити по могућности израђени од истог материјала, како би се избегло заривавање код навојног споја. Решење унутрашњег навоја датог на слици 30. је исправна и треба је се придржавати. Напротив, навој приказан на

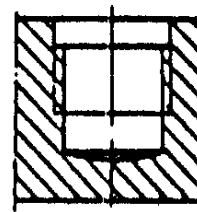
слици 31. је неисправан, на крају подрезан, и немогуће га је извести обзиром на конструкцију калупа. На слици 32. приказана је исправно решење унутрашњег навоја са суженим завршетком и могућностима уградње језгра у жиг калупа, која формира навој.



Слика 30. Препоручени исправни навој [2]

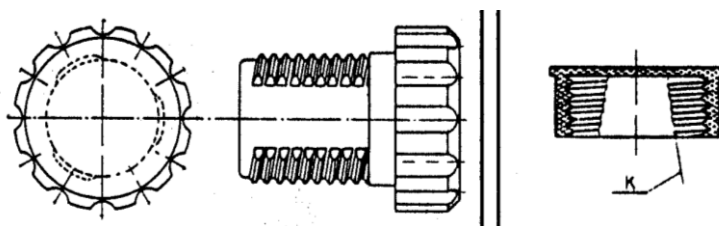


Слика 31. Неисправна изведба навоја [2]



Слика 32. Исправна изведба са сужењем [2]

При изведби унутрашњег и спољњег навоја, код производа који имају функцију затварања без притезања у навоју, само у додирној површини чепа, примењује се решење делимичног односно прекинутог навоја. Ова врста навоја за 50% појефтињује изведбу калупа, јер се циклус обликовања изводи без одвијања навоја за време избацивања из калупа, односно језгро се отвара под конусом (к, слика 33.) и у фази отварања калупа ослобађа се навој.



Слика 33. Пример прекинутог (делимичног) навоја [2]

5. КАРАКТЕРИСТИКЕ АЛАТА ЗА ИЗРАДУ ДЕЛОВА ОД ПЛАСТИЧНИХ МАСА

5.1 Основни елементи алата

Основни елементи калупа (алата) су:

- уливни систем,
- гравура,
- систем за избацивање отпреска,
- систем за вођење калупа,
- кућиште и
- елементи за темперовање калупа.

Поред ових, калуп може имати и друге елементе који се користе у посебним конструкцијама, као што су грејачи за алате за "ливење пластике", као и елементе за манипулацију алатом (постављање на машину, транспорт, итд.).

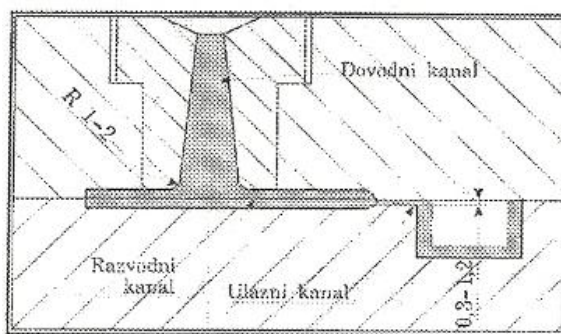
5.1.1 Уливни систем

Под уливним системом подразумева се један или више канала повезаних у једну целину. Његова улога је да што лакше, брже и без турбуленције дозирају растопљени пластомер до гравура. Укратко, уливни систем повезује млазницу бризгалице са гравуром калупа (слика 34.).

Неправилно димензионисани и постављени уливни канали могу да отежају рад алата, а у неким случајевима и потпуно онемогуће. То је посебно значајно код пластомера који брзо очвршћавају.

Уливни систем се састоји од:

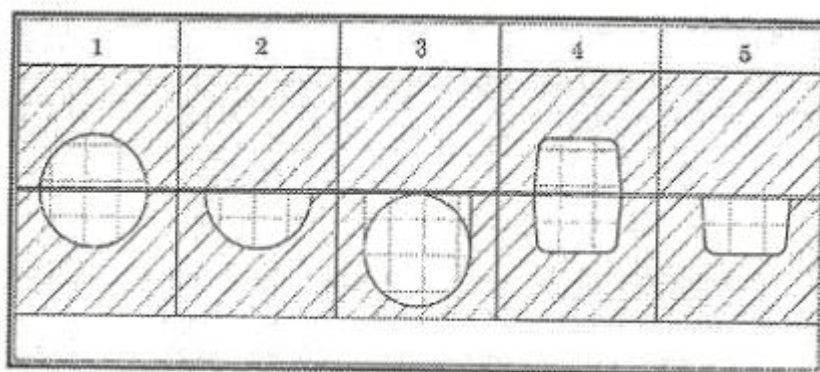
- доводног канала,
- разводних канала и
- улазних канала.



Слика 34 .Уливни систе [4]

Доводни канал се поставља у непокретном делу алата. Налази се у оси канала млазнице на брызгалици. При брызгању, растоп пластомера испуњава канал и очвршћава тако да се мора одстранити после сваког циклуса.

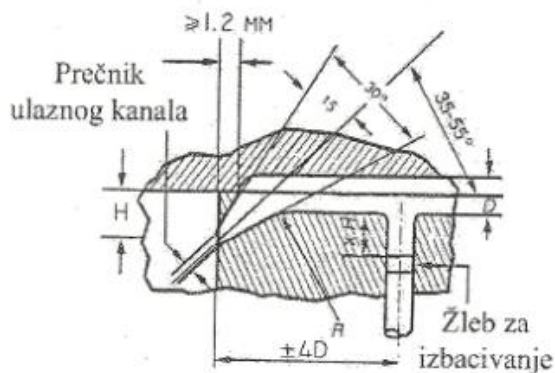
Разводни канали се примењују код калупа са једном гравуром, у случају уливања са више тачака, или код калупа са више гравура. Они повезују доводни канал са гравуром калупа (слика 35.).



Слика 35. Облици разводних канала [4]

Улазни канали повезују разводни канал са гравуром калупа. Они су знатно мањег попречног пресека од разводних канала, па се често називају и уливна грла.

Избор попречног пресека канала и њихово димензионисање, обично се изводи на основу искуствених података или по препорукама произвођача пластомера. Тако је на пример, препоручени уливни систем за производњу делова од NORLYA, VALOXA и LEXANA, дат од предузећа General Electric Plastics (слика 36.).



Слика 36. Препоручени уливни ситем дат од предузећа „General Electric Plastics“ [4]

Посебна врста уливних система су тзв. уливни системи са грејаним каналима. Могу се користити при обликовању готово свих врста полимера (осим ПВЦ и ПУР). У пракси се највише користе грејани уливни системи са тачкастим уливањем. Попречни пресек ових канала је мањи од пресека стандардних уливних канала.

Примена калупа са грејаним каналима представља једну од основних мера за снижење трошкова производње, што је једино исплативо код великосеријске производње. Овакав систем омогућава брз и потпуно аутоматизован ток производње. Електрични грејачи одржавају пластомер у уливним каналима у течном стању. То омогућава непрекидни рад независно од времена трајања циклуса.

Највжније предности су:

- нема уливног отпада,
- нема сметњи због заостајања уливка,
- нема негативног утицаја грозда (отпресци + уливак) на време хлађења,
- мањи утрошак пластомера, краће време пластификације и мања потрошња енергије и
- није потребно одвајање отпреска од уливног система.

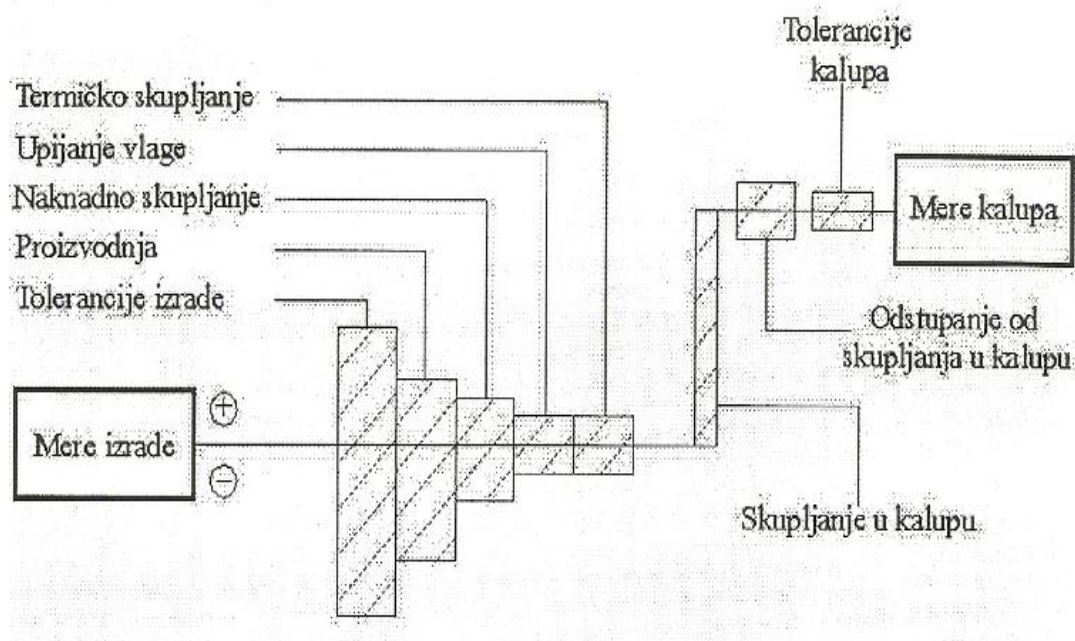
5.1.2 Гравура

Алати се могу израђивати са једном или више гравура. Алати са једном гравуром се израђују за један отпресак, који је обично већих димензија и сложеног облика или у случају мањег броја отпресака. Код алата са већим бројем отпресака жели се постићи смањење трошкова производње, краће време производње и већи обим производње. Такав алат, мора бити изведен за исте облике отпресака, као и за различите врсте отпресака, ако су од исте врсте пластомера и исте боје.

