

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Технологије прераде пластичних маса

Број индекса: 330/ 2013

Душан Б. Туцаковић

**Специфичности технологије израде
специјалне светиљке од полимера**

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић-ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру мастер 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 бризгање пластичних маса. Пројектовати специјалне помоћне ауто светиљке, као и показати могућност симулације бризгања, у оквиру софтвера SolidWorks, и на основу добијених резултата извршити пројектовање алата.

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, новембар 2015 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 светилке. У практичном делу рада, на примеру кућишта специјалне ауто светилке, приказане су могућности симулације бризгања у софтверу SolidWorks Plastics и на основу добијених резултата извршено је пројектовање алата.

Кључне речи: Пластична маса, бризгање, пројектовање алата.

Abstract:

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. The practical part of this paper, on the example of the housing for special car lamps, shows the possibilities of injection molding simulation in software SolidWorks Plastics and based on the results the design tools was performed.

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
3. ПРИКАЗ ТЕХНОЛОГИЈЕ ПРЕРАДЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА БРИЗГАЊЕМ	14
3.1 Конструкција алата за бризгање пластике	14
3.1.1 Фактори утицаја на пројектовање алата за бризгање полимера	15
3.1.2 Врста убризгавања пластомера у калупну шупљину	16
3.1.3 Подела калупа за бризгање	17
3.1.4 Одређивање оптималног распореда гравуре	18
3.2 Бризгање пластомера	20
3.2.1 Принцип рада	23
3.2.2 Одабир машине	24
3.2.3 Сигурност	24
3.2.4 Чишћење и прелаз на други материјал	24
3.2.5 Боје и адитиви	25
3.3 Контрола облика и тачности	25
4.РАСТАВЉИВИ СПОЈЕВИ	27
4.1 Ускочно спајање (жабица)	27
4.2 Производи са металним и другим уметцима	29
4.2.1 Метални уметци са навојем	30

4.2.2 Експанзиони (раширни) уметци	31
4.3 Навојно спајање	32
5. КАРАКТЕРИСТИКЕ АЛАТА ЗА ИЗРАДУ ДЕЛОВА ОД ПЛАСТИЧНИХ МАСА	34
5.1 Основни елементи алата	34
5.1.1 Уливни систем	34
5.1.2 Гравура	36
5.1.3 Систем за избацивање отпреска	37
5.1.4 Систем за вођење калупа	39
5.1.5 Кућишта калупа	40
5.1.6 Елементи за хлађење калупа (темперовање) калупа	41
5.1.7 Грејачи	42
5.2 Материјали за израду калупа	42
6. ПРОЈЕКТОВАЊЕ СПЕЦИЈАЛНЕ СВЕТИЉКЕ И АЛАТА ЗА ЊЕНУ ИЗРАДУ	44
6.1 Моделирање кућишта специјалне светиљке	47
7. СИМУЛАЦИЈЕ БРИЗГАЊА	53
7.1 Основне команде модула SolidWorks Plastics	53
7.2 Припрема и покретање анализе	55
7.2.1 Увожење геометрије радног модела	56
7.2.2 Дефинисање материјала и параметара процеса	56
7.2.3 Позиционирање уливног канала	61
7.2.4 Покретање анализе	62
7.3 Резултати симулације	63
7.3.1 Резултати анализе за различите пресеке разводних канала	64

8. МОДЕЛИРАЊЕ АЛАТА ЗА ИЗРАДУ КУЋИШТА СПЕЦИЈАЛНЕ СВЕТИЉКЕ	77
9. ЗАКЉУЧАК	87
10. ЛИТЕРАТУРА	88

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 преводе 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 бризгањем, 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 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 - мономерни 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.

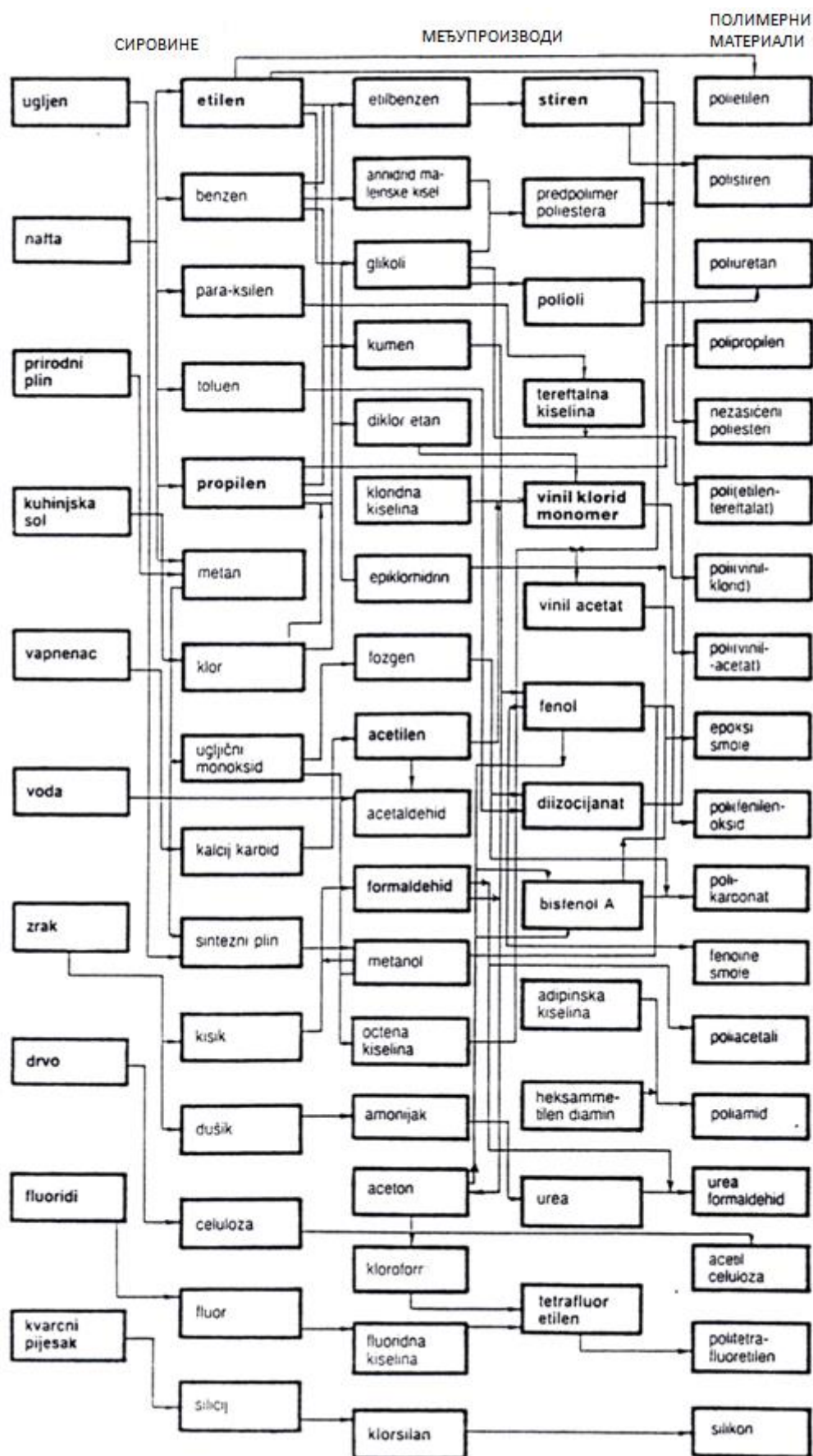
Полазне сировине су земни гас, нафта, угаљ, од којих се израђују основна хемијска једињења намењена за израду пластике. Ова се једињења различитим процесима преводе у полупроизводе облика: гранула, праха, течности, таблета.

Даљи процеси прераде ових полупроизвода у финалне производе различитим поступцима прераде (пресовање, истискивање, убризгавање, 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:

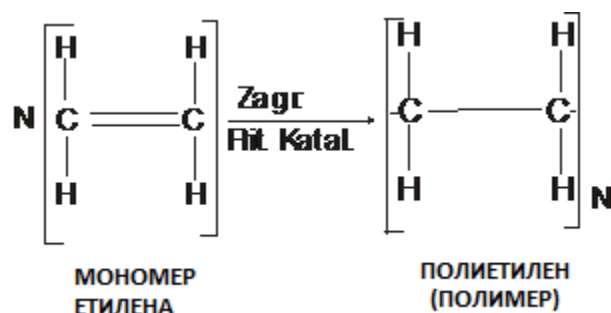
- полимеризација,
- поликондезација и
- полиадиција.



Слика 1. Шема добијања органских једињења [3]

Полимеризација је стварање макромолекула спајањем мономера без издвајања 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 са спречио или умањио овај недостатак вештачким материјалима се при преради додају средства за уклањање, односно, спречавање појава статичког електрицитета ткз. 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 *моно* – 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:

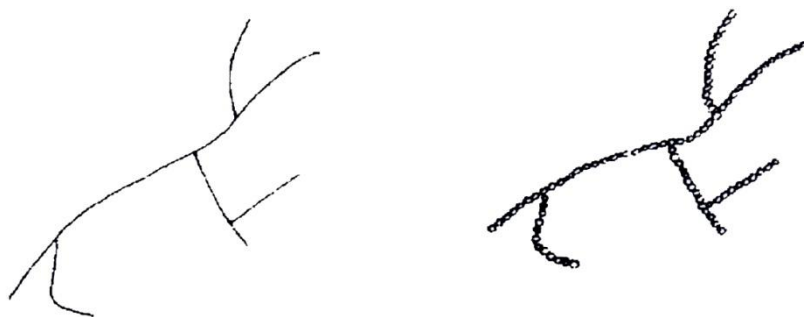
- линеарне и мрежасте.

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.).

ИЗОТРОПНИ ОДНОС

МАЛО И РАВНОМЕРНО
СКУПЉАЊЕ

(СКУПЉАЊЕ 0,2-1,0%)

СТРУКТУРА ПОЛИМЕРА

АНИЗОТРОПНИ ОДНОС

ВЕЛИКО И НЕРАВНОМЕРНО
СКУПЉАЊЕ

(СКУПЉАЊЕ 1-2,5%)

Аморфна

Делимично
кристална

ПС

СБ

СББ

САН

ПММА

АБС

ПЦ

ППО, ППЕ

ПЦ/АБС

ПЕС

ПЕИ

ППС

(ППО/ПА)

ПЦ/ПБТП



ПЕ

ПП

ПА

РОМ

ПЕТП

ПБТП

ПБТП/ПЦ

ППО/ПА

ПСУ

ППСУ

ПЕЕК

ТПУ

ПТФЕ

СОП (Л-СП)

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.