Правилно димензионисање гравуре представља један од највећих проблема при констукцији алата. У тој фази пројектовања алата узима се у обзир скупљање пластомера у калупу које настаје приликом хлађења, као и евентуално накнадно скупљање које настаје код појединих кристалних полимера. Величина скупљања зависи од следећих фактора:

- врста термопласта;
- температура растопљеног термопласта;
- калуп (хлађење, врста и уливна места) и
- машина (притисак и брзина убризгавања).

За одређивање степена скупљања пластомера користе се подаци које даје произвођач, искуствени подаци, као и експерименти. Најчешће се користи пробни штапић као компаратор, или метод пробних комада. Велики проблем представља чињеница да већина пластомера нема исте вредности скупљања у свим правцима (смер течења растопа и управни смер). Зато се и величина скупљања пластомера узима према искуственим подацима.



Слика 37. Положај толеранциских поља при производњи делова од ластичних маса [6]

5.1.3 Систем за избацивање отпреска

На врсту система за избацивање отпреска утиче неколико фактора

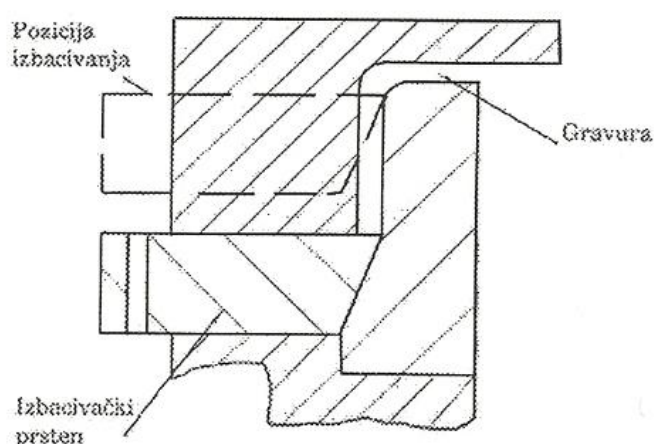
- облик отпреска,
- број отпресака у калупу,
- врста пластомера,
- ниво аутоматизације рада калупа и
- врста и могућности машине.

Важно је изабрати такав систем избацивања готовог дела из калупа који обезбеђује несметан рад и што је најважније да не остану трагови избацивача на готовом делу.

Најчешће се користе следећи системи за избацивање:

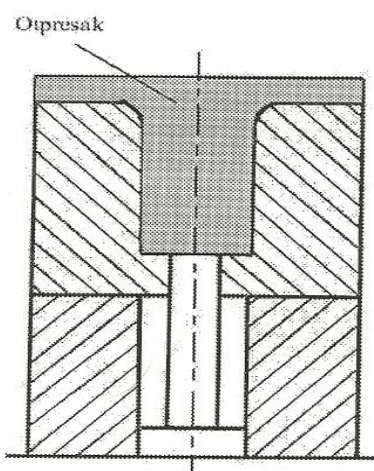
- избацивачки прстен (слика 38.),
- игличасти избацивачи (слика 39),
- цевasti избацивачи (слика 40.),
- степенaсти избацивачи и
- системи са ваздушним избацивањем.

Избацивачки прстенови обично се користе за отпреске округлог или четвртaстог попречног пресека. Активирају се хидрауличким путем или приликом отварања калупа механичким путем.



Слика 38. Избацивачки прстен [4]

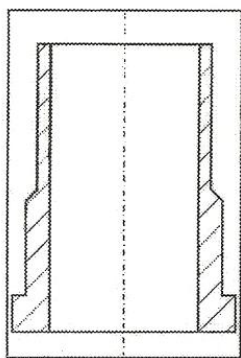
Игличасти избацивачи се користе код отпресака за које није потребан дугачак ход избацивача, или није могуће применити други систем избацивача. Примењују се, ако отисак избацивача не утиче на естетски изглед готовог дела или ако је отисак на страни која се не види.



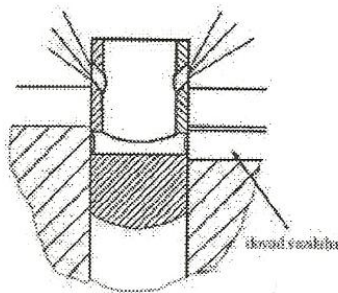
Слика 39. Игличасти избацивачи [4]

Цевасти избацивачи се користе код отпресака прстенастог попречног пресека у калупима са више гравура. Имају задатак да скину или свуку отпресак са језгра. Степенасти избацивачи се користе код великих серија.

Системи са ваздушним избацивањем се користе код делова где ваздух не може да прође кроз канале или ребра. При класичном избацивању у почетној фази одвајања отпреска од калупа долази до стварања вакуума испод отпреска, што може изазвати његово кривљење. Увођењем ваздушних избацивача ова појава се елиминише.



Слика 40. Цевасти избацивач



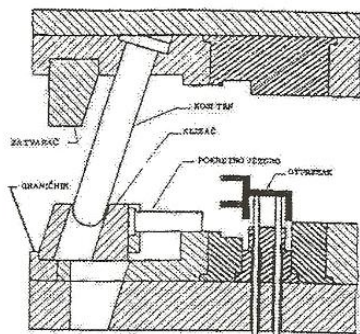
Слика 41. Ваздушно избацивање

5.1.4 Систем за вођење калупа

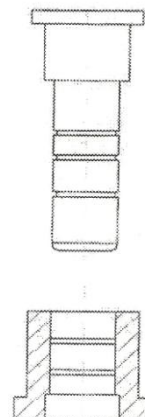
Задатак система за вођење је да центрира и да обезбеди паралелност хода покретног у односу на непокретни део калупа, као и одржавање тачног положаја плоча у равни отварања калупа. Најчешће се користе алати са 2,3 или 4 водећа стуба у зависности од величине калупа. Они се постављају по спољном ободу калупа ради бољег центрирања. Код мањих алата користи се посредно вођење стуб - чаура, док се код већих алата користи непосредно вођење (стуб и отвор кроз основну плочу алата). Материјали за израду стуба и чауре су 90MnCrV8 (Ћ 3840), термички обрађени до 58-60 HRC и 56-58 HRC за чауру. Толеранција унутрашњег пречника чауре је H7, а спољашњи пречник стуба m6. За правилно функционисање алата, систем за вођење треба растеретити у попречном правцу.

Системи за вођење су обично стандардизовани. Калупи за вођење се користе за ињекционо пресовање делова са испупчењима по спољашњој површини или за отпреске са спољашњим навојем. За избацивање готовог дела из калупа, често је потребно обезбедити отварање калупа и у попречном правцу. Најчешће се примењују системи са косим вођицама. По

изгледу се не разликују много од класичних стубних вођица, међутим изложене су много већем хабању, па се израђују од висококвалитетних челика отпорних на хабање уз обавезну термичку обраду. Косе водике се могу поставити на покретној или на непокретној страни калупа, што зависи од облика предмета.



Слика 42. Механизам са косим вођицама [6]



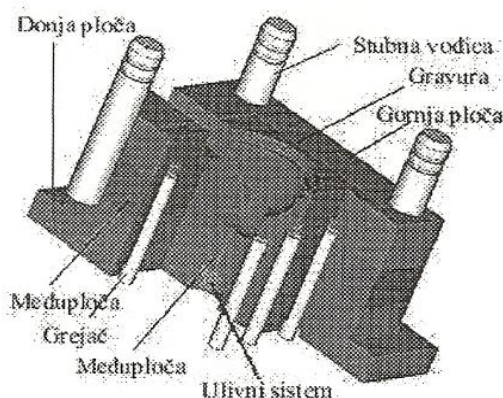
Слика 43. Систем за вођење [6]

5.1.5 Кућишта калупа

Кућиште калупа се састоји од две носеће плоче, система за вођење калупа и система за избацивање.

Доња плоча је уједно и основна плоча алата на коју се постављају остали елементи алата. Када је алат постављен у машину, доња плоча је притегнута завртњима или стегама за радни сто машине. Дебљина основне плоче се креће од 12 до 76 mm. Израђује се од меког челика и у алат се поставља очишћена и оборених ивица.

Подсклоп кућишта се обично ради као стандардни и то обично по интерним стандардима.

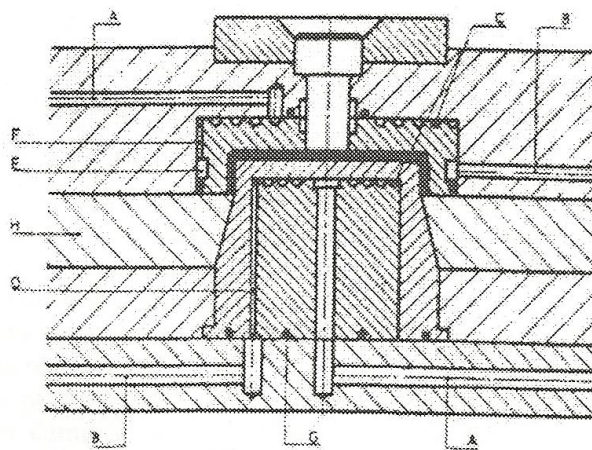


Слика 44. Елементи за хлађење (темперовање) калупа [4]

5.1.6 Елементи за хлађење (темперовање) калупа

Растопљени термопласт се након убризгавања у гравуру, хлади преносом топлоте на зидове калупа. Бризгање је циклични процес са релативно кратким трајањем једног циклуса. Са већим бројем понављања циклуса, калуп се све више загрева, што за последицу има теже очвршћавање термопласта у алату. Зато се калупи хладе водом, која циркулише кроз канале израђене у покретном и непокретном делу калупа.

Степен хлађења се контролише преко протока воде. Димензије канала се бирају у зависности од величине дела који се израђује. Најчешће су 7-10 mm за делове масе до 100 g.



Слика 45. Канали за хлађење калупа [4]

При изради одливака на вишим температурама (450°C), калуп је потребно грејати.

Уколико се израђују предмети танких зидова и развучених површина, термопласт брзо одаје топлоту зидовима калупа и успорава кретање. То доводи до непотпуног попуњавања гравуре, појаве пукотина и других неисправности радног комада.

5.1.7 Грејачи

Грејачи су стандардни делови који служе за загревање калупа, уколико су предмети велики и танких зидова. Цилиндричног су облика. Код бризгања оваквих делова може доћи до отврђавања пластомера, па је из тог разлога неопходно грејање алата. Израђују се као стандардни делови, различите снаге и пречника.