3. ПРИКАЗ ТЕХНОЛОГИЈЕ ПРЕРАДЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА БРИЗГАЊЕМ

Бризгање представља један од најчешће примењиваних поступака прераде пластичних маса. Овим поступком се могу успешно обрађивати све врсте полимерних материјала (дуромери, еластомери и пластомери). Помоћу овог поступка се практично у једном циклусу од сировине (полимерног материјала) добива готов производ који има одређену употребну вредност. Колики је удео процеса бризгања у односу на остале поступке у преради пластичних маса најбоље осликава слика 7.



Слика 7. Удео различитих поступака у преради полимера

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.

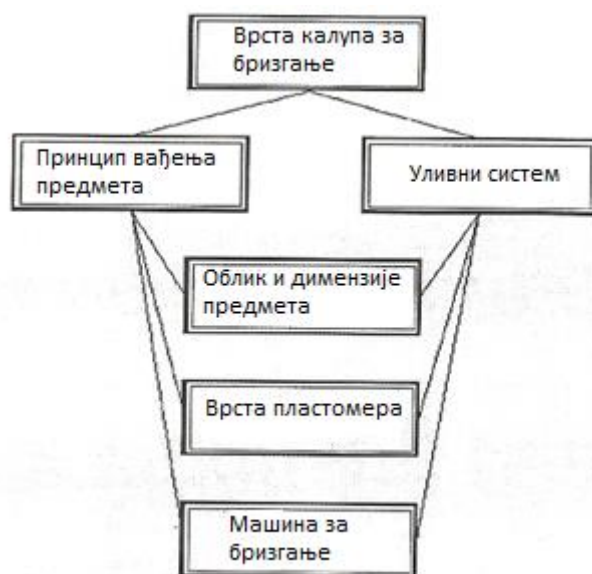
Основни задаци калупа су:

- 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 утицаја на пројектовање алата за бризгање полимера

Основни чиниоци који утичу на пројектовање алата за бризгање пластике су приказани на слици 8.

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 8 . 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.

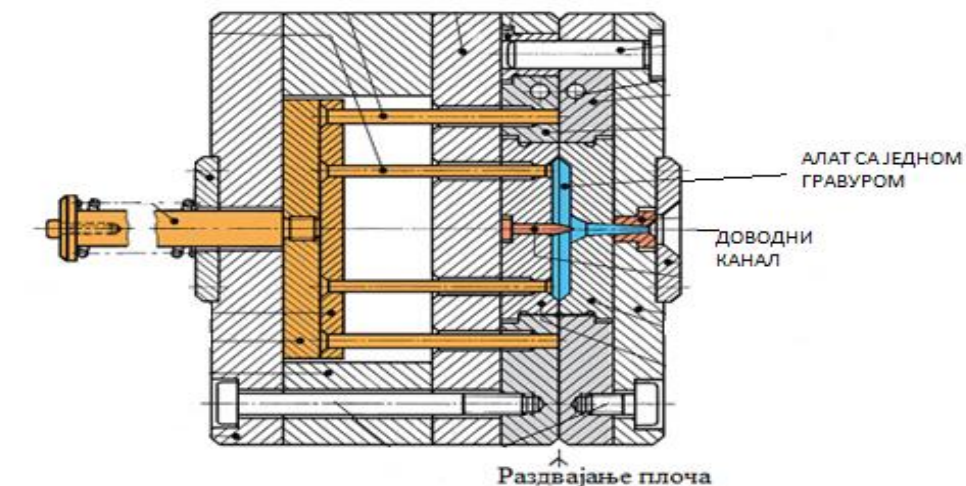
Због наведеног, неопходно је пре почетка конструисања калупа извршити одређене анализе, како би се добило оптимално решење за конструкцију калупа.

3.1.2. Врсте убризгавања пластомера у калупну шупљину

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

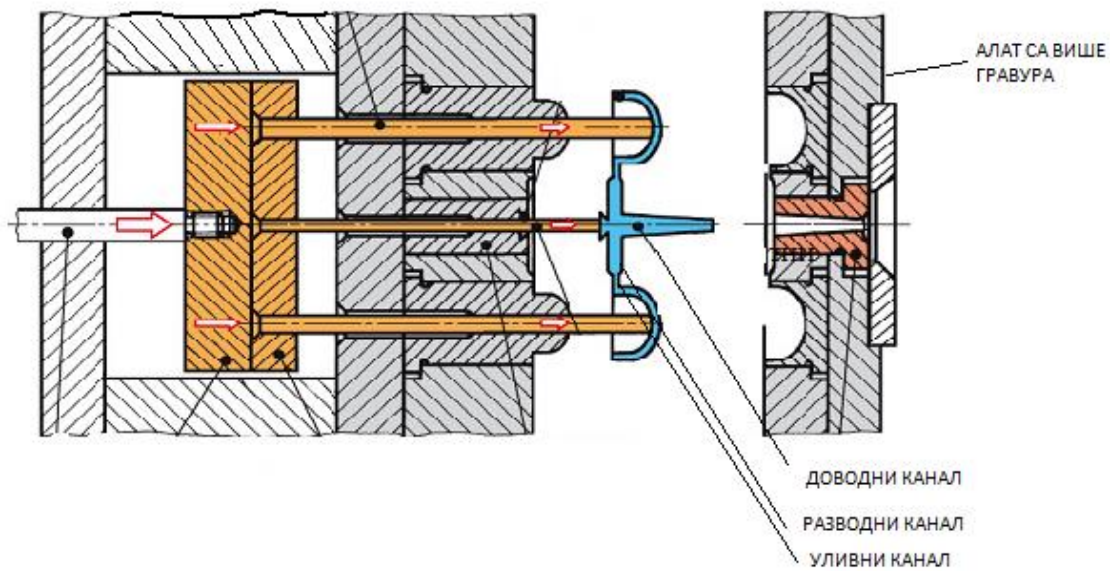
- директно и
- индиректно убризгавање.

Директно убризгавање се примењује код калупа са једном гравуром. Уливни систем се састоји само од доводног канала и поставља у тежиште отпресака (слика 9.).



Слика 9. Директно убризгавање [8]

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 (слика 10.).



Слика 10. Инди­ректно убри­згавање [8]

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:

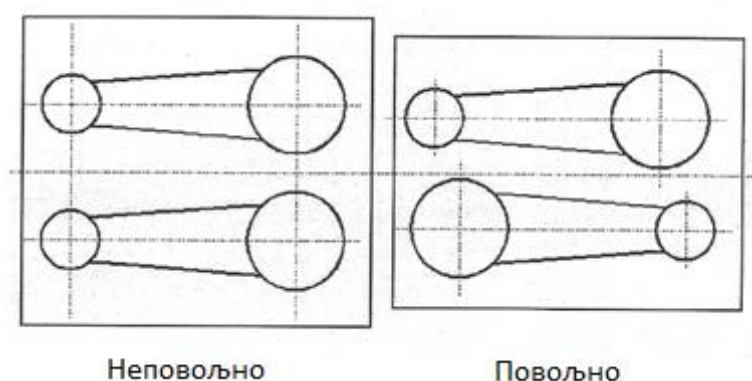
- остварити најбољи распоред гравура, ради постизања минималних габарита алата,
- обезбедити што краћи пут пластомера, од места додира млазнице бризгалице са калупом, до гравуре и
- правилан распоред гравура, ради обезбеђивања симетричности калупа.

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 11.

Размештај шупљина у калупу је приказан на слици 12. 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 11. Смањење габарита алата [4]

Зато се примењује распоред гравура као на слици 12. 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.



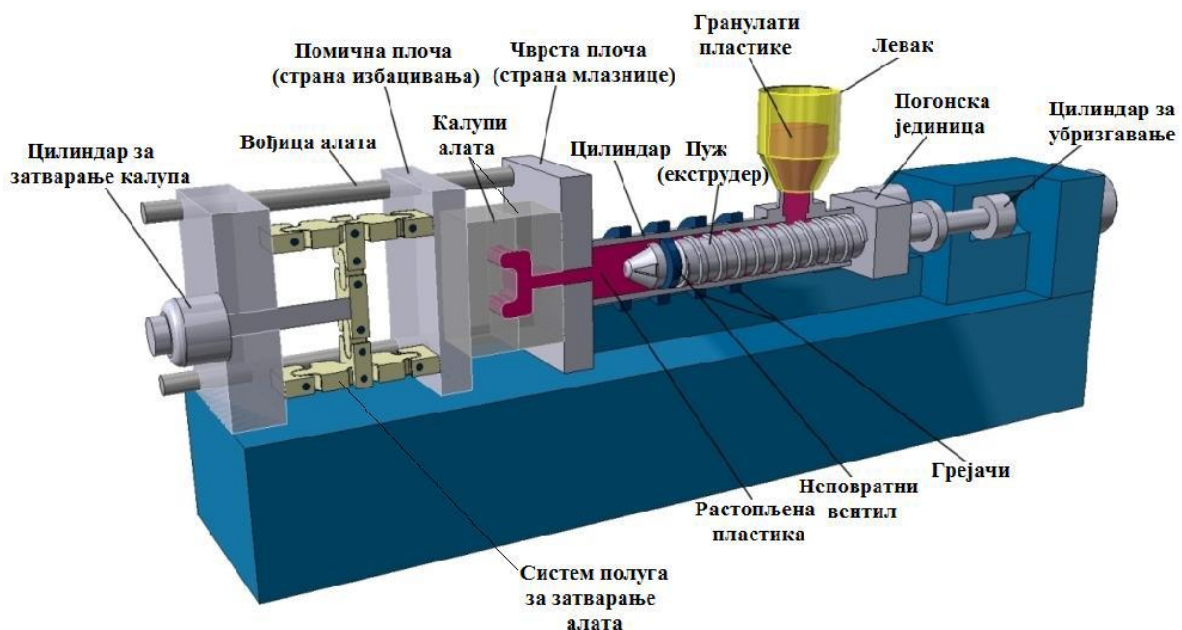
Слика 12. Различити распореди гравура [4]

3.2 Бризгање пластомера

Бризгање пластомера врши се на специјализованим машинама за бризгање.

Основни елементи машине за бризгање пластомера су (слика 13.):

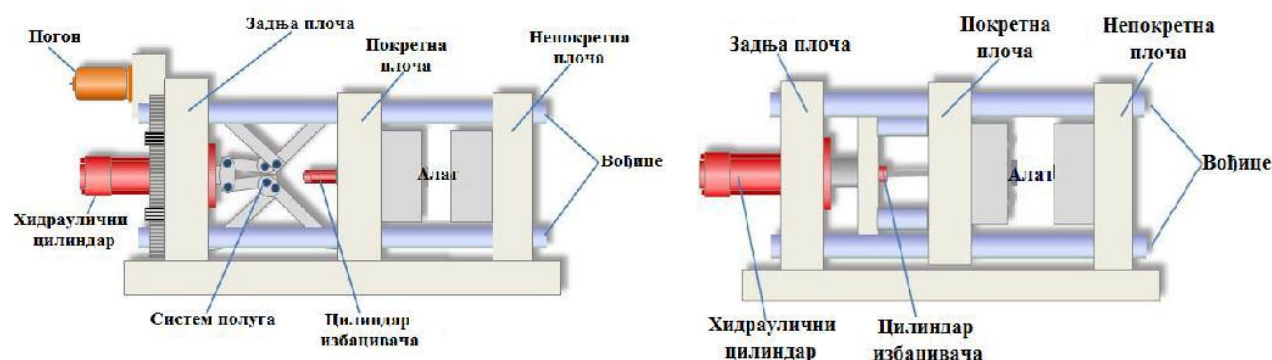
- јединица за затварање калупа,
- јединица за убризгавање,
- погонска јединица,
- управљачка јединица.



Слика 13.Машина за бризгање пластике [6]

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 (слика 14).

Хидраулички системи се користе код већих машина, док се механички користе код мањих.



Слика 14. Систем за затварање калупа (а – механички, б – хидраулични) [7]

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%).

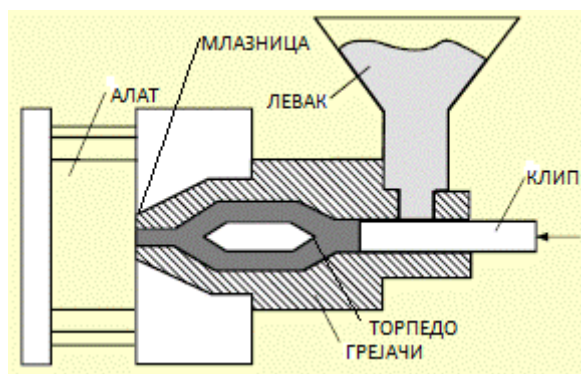
Јединица за убризгавање представља основни део машине за убризгавање. Има задатак да обезбеди пластифицирање термопласта и његово брзо убризгавање у гравуру под дејством одређеног притиска.

Основни делови јединице за убризгавање су комора (цилиндар) за топљење 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,

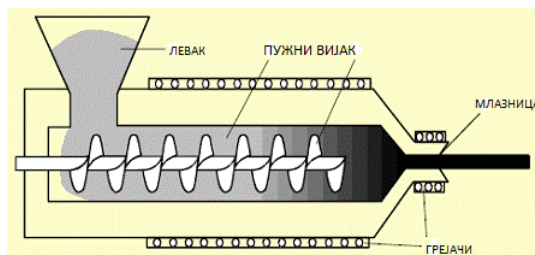
Топлота неопходна за пластифицирање се доводи кроз зидове цилиндара и предаје оном делу пластомера, који се налази у непосредном додиру са зидовима.

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 од 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 (слика.15).



Слика 15. Систем за убризгавање помоћу клина [9]

Код пужне пластификације, основа је тродимензионално кретање растопа у цилиндру, условљено ротацијом пужног ваљка. Делићи се транспортују у медђузубљу 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 16. Систем за убризгавање помоћу пужног вијка [9]

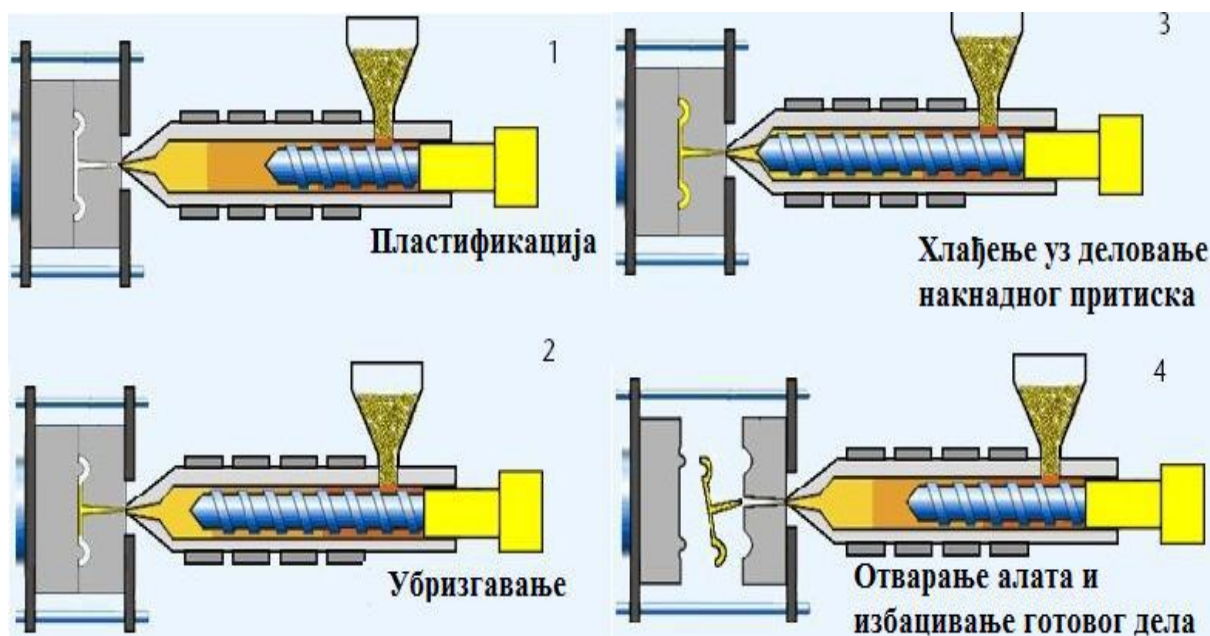
Погонска јединица машине је обично хидраулична и чине је електромотор, комбинован са две крилне пумпе, са могућношћу регулације протока и притиска. Потребне силе убризгавања и затварања се остварају помоћу хидроцилиндра, док се помоћним радни ходови (примицање и одмицање калупа), врше помоћним хидроцилиндрима.

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 17. је приказан принцип рада машине за бризгање пластике.



Слика 17. Принцип рада машине за бризгање пластике [9]

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 минута, 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

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.

4. РАСТАВЉИВИ СПОЈЕВИ

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

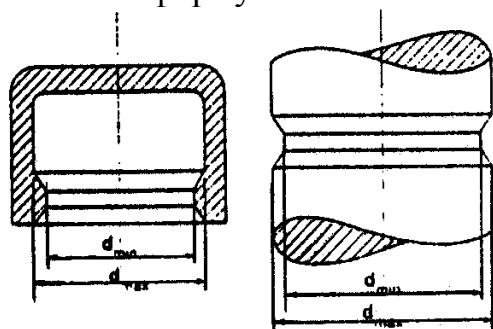
Основна подела растављивих спојева пластичних елемената:

- 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 18.

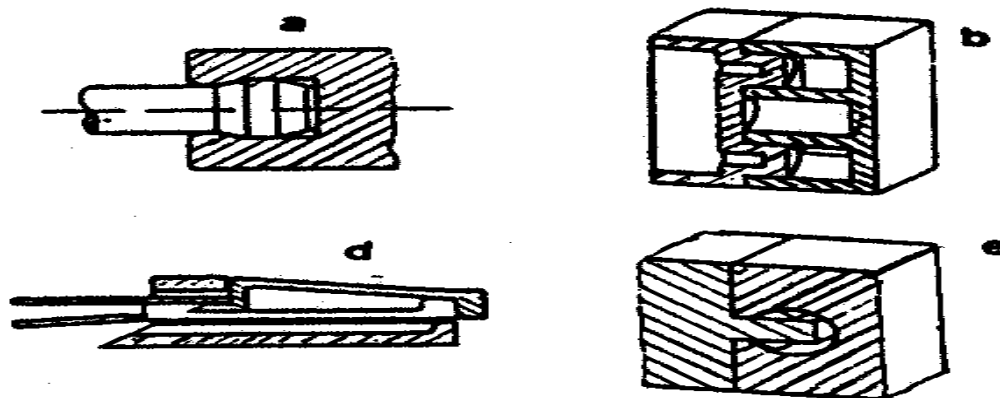


$$H = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{d_{\max}} \times 100 [\%]$$

Слика 18. Максимално подрезивање за ускочну везу (H) [2]

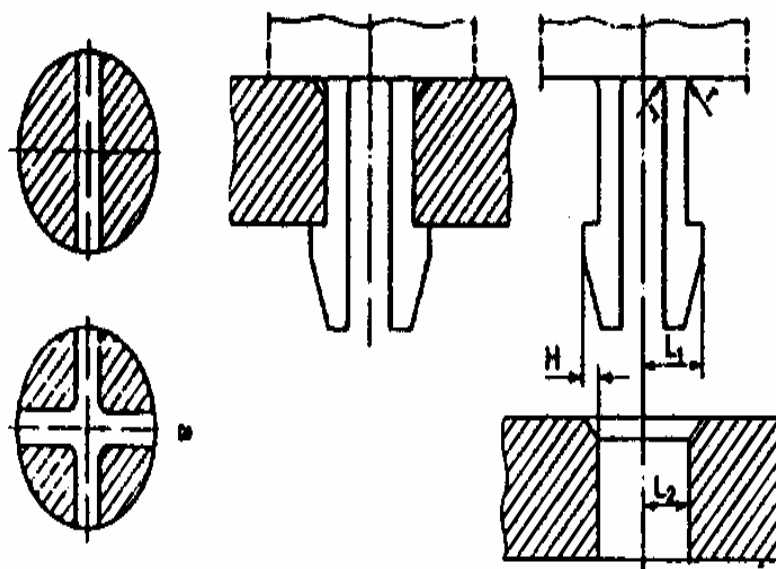
Овим се системом, а нарочито код еластичних пластомера, могуће извести низ веза. Код нееластичних пластомера могу се остварити везе пресовањем. На слици 19. (a,b,d,e) приказане су 4 везе између два елемента од пластомера, и то:

- Ускочно преклопна веза (слика 19 а),
- Чврсто преклопна веза (слика 19 б),
- Ускочна – бајонет преклопна веза (слика 19 d) и
- Ускочна – преклопна клизна веза (слика 19 е).