Пречник грејача најчешће износи 8 -16 mm. Смештају се у претходно избушене отворе који се најчешће налазе у доњем делу алата. Везују се са управљачком јединицом која служи за контролу температуре.

4.2 Материјали за израду калупа

При изради калупа за израду кућишта светиљке, мора се водити рачуна о материјалима за њихову израду. Материјали морају да испуне следеће захтеве:

- експлоатациони,
- обезбеђење довољне жилавости,
- обезбеђење ниске осетљивости на оштећење,
- постојаности мера при раду,
- хемијској постојаности.

Експлоатациони захтеви су врло строги, па се и од материјала то исто тражи, нарочито за обезбеђење тачности мера готовог производа.

Обезбеђење ниске осетљивости на оштећење подразумева да материјали морају испунити и одговарајуће захтеве у испуњавању одређене тврдоће, нарочито код механизма за затварање калупа.

Постојаност мера при раду је значајна зато, што се у зони обраде јављају високе температуре.

Хемијска постојаност се изражава преко губитка масе сведено на 1 m² у току 1 часа, при чему се сматра да губитак материјала равномерно настаје на целој површини плоче.

Најчешће се као материјали за израду гравуре користе нерђајући алатни челици тврдоће 56-58 HRC, као што су *X45CrMoV15* (Ћ 4770) и *X42Cr13* (Ћ 4175) тврдоће 53-54 HRC.

Челик *X45CrMoV15* (Ћ 4770) је високо легиран хром— молибденски нерђајући челик који се може побољшати. Веома је отпоран на хабање и

има врло високу тврдоћу после каљења. Челик *X42Cr13* (Ћ 4175) је високо легирани хром нерђајући челик. Има велику тврдоћу после каљења.

Површина гравуре се обавезно теннички обрађује и полира. У процесу израде користе се одређена средства за чишћење и за одвајање калупа. Значајна су због одржавања површине гравуре и спречавања пријањања предмета за зидове гравуре. Њихова употреба захтева нарочиту пажњу, нарочито код делова код којих је предвиђена накнадна обрада лакирањем и метализацијом.

Избор материјала који се користе за израду алата зависе од избора врсте полимера, услова обраде, расположиви челици и сл.

Као материјали се још користе и *40CrMnMoS8-6* (Ћ 4742), *X38CrMoV5* (Ћ 4751), *90MnCrV8* (Ћ 3840), *X210Cr12* (Ћ 4150) и *X155CrVMo12* (Ћ 4850).

6. ПРОЈЕКТОВАЊЕ СПЕЦИЈАЛНЕ СВЕТИЉКЕ И АЛАТА ЗА ЊЕНУ ИЗРАДУ

На основу комерцијалног модела специјалне ауто светиљке која се може наћи у слободној продаји (слика 46.), извршена је анализа исте и пројектовање нових модела светиљки.

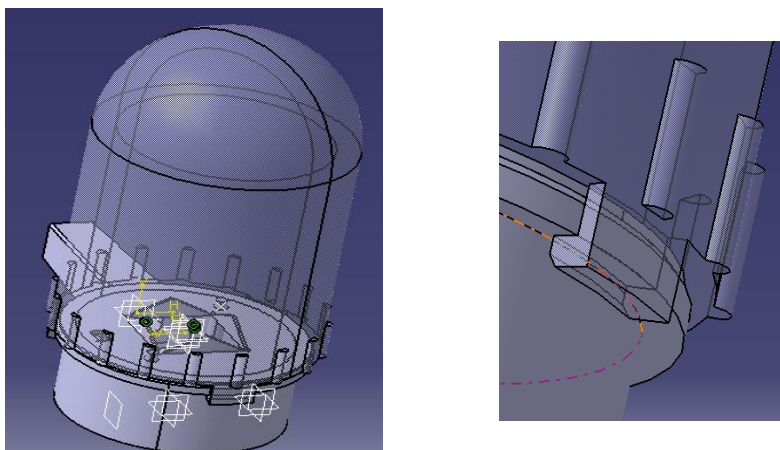


Слика 46. Приказ склопљеног (*лево*) и расклопљеног (*десно*) модела специјалне ауто светиљке

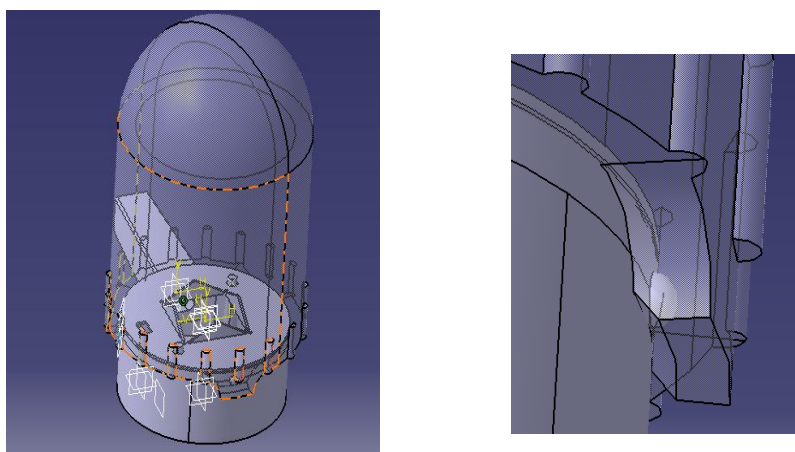
На слици (слика 46.) приказан је полазни проблем тј. специјална светиљка са навојним спајањем. Да би се добили ови елементи са навојем потребан је алат са косим вођењем.

Алати са косим вођењем сложене су конструкције и изложени су много већем хабању, па се због тога израђују од високо квалитетнијих челика одторних на хабање уз обавезну термичку обраду.

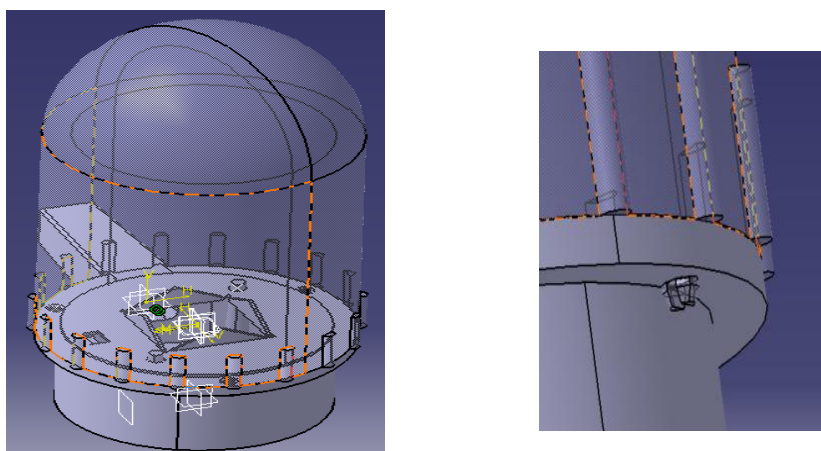
Ради поједностављења алата пројектовано је три различита примера специјалне ауто светиљке (слика 47. 48. и 49.), принципом ускочног спајања (жабица).



Слика 47. Пример 1.



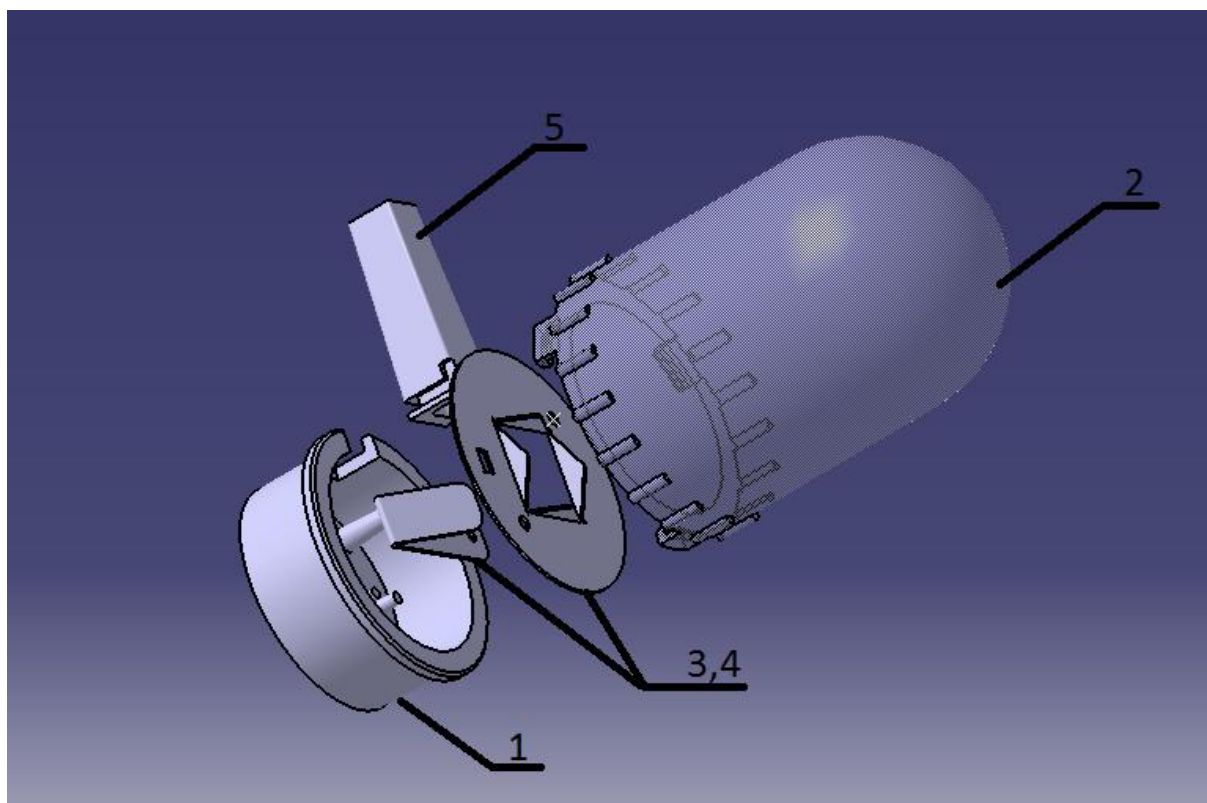
Слика 48. Пример 2.