Слика 19. Врсте веза [2]

На слици 20. 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.



Слика 20. Клинаста прстенаста веза [2]

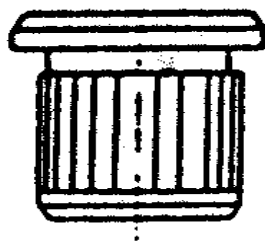
4.2 Производи с металним и другим уметцима

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 закапати 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.

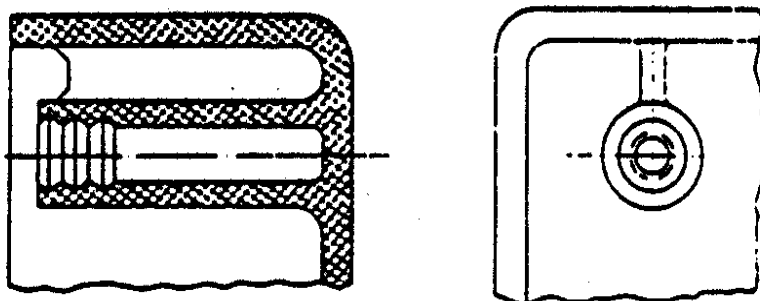
Кроз честу промену температуре настају осим тога у отпреску додатна напрезања која уз неповољно обликовање могу довести до напрснућа а понекад до лабављења металних делова. Често је могуће боље техничко решење, тако што се метални где касније на топло или ултразвучно упресује. Свакако да при томе треба 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 21.). Пре уметања (пресовања), челичне уметке треба угрејати да би се пластомер прилагодио спољној контури металног уметка. Температура омекшавања лежи унутар подручја полимера.



Слика 21. Ожљебљени метални уметак [2]

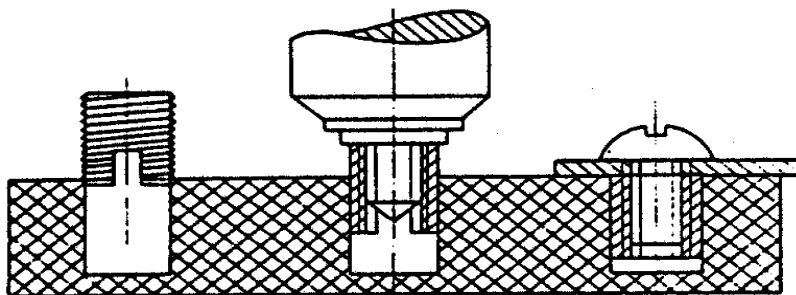
Накнадним уметањем металних делова може се избећи нагомилавање масе на високим изданцима (слика 22.). Код темперираних отпресака често се предгрејани део упресује у врући отпресак.



Слика 22. 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 23).



Слика 23. Уметци с навојем [2]

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

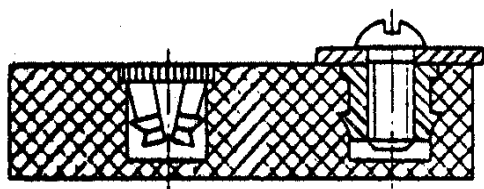
L – дужина

τ_c – чврстоћа на смицање $1/2$

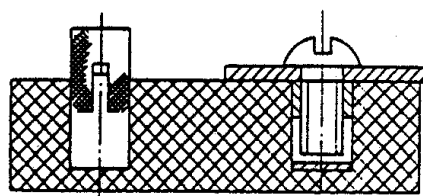
4.2.2 Експанзиони (раширни) уметци

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 24. и 25.). Прорачун силе извлачења код овог типа уметака не може се добити са поузданом тачношћу.



Слика 24. Експанзиони уметак
с експанзиониом плочом [2]



Слика 25. Експанзиони уметак
с урезним прстеном [2]

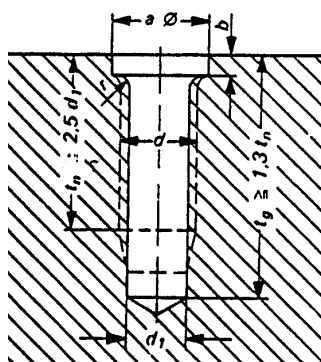
4.3 Навојно спајање

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 26. и табели 2. 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.

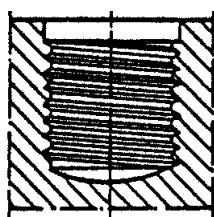
Табела 2.



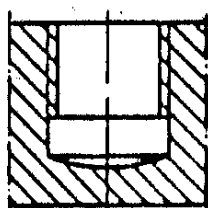
Д мм	Д1 мм	Тг мм	Тс мм	а мм	б мм	р мм
2,6	2,16	7,58	5,83	2,9	0,2	0,2
3,0	2,55	8,96	6,89	3,4	0,3	0,2
3,5	2,95	10,36	7,97	4,0	0,3	0,3
4,0	3,30	11,58	8,91	4,5	0,4	0,3
5,0	4,20	14,74	11,34	5,5	0,4	0,4
6,0	4,90	17,20	13,23	6,5	0,5	0,5
8,0	6,60	23,17	17,82	8,6	0,6	0,6
10,0	8,30	29,13	22,41	10,7	0,8	0,7

Слика 26.Препоручене вредности навоја [2]

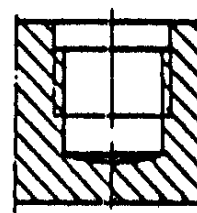
Два елемента произведена од полимера, која се међусобно спајају, треба бити по могућности израђени од истог материјала, како би се избегло заривавање код навојног споја. Решење унутрашњег навоја датог на слици 27. је исправна и треба је се придржавати. Напротив, навој приказан на слици 28. је неисправан, на крају подрезан, и немогуће га је извести обзиром на конструкцију калупа. На слици 29. приказана је исправно решење унутрашњег навоја са суженим завршетком и могућностима уградње језгра у жиг калупа, која формира навој.



Слика 27. Препоручени исправни навој [2]

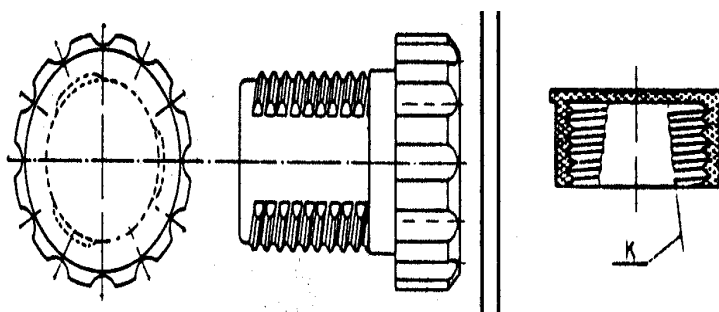


Слика 28. Неисправна изведба навоја [2]



Слика 29. 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% појефтиније изведбу калупа, јер се циклус обликовања изводи без одвијања навоја за време избацивања из калупа, односно језгро се отвара под конусом k , (слика 30.) и у фази отварања калупа ослобађа се навој.



Слика 30. 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.).

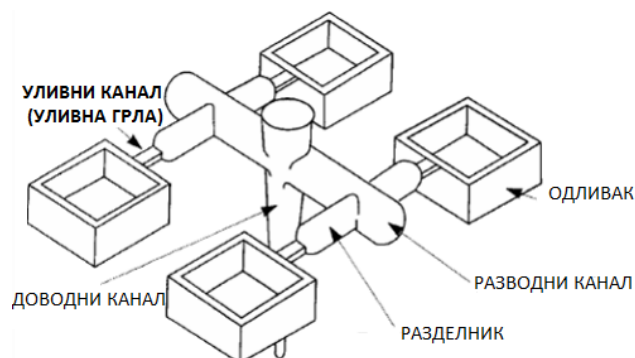
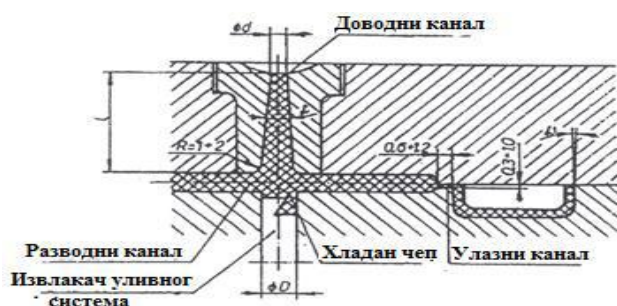
5.1.1 Уливни систем

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 31.).

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:

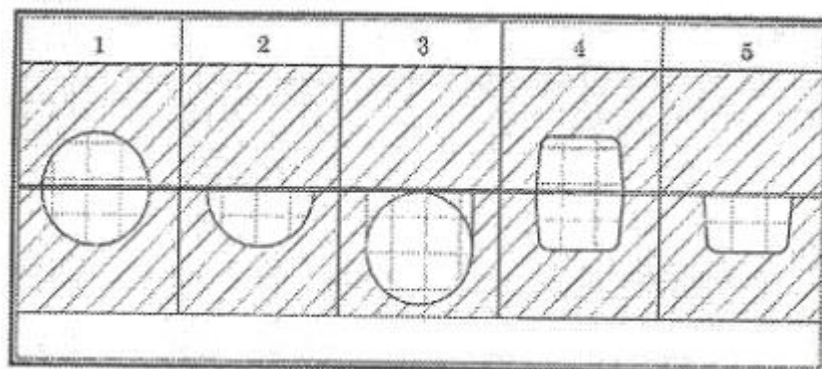
- доводног канала,
- разводних канала и
- улазних канала.



Слика 31 .Уливни систем [4]

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

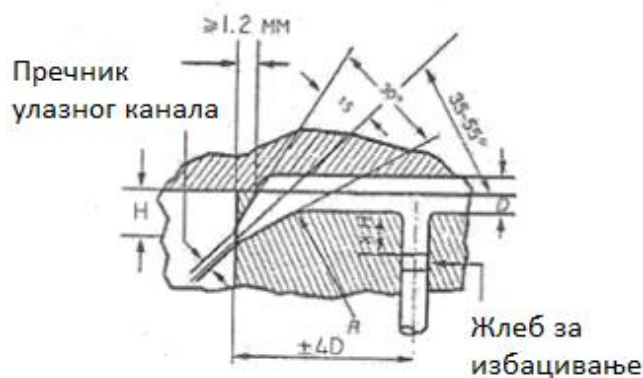
Разводни канали се примењују код калупа са једном гравуром, у случају уливања са више тачака, или код калупа са више гравура. Они повезују доводни канал са гравуром калупа (слика 32.).



Слика 32. 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 33.).



Слика 33. Препоручени уливни систем 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 утросхак пластомера, краће време пластификације и мања потрошња енергије и
- није потребно одвајање отпреска од уливног система.

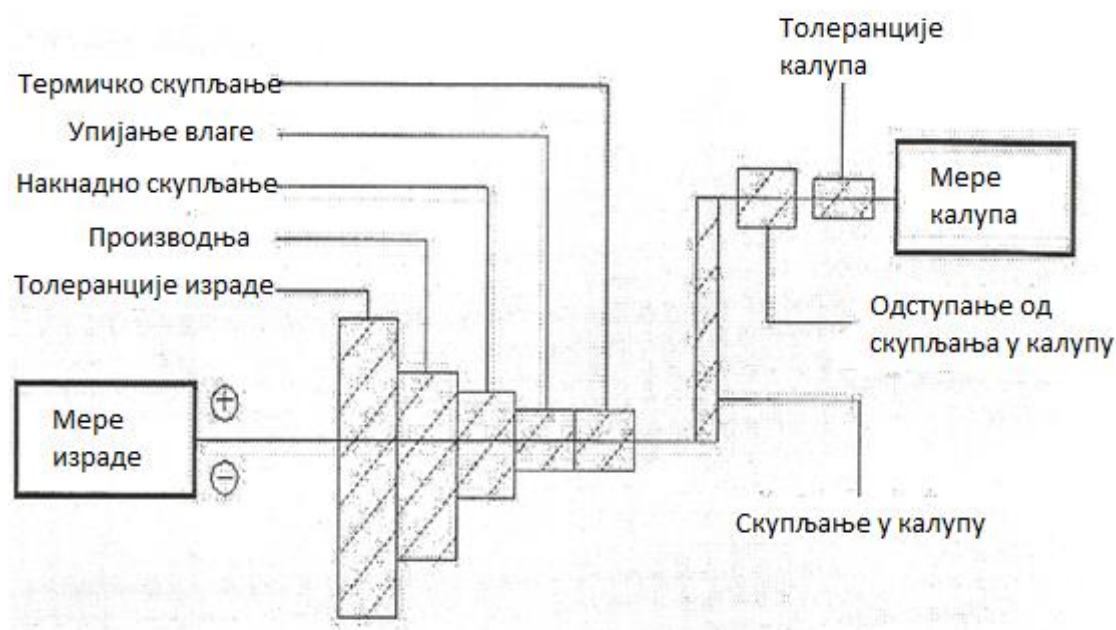
5.1.2 Гравура

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 34. Положај толеранциских поља при производњи делова од пластичних маса [6]

5.1.3 Систем за избацивање отпреска

На врсту система за избацивање отпреска утиче неколико фактора

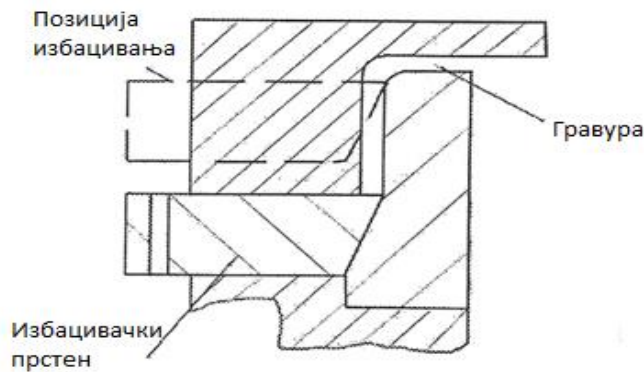
- облик отпреска,
- број отпресака у калупу,
- врста пластомера,
- ниво аутоматизације рада калупа и
- врста и могућности машине.

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:

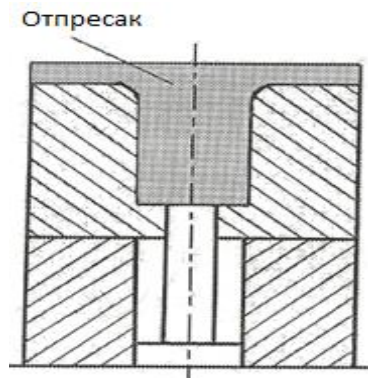
- избацивачки прстен (слика 35.),
- игличасти избацивачи (слика 36),
- цевасти избацивачи (слика 37.),
- системи са ваздушним избацивањем (слика 38.).

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



Слика 35. Избацивачки прстен [4]

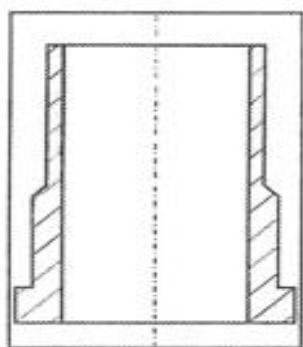
Игличасти избацивачи се користе код отпресака за које није потребан дугачак ход избацивача, или није могуће применити други систем избацивача. Примењују се, ако отисак избацивача не утиче на естетски изглед готовог дела или ако је отисак на страни која се не види.



Слика 36. 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 37. Цевасти избацивач



Слика 38. Ваздушно избацивање

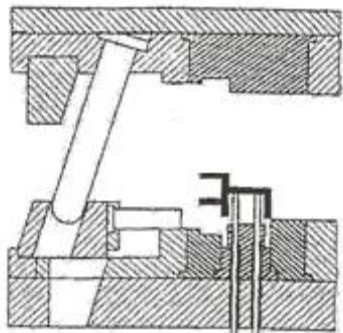
5.1.4 Систем за вођење калупа

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 (слика40). 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 (слика 39).

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 водице се могу поставити на покретној или на непокретној страни калупа, што зависи од облика предмета.



Слика 39. Механизам са косим вођицама [6]



Слика 40. 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 (слика 41).

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.

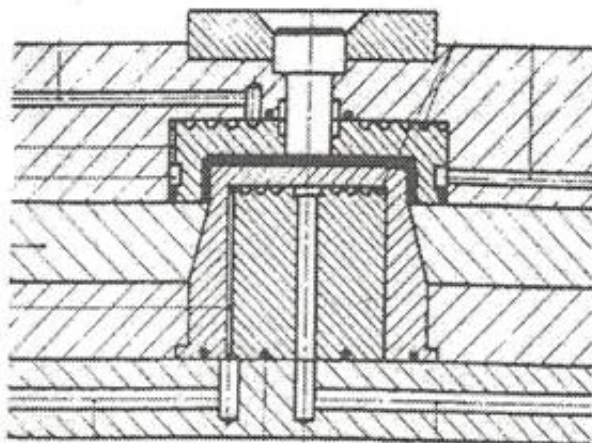


Слика 41. Елементи за хлађење (темперовање) калупа [4]

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 (слика 42).

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 42. 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.

5.2 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 (Č 4770) и X42Cr13 (Č 4175) тврдоће 53-54 HRC.

Челик *X45CrMoV15* (Č 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* (Č 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* (Č 4742), *X38CrMoV5* (Č 4751), *90MnCrV8* (Č 3840), *X210Cr12* (Č 4150) и *X155CrVMo12* (Č 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 43.), извршена је анализа исте и пројектовање нових модела светиљки.

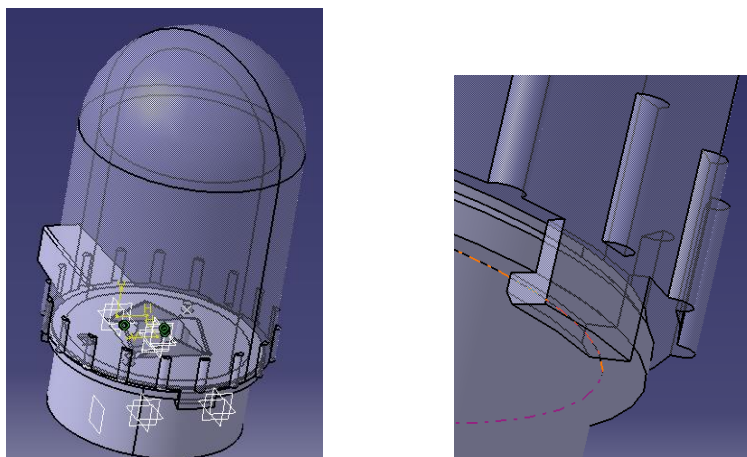


Слика 43. Приказ склопљеног (*лево*) и расклопљеног (*десно*) модела специјалне ауто светиљке

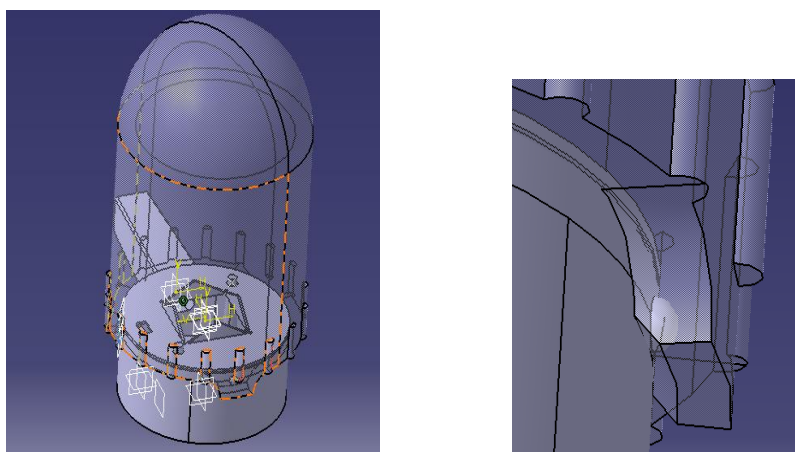
На слици (слика 43.) приказан је полазни проблем тј. специјална светиљка са навојним спајањем. Да би се добили ови елементи са навојем потребан је алат са косим вођењем.