Слика 49. Пример 3.

Због најмање могућности продирања воде унутар светиљке и због једноставности алата опредељује се за пример 1 (слика 47.).

Нови модел специјалне светиљке се састоји од следећих делова: доњег дела кућишта (1), горњег дела поклопца (2), металних пипака који омогућавају контакт са сијалицом (3,4), носач електричне инсталације (5).

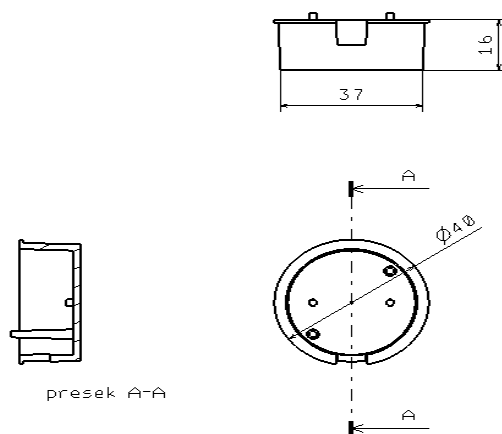


Слика 50. Растављени приказ новог модела специјалне светиљке

У следећим поглављима биће детаљније описан сам начин моделирања једног елемента (кућишта) специјалне ауто светиљке, и моделирање алата за његову израду.

6.1 Моделирање кућишта специјалне светиљке

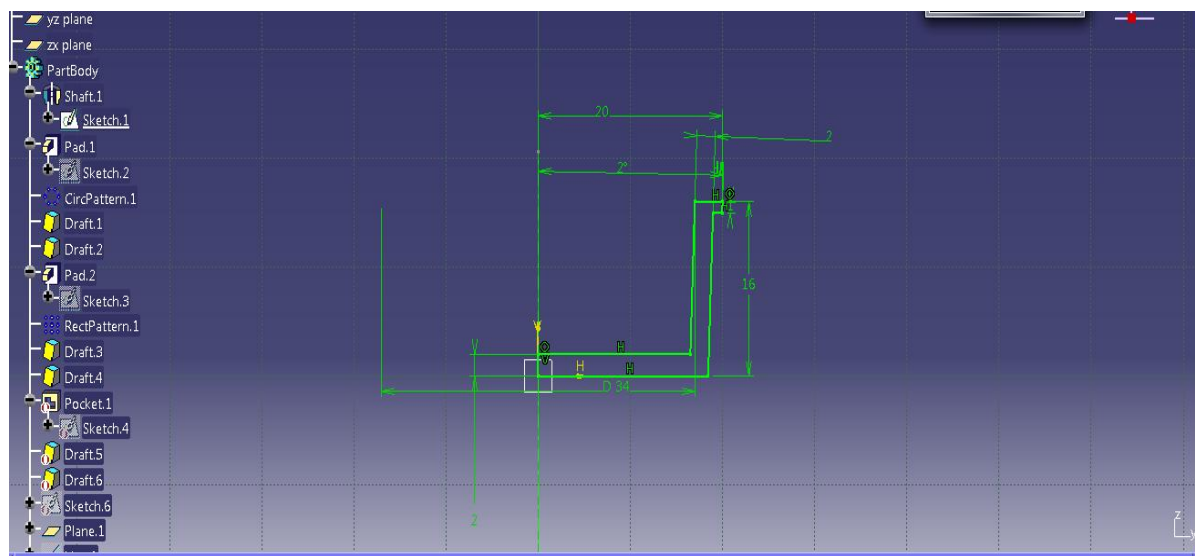
Као полазна основа моделирању кућишта специјалне светиљке, представљао је радионички цртеж радног комада. На слици 51. дате су опште габаритне мере радног комада.



Слика 51. Основна геометрија куциста специјалне светиљке

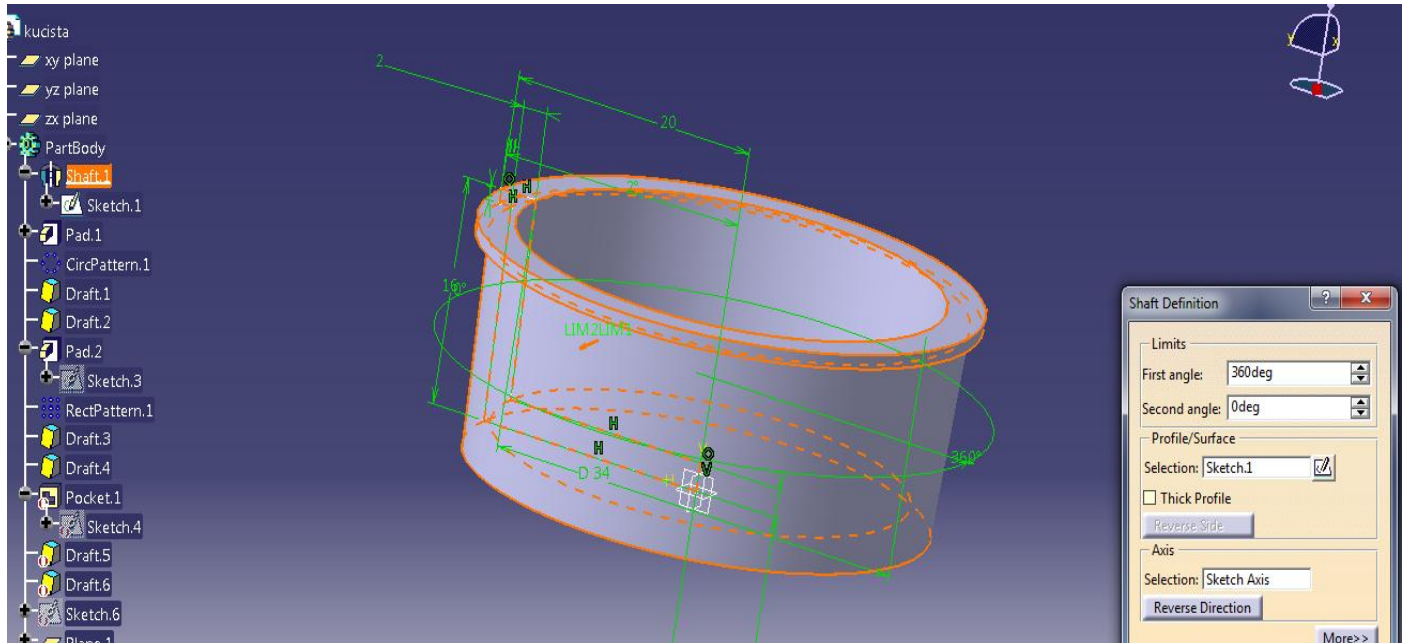
На самом почетку врши се анализа дела, да би се одредио најбољи начин за дефинисање 3D модела. Моделирање почиње отварањем *Sketch-a* у YZ равни у којој се црта контура, користећи функције *Profile*.

Нацртаној контури се додају коте и релације користећи функцију *Constraint*. Контуру је потребно дефинисати са довољно параметара (*constraint-a*) како би била потпуно дефинисана тј. док сви елементи контуре не буду зелене боје. Елементи који нису потпуно дефинисани приказани су белом бојом. Изглед *Sketch-a* приказан је на слици 52.



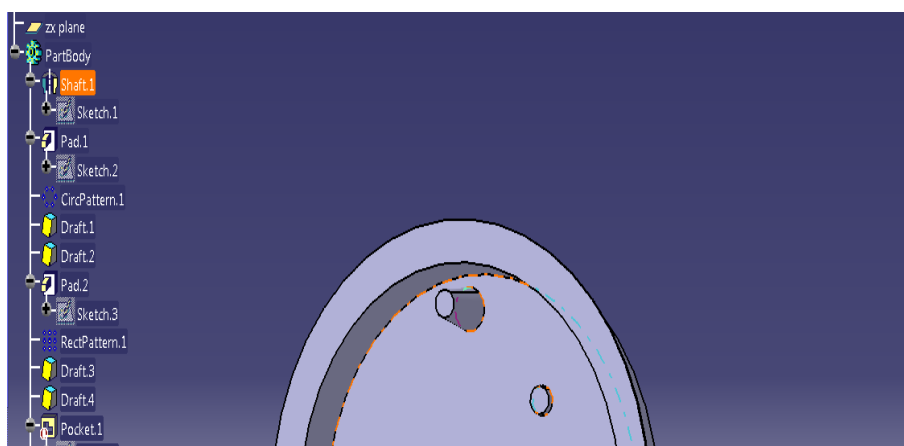
Слика 52. Дефинисање потребне геометрије у *Sketch-u*

Изласком из *Sketch-a* и укључивањем функције *Shaft* у оквиру *Part Design-a*, у потребном дијалог прозору, након селектовања *Sketch-a* , уписује се вредност *Shaft-a*: *First angle* : 360deg (слика 53.).



Слика 53. Полазни 3D модела

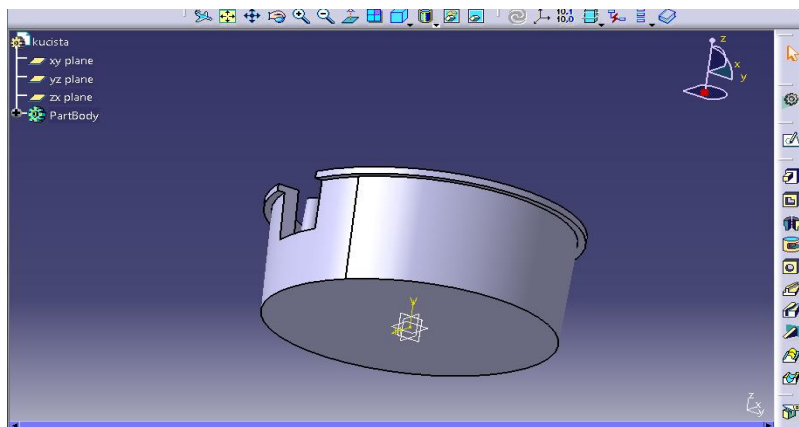
У следећој фази користи се функција *Pad*, потребан за добијање избочина , дефинисане 2Д геометрије (слика 54.).