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

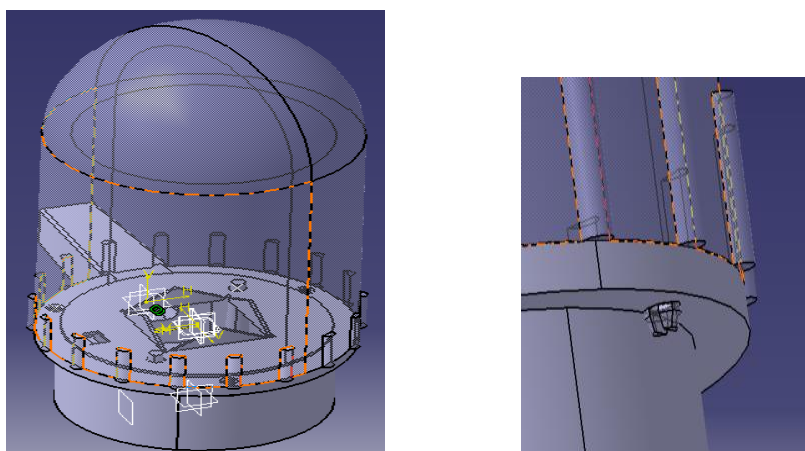
Ради поједностављења алата пројектовано је три различита примера специјалне ауто светиљке (слика 44. 45. и 46.), принципом ускочног спајања (жабица).



Слика 44. Пример 1.



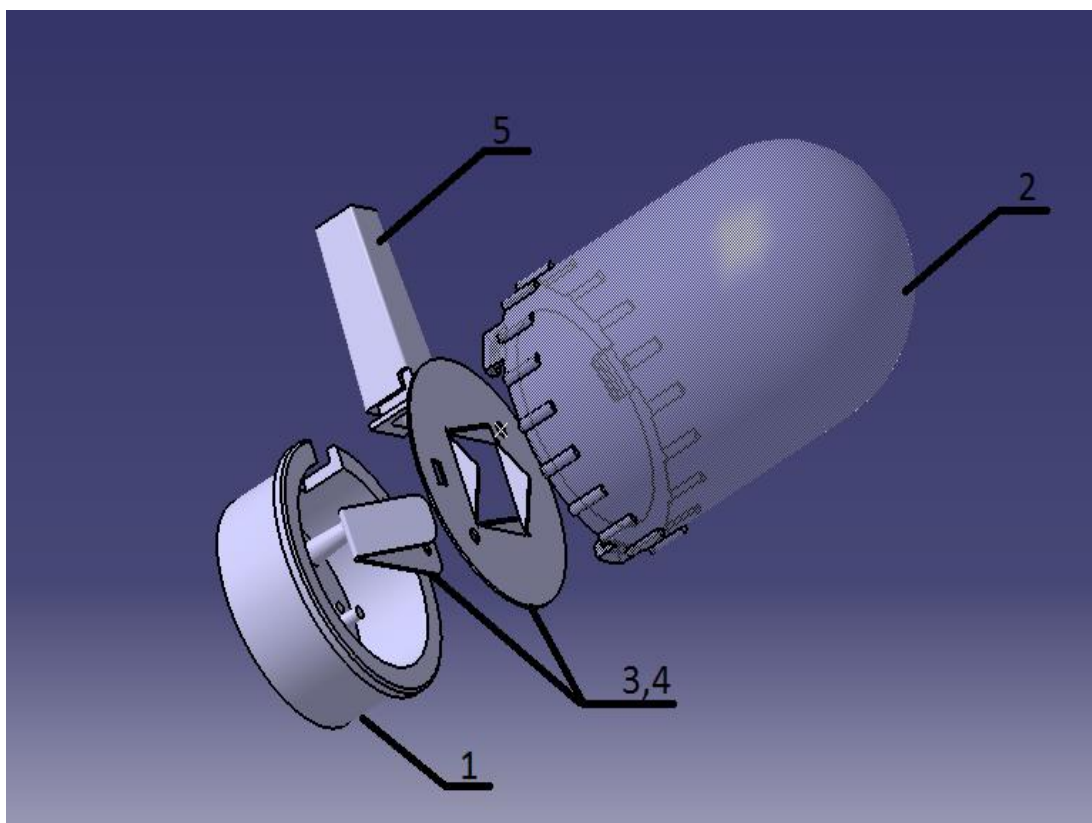
Слика 45. Пример 2.



Слика 46. Пример 3.

Због најмање могућности продирања воде унутар светиљке и због једноставности алата опредељује се за пример 1 (слика 44.).

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).

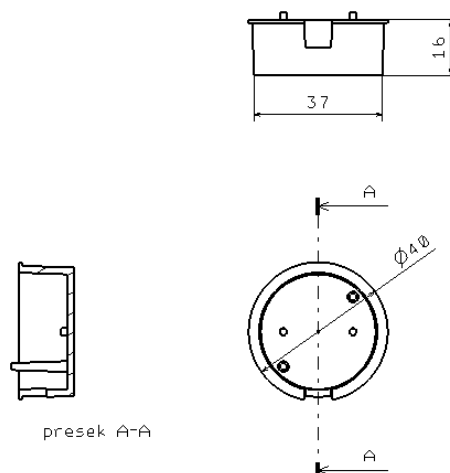


Слика 47. Растављени приказ новог модела специјалне светиљке

У следећим поглављима биће детаљније описан сам начин моделирања једног елемента (кућишта) специјалне ауто светиљке, и показана могућност симулације брызгања пластике, у оквиру софтвера SolidWorks, и на основу добијених резултата извршено пројектовање алата у софтеру CATIA V5 R16.

6.1 Моделирање кућишта специјалне светиљке

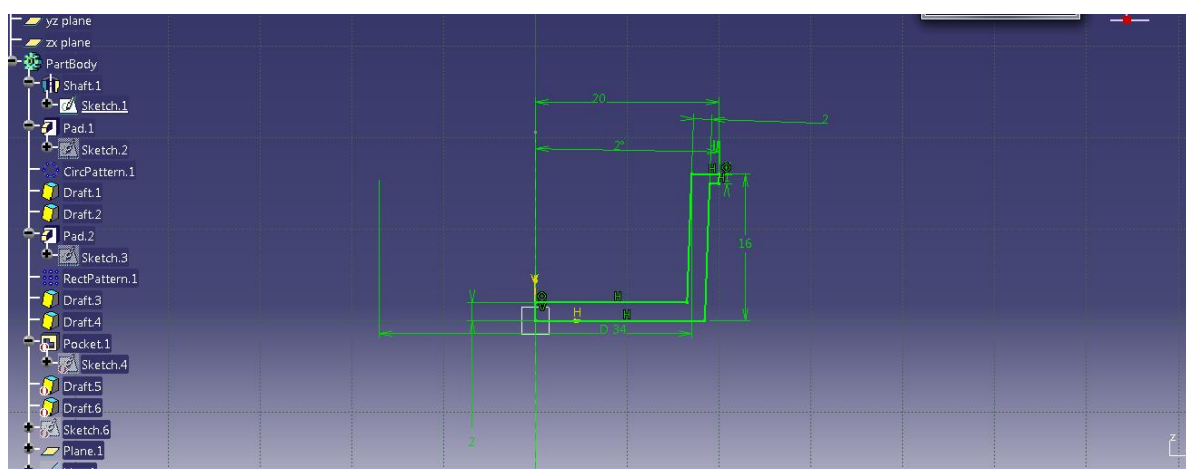
Као полазна основа моделирању кућишта специјалне светиљке, представљао је радионички цртеж радног комада. На слици 48. дате су опште габаритне мере радног комада.



Слика 48. Основна геометрија кућишта специјалне светиљке

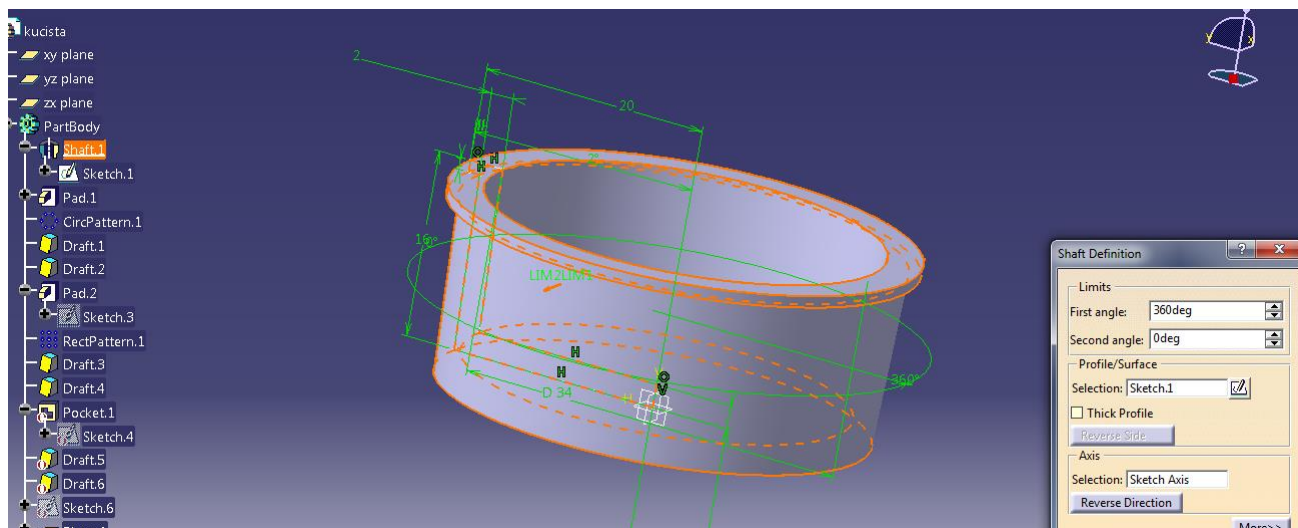
На самом почетку врши се анализа дела, да би се одредио најбољи начин за дефинисање 3D модела. Моделирање почиње отварањем *Sketch-a* у YZ равни у којој се црта контура, користећи функције *Profile*.

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 49.



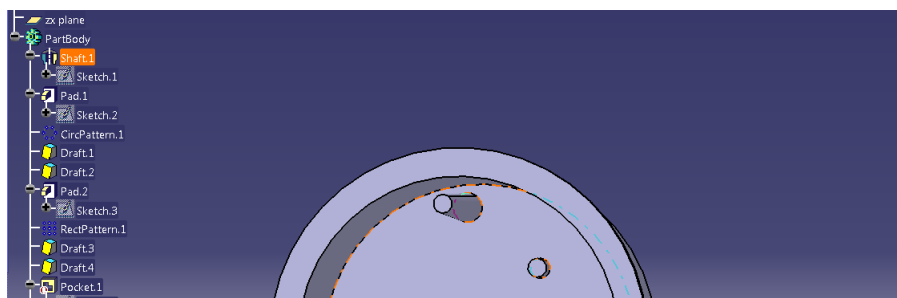
Слика 49. Дефинисање потребне геометрије у *Sketch-u*

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 50.).



Слика 50. Полазни 3D модела

У следећој фази користи се функција *Pad*, потребан за добијање избочина, дефинисане 2D геометрије (слика 51.).

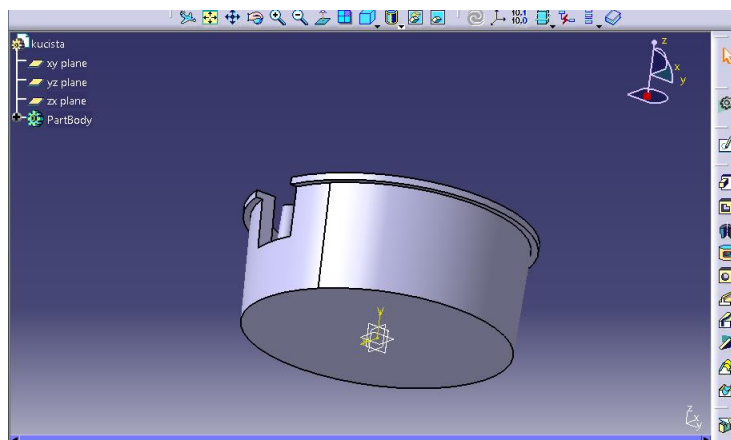


Слика 51. Додавање избочина помоћу функције *Pad*

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

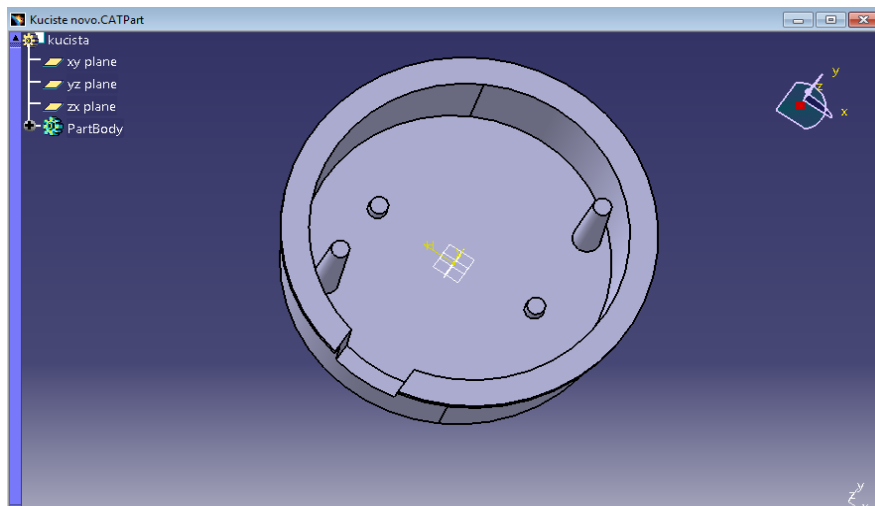
У *Sketch-u* се уцрта контура прореа (одсецање отвора за електричну инсталацију) и функцијом *Constraint* тачно дефинишу димензије.

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 прореza, дефинише се профил (слика 52).



Слика 52. Одсецање отвора за електричну инсталацију функцијом *Pocket*

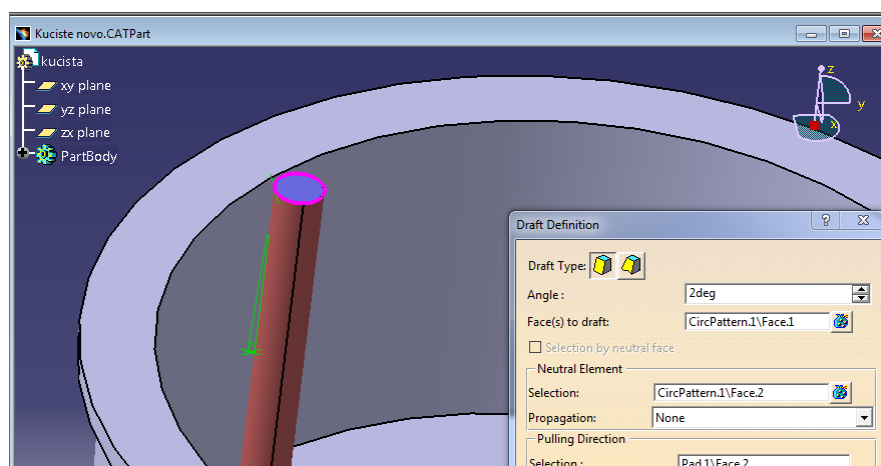
У следећој фази користи се функција *Circular Pattern* уз помоћ које се врши умножавање избочина унутар кућишта, селектовањем избочине и активирањем функције *Circular Pattern* и унутар дијалог прозора наводи се *Instance(s) : 2* тј. број објекта који се умножава као и угао за који се заокреће *Angular spacing : 180deg* (слика 53).



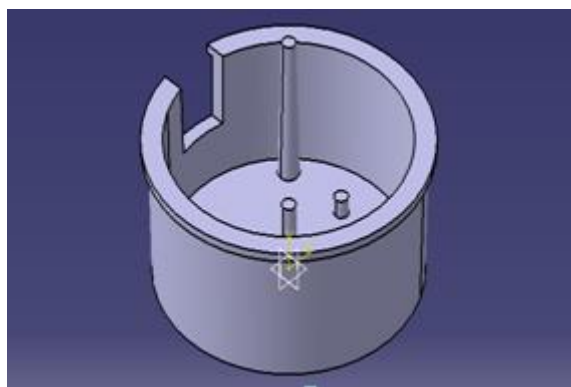
Слика 53. Умножавање објекта помоћу функције *Circular Pattern*

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 54). Након закошавања површи добија се коначан изглед 3D модела кућишта светиљке (слика 55).