Слика 54. Додавање избочина помоћу функције *Pad*

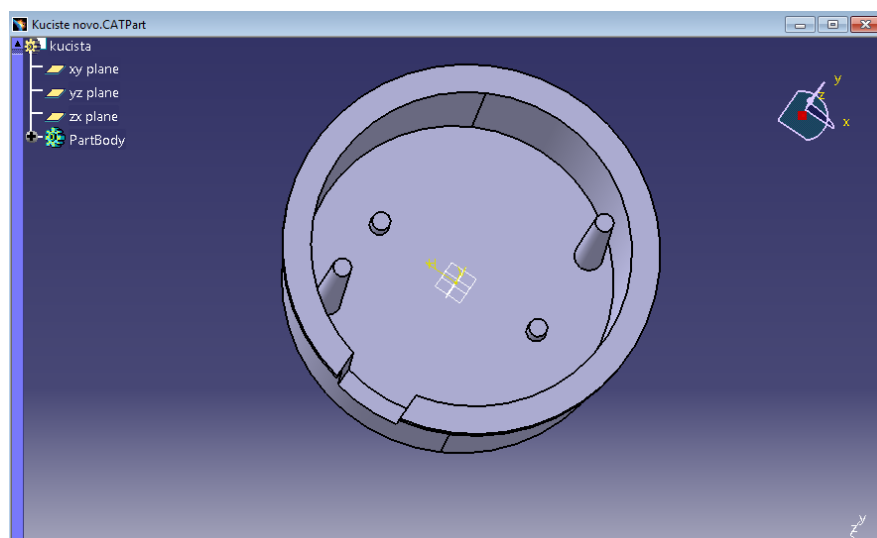
У следећој фази користи се функција *Pocket*, потребан за добијање просецања или удубљења, дефинисане 2D геометрије.

У *Sketch-u* се уцрта контура прореза (одсецање отвора за електричну инсталацију) и функцијом *Constraint* тачно дефинишу димензије. Након изласка из *Sketch-a* и укључивањем функције *Pocket* појављује се дијалог прозор *Pocket definition*, у оквиру којег се одабира *Up to next*, као тип, и селектовањем контуре прореза, дефинише се профил (слика 55).



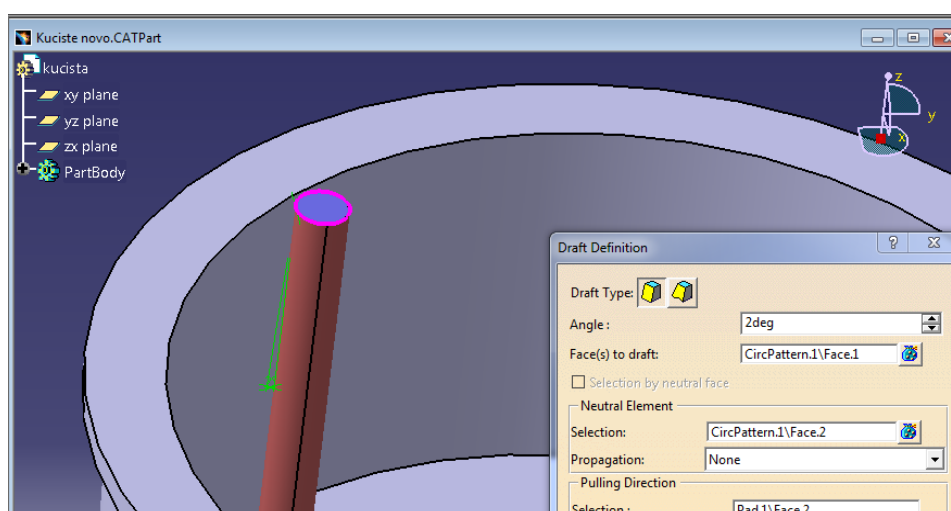
Слика 55. Одсецање отвора за електричну инсталацију функцијом *Pocket*

У следећој фази користи се функција *Circular Pattern*. уз помоћ које се врши умножавање избочина унутар кућишта, селектовањем избочине и активирањем функције *Circular Pattern* и унутар дијалог прозора наводи се *Instance(s) : 2* тј. број објекта који се умножава као и угао за који се заокреће *Angular spacing : 180deg* (слика 56).

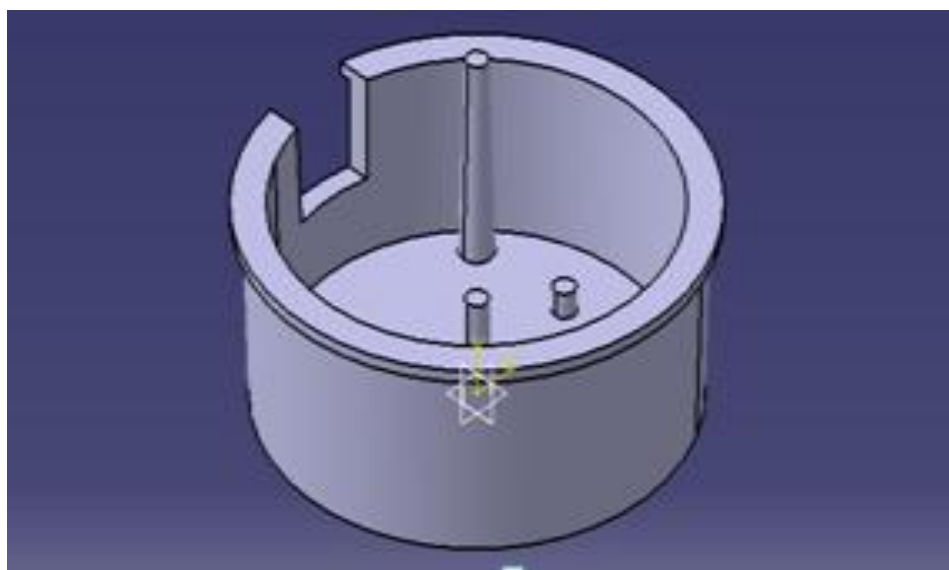


Слика 56. Умножавање објекта помоћу функције *Circular Pattern*

У задњој фази користи се функција *Draft Angle* чија је улога закошавање површи ради што лакшег вађења радног комада из калупне шупљине алата за бризгање пластике. Активирањем функције *Draft Angle* селекује се чеона површ и површ која се закошава, унутар дијалог прозора се задаје степен закошења, у нашем случају *Angle : 2deg* за све закошене површине (слика 57). Након закошавања површи добијамо коначан изглед 3D модела кућишта светилке (слика 58).



Слика 57. Закошење површи помоћу функције *Draft Angle*



Слика 58. Коначан изглед 3D модела кућишта светилке

6.2 Моделирања алата за израду кућишта специјалне светиљке

CATIA V5R16 је програмски пакет који омогућава:

- једноставно креирање калупних шупљина, уметака, калупа у потпуности користећи асоцијативност са геометријским моделом производа,
- непосредно коришћење геометријског модела производа при дефинисању гнезда,
- при дефинисању димензија гнезда узима се у обзир и фактор скупљања,
- аутоматско креирање равни растављања калупа,
- алат са једним или више гнезда,
- коришћење стандардних кућишта и компоненти водећих светских произвођача Hasco, Futoba, D-M-E, DMS кроз библиотеку Mold Base Library,
- креирање типских облика специфичних за ињекционо пресовање: уливни системи, системи за избацивање отпресака, системи веза, итд. ,
- симулација секвенци отварања калупа и избацивања отпресака,
- израчунавање запремине, површине и др. и
- сви елементи алата су солид модели и као такви се могу користити за генерисање програма за обраду на CNC машинама.

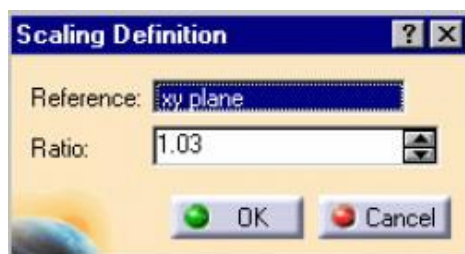
Правилно димензионисање гравуре представља највећи проблем при конструисању алата за бризгање пластике. У тој фази пројектовања алата узима се у обзир скупљање пластомера приликом хлађења, као и евентуално накнадно скупљање.

Величина скупљања зависи од много фактора, од којих су најважнији:

- врста пластомера,
- температура растопљеног термопласта,
- облик и димензије производа,
- калуп (темперовање, врста и уливна места) и
- машина (притисак и брзина убризгивања).

За одређивање степена скупљања пластомера користе се и подаци произвођача пластомера, искуствени и експериментални подаци.

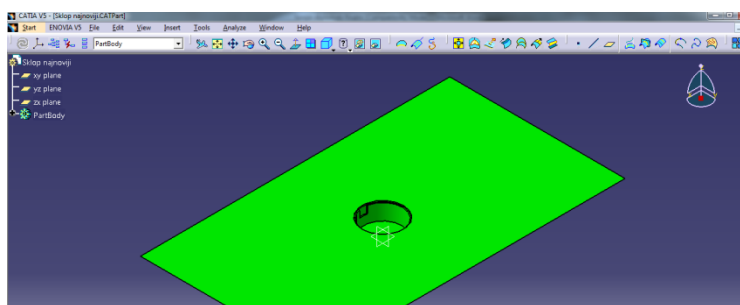
У овом случају, коефицијент скупљања за полиамид 6 са 10% стаклених влакана износи око 1%. Ова вредност се дефинише у оквиру *Part Desinge-a* функцијом *Scaling* (дефинише се за све три координатне осе, слика 59).



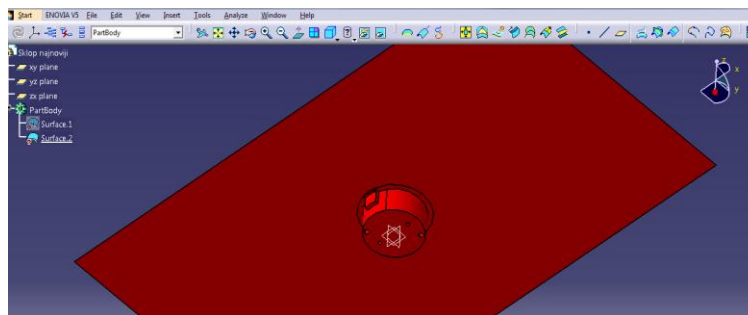
Слика 59. Дефинисање коефицијента скупљања

CATIA омогућава лако и брзо генерисање подеоне равни уласком у модул *Core&Cavity Design*.

Уласком у овај модул и укључивањем функције *Defines pulling direction*, омогућено је аутоматско дефинисање горње и доње површи алата. Зеленом бојом дефинисана је горња површ алата (слика 60.), а црвеном доња површ алата (слика 61.).



Слика 60. Горња површ алата

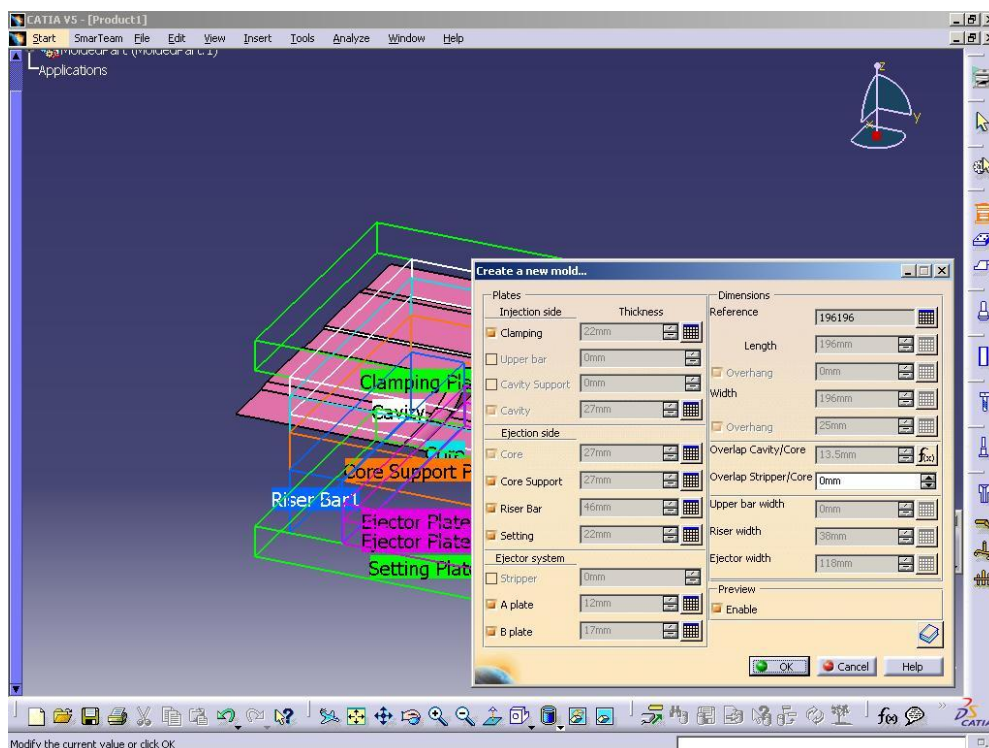


Слика 61. Доња површ алата

Селектовањем на икону *Create a new mold* програм аутоматски генерише алат са његовим основним елементима (горња и доња основна плоча, избацивачке плоче, потпорни прстенови, уливна стезна плоча итд.). CATIA је програмски пакет који омогућава коришћење кућишта и компонената светских произвођача типа Hasco, DME, Futaba итд., и овом конкретном случају примењују се искључиво Hasco стандардни елементи (слика 62).



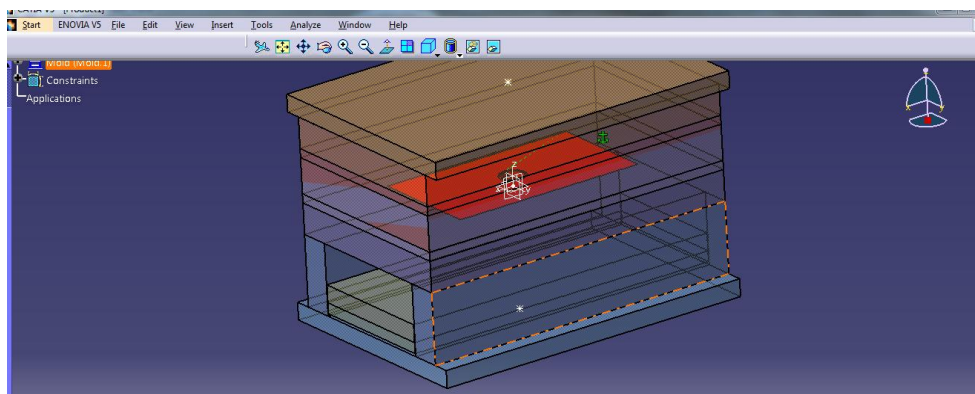
Слика 62. Избор стандардних елемената



Слика 63. Дефинисање димензија алата

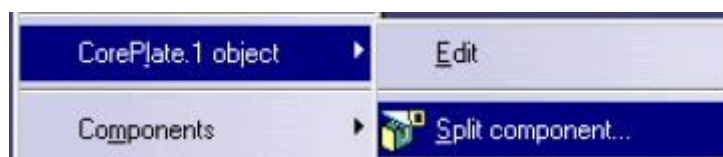
Овако генерисан алат није довољно димензионисан, па се оптимизација његових димензија врши у дијалог прозору који се активира упоредо са приказом алата (слика 63).

Након дефинисања потребног облика и димензија, добија се основни (полазни) изглед алата, (слика 64).



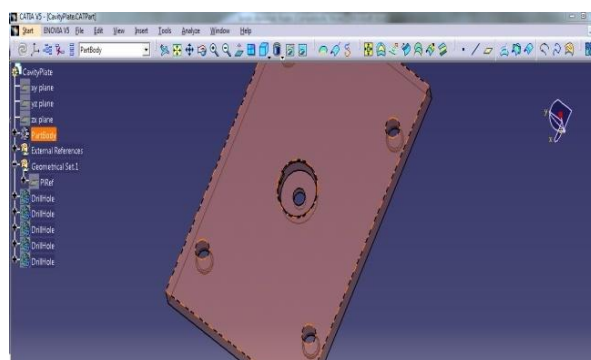
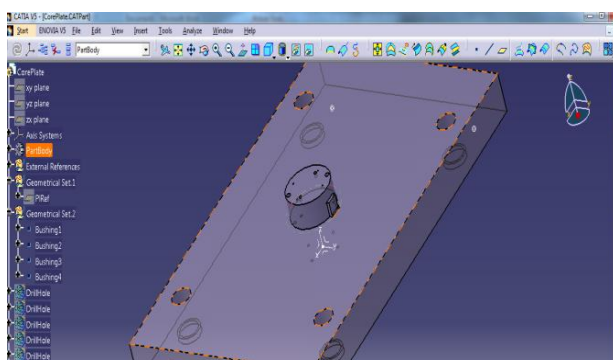
Слика 64. Изглед алата у почетној фази моделирања

У следећој фази приступа се изради калупних шупљина, користећи површински модел урађен у оквиру модула *Core & Cavity* (слика 60 ; 61.).



Слика 65. Дефинисање калупне шупљине у доњем делу алата опцијом *Core Split Element*

Опцијом *Core Split Element* врши се формирање калупне шупљине у доњем делу алата, док се опцијом *Cavity Split Element* формира калупна шупљина у горњем делу алата. Коначан изглед калупних шупљина дат је на слици 66.



Слика 66. Положај калупних шупљина

Формирањем калупних шупљина заокружен је циклус генерисања основних елемената алата, након чега се приступа уношењу осталих елемената (уливних система, водећих елемената, избацивачких компоненти, системи веза итд.).

Модул *Mold Tooling Design* аутоматски, након дефинисања потребних димензија самог алата, генерише тачке којима се дефинише положај потребних елемената. Даље се процес избора елемената алата своди на дефинисање њихових димензија.

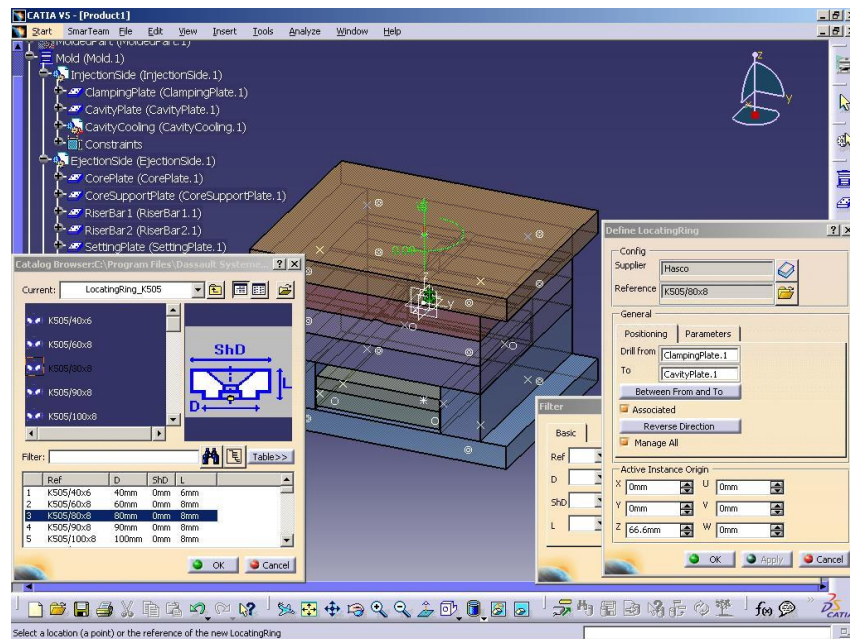
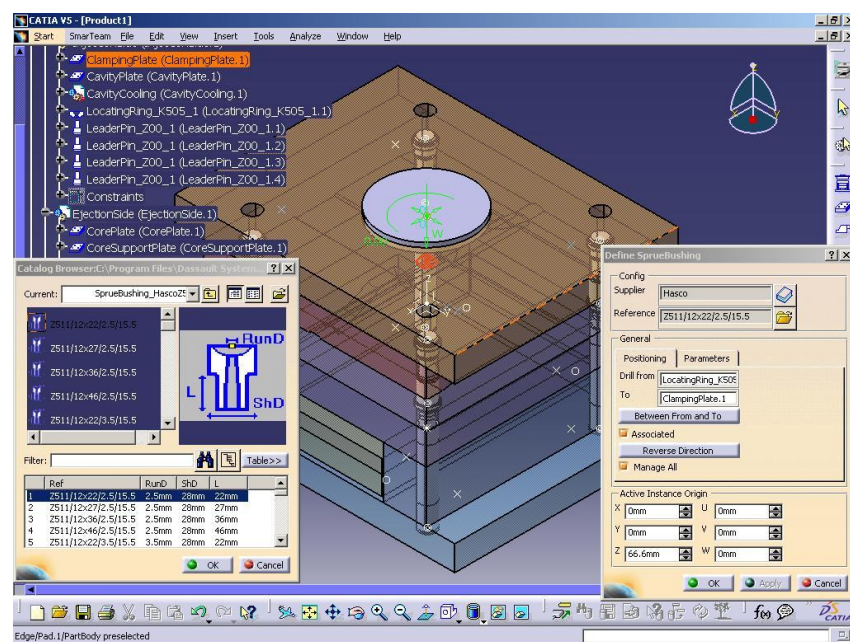
При дефинисању уливног система, САТИА пружа могућност избора потребног места, као и облика уливника (централни-директни, тунелни, бочни уливник, уливни систем са разводним каналима итд.), јер и сам квалитет производа, у највећем броју случајева, зависи од правилног дефинисање положаја уливања (слика 67).



Слика 67. Врсте уливника

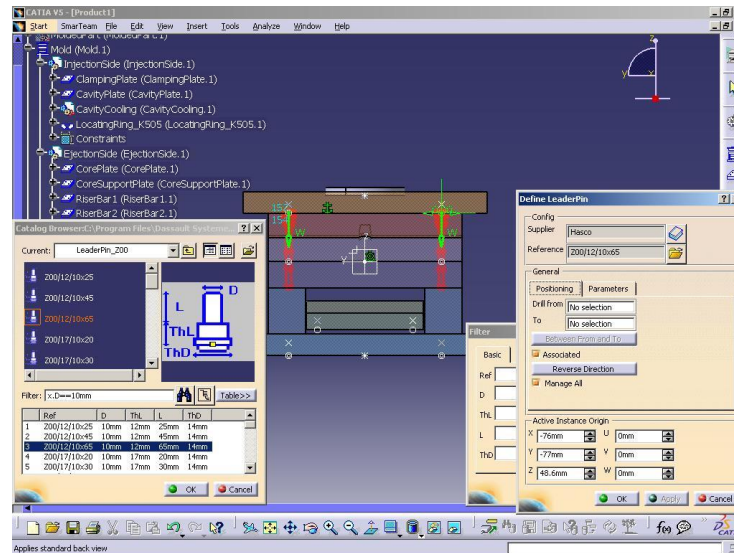
Да би уливни систем алата био комплетан потребно је дефинисати уливни прстен и уливну чауру.

Укључивањем функције *Clamping Center* врши се избор облика, као и димензија уливног прстена, док се као веза са горњом основном плочом користе вијци М8 (слика 68.) , док се функцијом *Sprue Bushing* дефинише уливна чаура (слика 69.).

Слика 68. Избор уливног прстена (*Clamping Center*)Слика 69. Избор уливне чауре (*Sprue Bushing*)

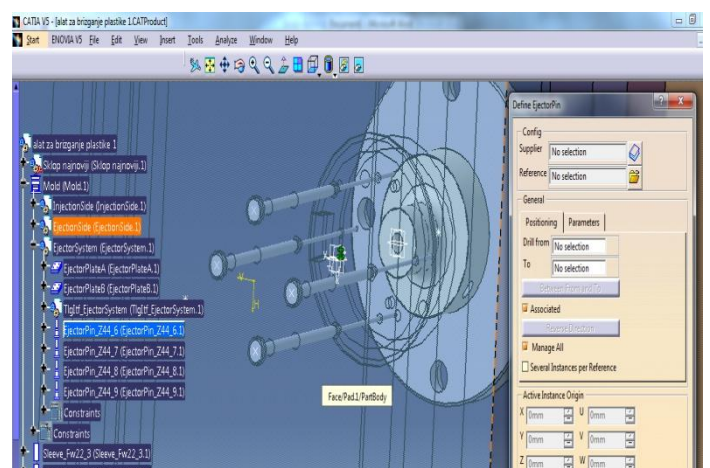
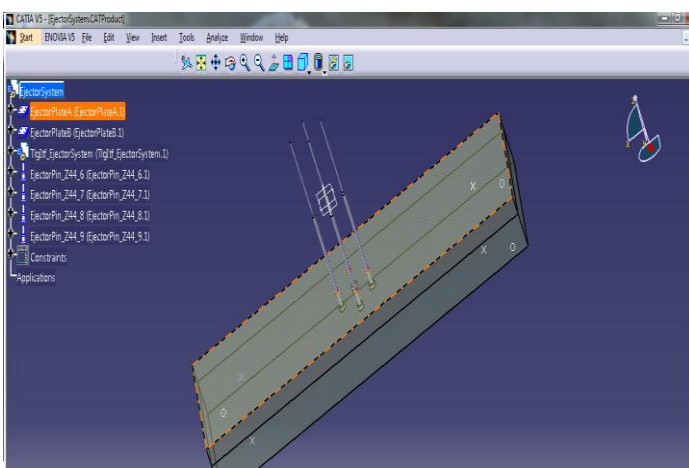
Као систем за вођење и центрирање алата користе се четири стубне вођице са чаурама и прстеновима за вођење, чији избор је олакшан базом података којом располаже CATIA.

Положај стубних вођица, CATIA аутоматски генерише, мада постоји могућност и задавања потребног положаја стубних вођица. Укључивањем функције *Lider Pin* отвара се дијалог прозор у оквиру којег се врши избор *Hasco* - ових стандардних стубних вођица са потребним димензијама. На исти начин врши се избор прстенова (*Sleeve*) и чаура (*Bushing*) за вођење (слика 70).



Слика 70. Дефинисање система за вођење и центрирање калупа

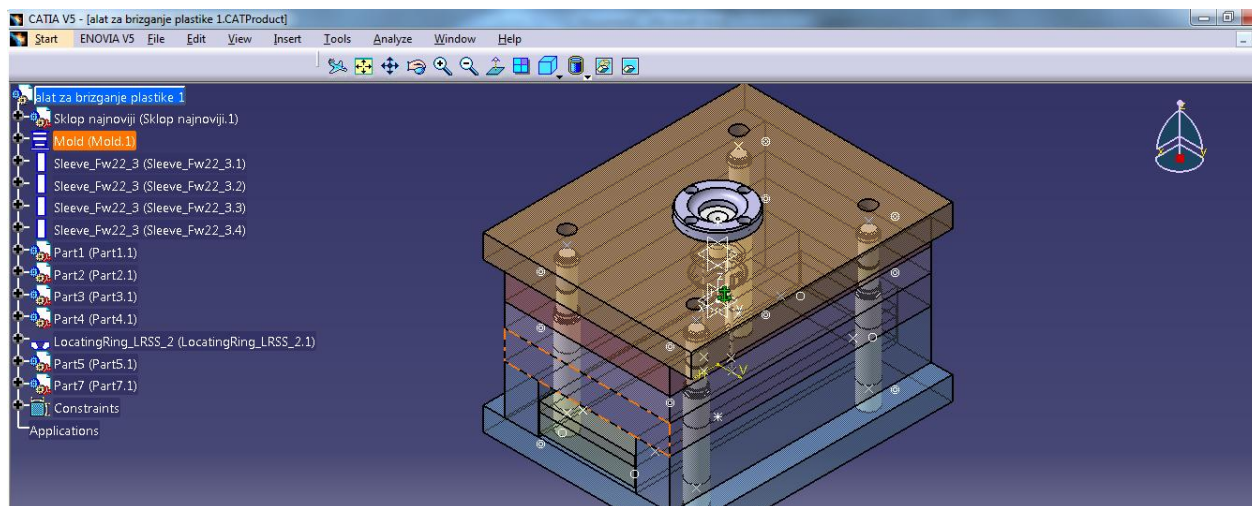
За конструкцију овог алата користе се четири игличаста избацивача, што је приказано на слици 66. Кликом на икону *Define Ejector Pin* врши се избор, као и дефинисање положаја и димензија, избацивача.



Слика 71. Дефинисање система за избацивање отпресака

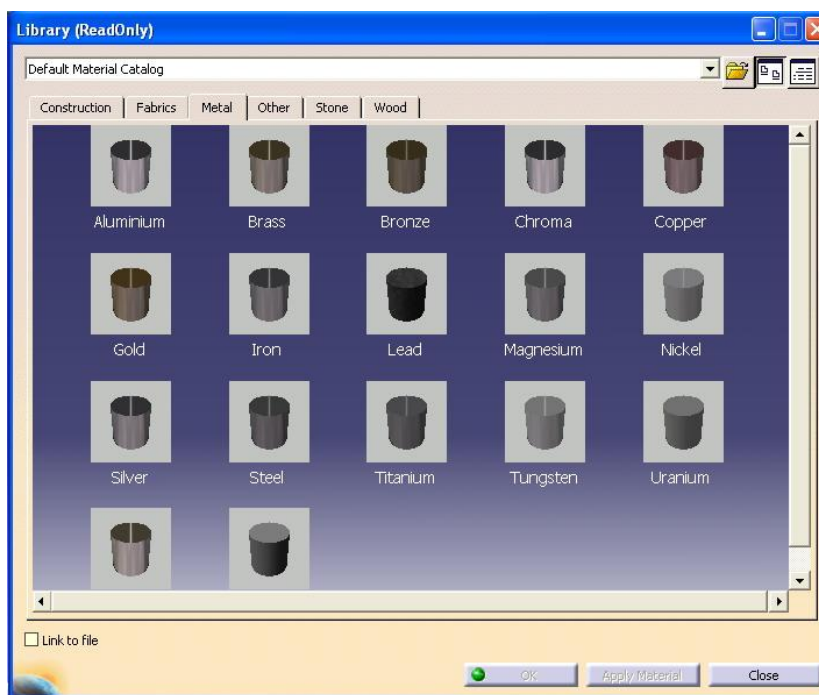
У следећој фази требало би усвојити системе за хлађење алата и дефинисање система веза (вијака, чивија итд.).

У оквиру овог завршног рада није вршено усвајање система веза и система за хлађење. На слици 72. дат је коначан изглед моделираног алата за бризгање кућишта специјалне светиљке.



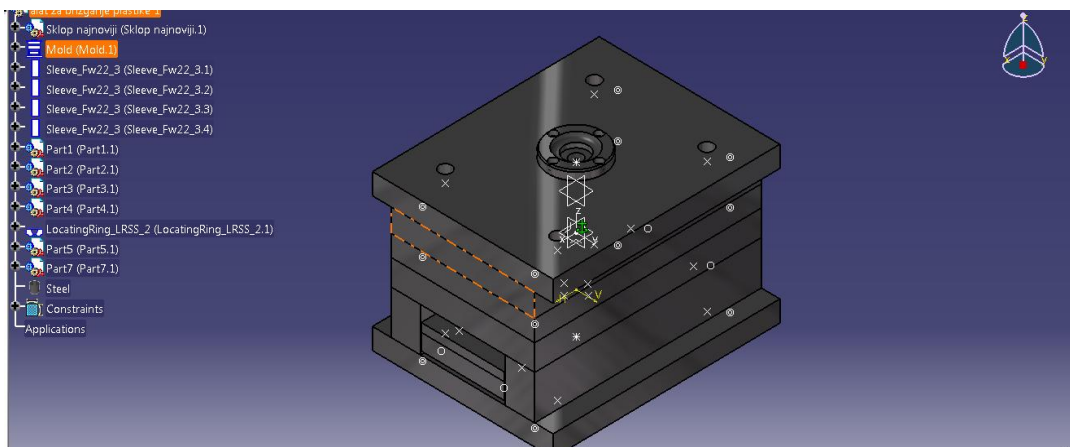
Слика 72. Модел алата

Тиме је завршено моделирање алата. За крај је још остало одређивање врсте материјала. То се дефинише селектовањем иконе *Apply Material*. Из каталога се изабира тражени материјал и *Drag&Drop* поступком преноси на модел (слика 73).

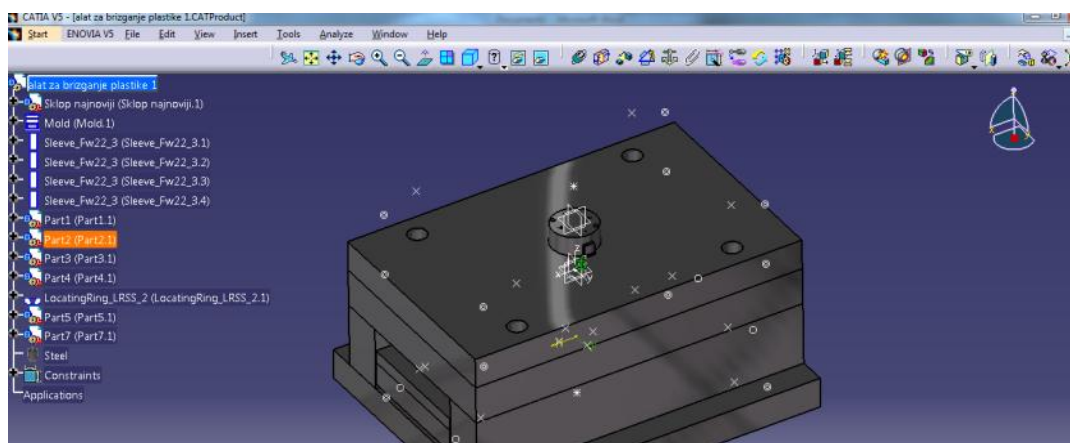


Слика 73. Врсте материјала за избор

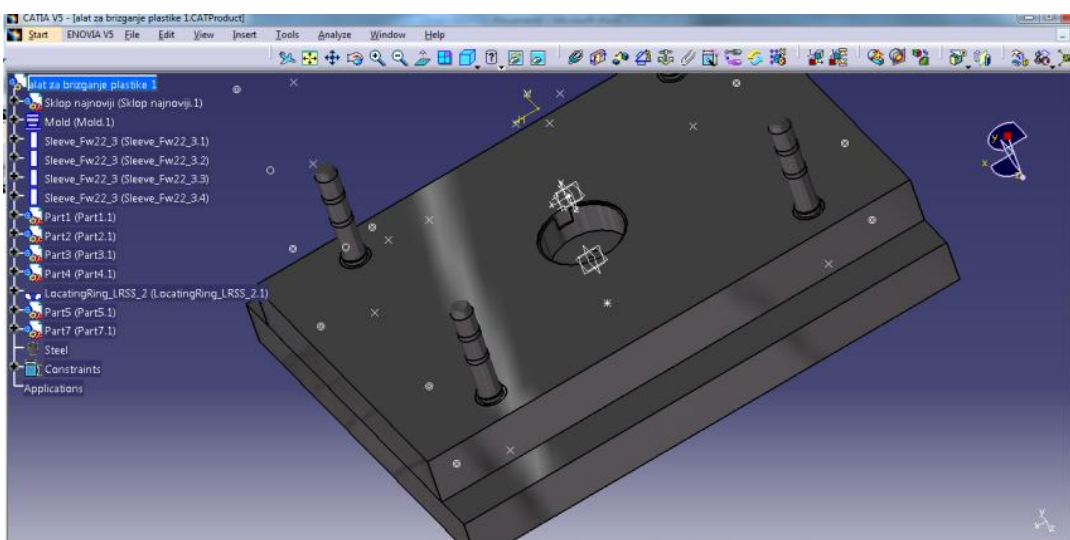
Коначан модел алата за бризгање кућишта специјалне светиљке приказан је на слици 74 .



Слика 74. Коначан изглед алата



Слика 75. Доњи део алата



Слика 76. Горњи део алата

Основни делови алата:

- Покретна и непокретна стезна плоча (материјал: *E335* (Č 0645))
- Горњи (непокретни) део алата (материјал: *42CrMo4* (Č 4732), поб. HRC56)
- Доњи (покретни) део алата (материјал: *42CrMo4* (Č 4732), поб. HRC 56)
- Прстен за центрирање $80 \times 8mm$ (материјал: *E295* (Č 0545))
- Стубне вођице $10 \times 65mm$ (материјал: *1C15* (Č 1220), каљ. HRC 58-60)
- Чаура (материјал: *1C15* (Č 1220), каљ. HRC 58-60)
- Централни избацивач (материјал: *90MnCrV8* (Č 3840), каљ. HRC58-60)
- Избацивач $0,8 \times 80mm$ (материјал: *90MnCrV8* (Č 3840), каљ. HRC 58-60)
- Уливна чаура (материјал: *X38CrMoV5* (Č 4751), каљ. HRC 48-50)
- Усадна плоча избацивача (материјал: *E335* (Č 0645))
- Ослона плоча избацивача (материјал: *C45* (Č 1530), поб. HRC 56)

Ширина алата: 156mm

Дужина алата: 246mm

Висина алата: 90mm

Належуће или клизне површине брусити (N6)

Површине у додиру са пластиком полирати (N5)

Оштре габаритне ивице оборити $0.5/45^\circ$

7. ЗАКЉУЧАК

Брзи развој производње полимера и непрестано ширење њихове употребе у најразличитијим подручјима карактеристика су развоја индустрије у свету. Разлог наглог ширења пластичних маса треба тражити у чињеници да је немогуће повећавати производњу природних материјала тако брзо као што расте потреба за њима. Производ од, или са великим учешћем полимерних материјала је јефтинији и има боље експлоатационе карактеристике него кад је сировина за његову производњу природни материјал.

Пластичне масе су материјали који као основну компоненту садрже полимерно једињење. Под одређеним условима и у извесним стадијумима производње, пластични материјали могу да се под утицајем доведене топлоте и притиска обликују, а после хлађења задржавају одређени облик.

Управо овакве карактеристике полимера биле су основ за развој разних технологија прераде пластичних маса и могућности израде широког спектра делова који имају распрострањену примену. Једна од технологија која је детаљније описана кроз завршни рад јесте бризгање пластичних маса.

Проблематика пројектовања технолошких параметара процеса израде бризгањем зависи у највећој мери од искуства људи, јер се ови проблеми могу само делимично егзактно решавати, користећи се код тога системски уређеним подацима, који су код сваког прерађивача кроз низ година обрађивани и уношени у подесне табеле, да би се компаративно, од случаја до случаја, могли употребљавати.

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

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

8 . ЛИТЕРАТУРА

- [1] Богдан Недић, Владислав Ђукић - *Пластичне масе*, скрипта, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2004.
- [2] Богдан Недић - *Технологије прераде пластичних маса*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2004.
- [3] Мирослав Нађ - *Полимерни материјали* - Научна књига, Загреб 1991.
- [4] Александар Милосављевић – *Анализа технологија и израде кућишта фара у предузећу “ 21. октобар” Крагујевац*, Дипломски рад, Крагујевац 2003.
- [5] Соња Јеличић – *Примена пластичних маса у предузећу “Застава оружје Д.П. Крагујевац”*, Дипломски рад, Крагујевац 2005.
- [6] Интернет: www.moldflow.com, 04.06.2013.
 www.injection-molding-resource.org, 04.06.2013.
 www.plasticotrading.com, 04.06.2013.
 www.3Dsistemi.com, 04.06.2013.
 www.polimerdiagnostics.com, 04.06.2013.
 www.husky.ca, 04.06.2013.
 www.21oktobar.co.rs, 04.06.2013.
- [7] Горан Девеџић, *CAD/CAM tehnologije*, Крагујевац 2006.