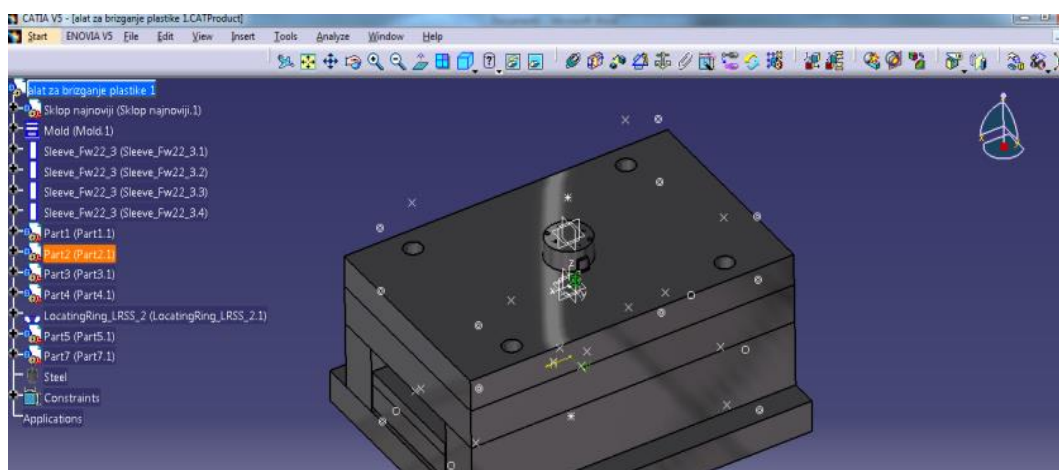


Слика 54. Закошење површи помоћу функције *Draft Angle*

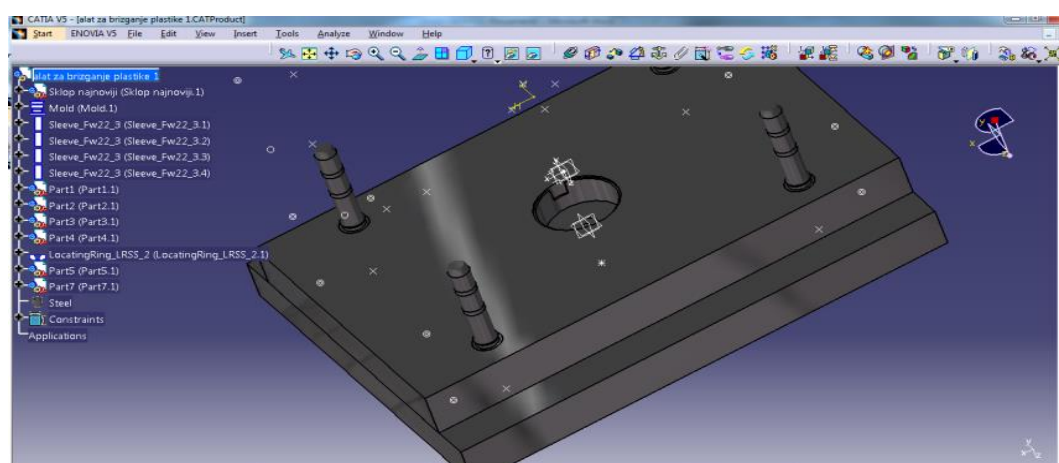


Слика 55. Коначан изглед 3D модела кућишта светиљке

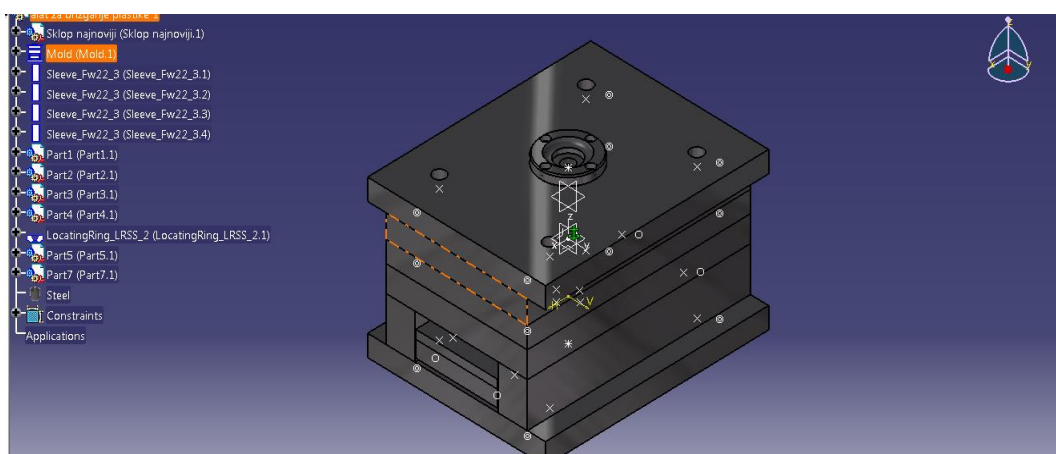
На основу пројектованог модела, првенствено је извршено пројектовање алата са једном калупном шупљином (слика 56, 57, 58). Производња са овим алатом је оправдана у малосериској производњи.



Слика 56. Доњи део алата



Слика 57. Горњи део алата

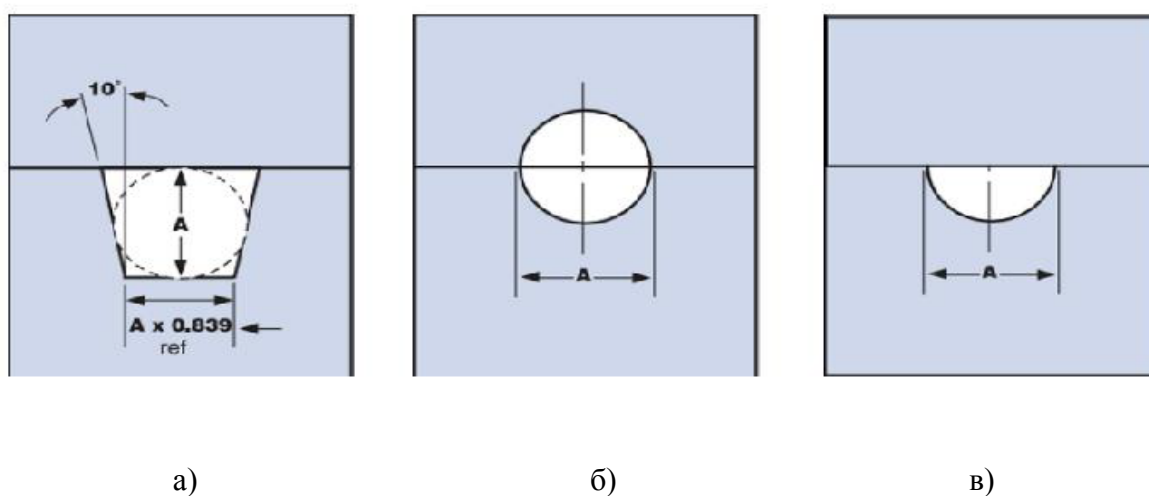


Слика 58. Коначан изглед алата

У даљем раду извршено је пројектовање алата са већим бројем отпреска чиме се постиже смањење трошкова производње отпреска, а самим тим и краће време производње.

Због сложености конструкције алата потребно је извршити симулацију бризгања у програмском пакету SolidWorks у модулу SolidWorks Plastics, где су приказане три симулације бризгања са различитим попречним пресецима разводних канала (слика 59).

Ширина разводних канала ($A=6\text{ mm}$) ограничена је због пречника доводног канала.



Слика 59. Могући облици попречног пресека разводног канала (а – трапезни, б – кружни, в – полукружни)

На основу добијеног најповољнијег резултата симулација извршено је пројектовање алата са четири калупне шупљине у програмском пакету CATIA V5, што је детаљно описано у наредним поглављима.

7. СИМУЛАЦИЈА БРИЗГАЊА

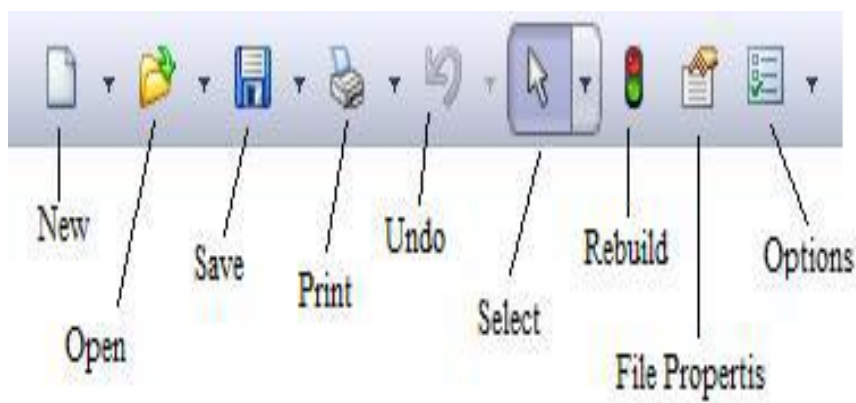
7.1 Основне команде модула SolidWorks Plastics

У овом поглављу су наведене и објашњене команде модула SolidWorks Plastics, намењеног за симулацију процеса бризгања, у оквиру софтвера SolidWorks.

Палете алата, посматране са аспекта значаја заступљености у фазама симулирања процеса, могу се поделити у три групе:

- Палете алата за општу намену,
- Палете алата за предпроцесирање и
- Палете алата за постпроцесирање.

Основна палета алата је приказана сликом 60, где је дато објашњење основних команди.



New – нов документ ;

Open – отварање постојећег документа;

Save – снимање активног документа;

Print – штампање;

Options – додатне опције.

Undo – враћање корак уназад;

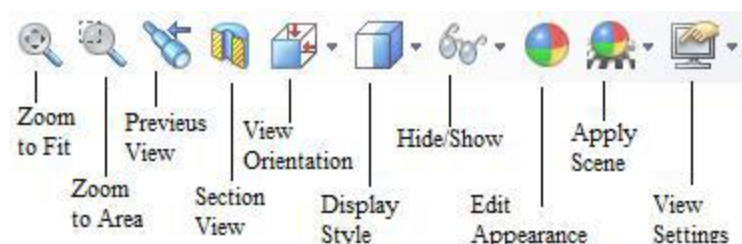
Select – обележавање;

Rebuild – преправљање модела;

File Propertis – информације о моделу;

Слика 60. Основна палета алата са објашњењима команди

Палета алата за визуелни приказ модела са неопходним објашњењима је приказана сликом 61.

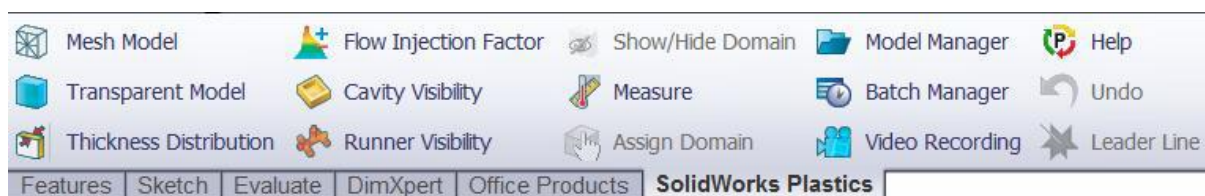


Zoom to Fit – зумирање целог дела;
Zoom to Area – зумирање одређене зоне;
Previous View – стандардни поглед;
Section View – пресек дела;
View Orientation – приказ из одређеног угла;
Display Style – врста приказа модела;

Hide/Show – сакрити/приказати;
Edit Appearance – увоз материјала за модел;
Apply Scene – подешавање окружења модела;
View Settings – додатне опције за приказ.

Слика 61. Палета алата за визуелни приказ са објашњењем команди

Палета алата **CommandManager** је приказана сликом 62.



Mesh Model – приказ мреже на моделу;
Transparent Model – приказ провидног модела;
Thickness Distribution – приказ дебљине зида;
Cavity Visibility – приказ разделних површина;

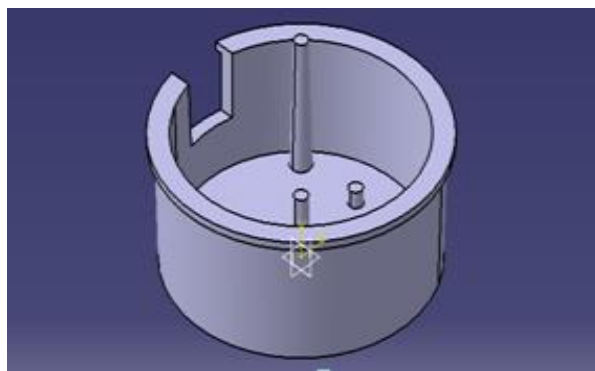
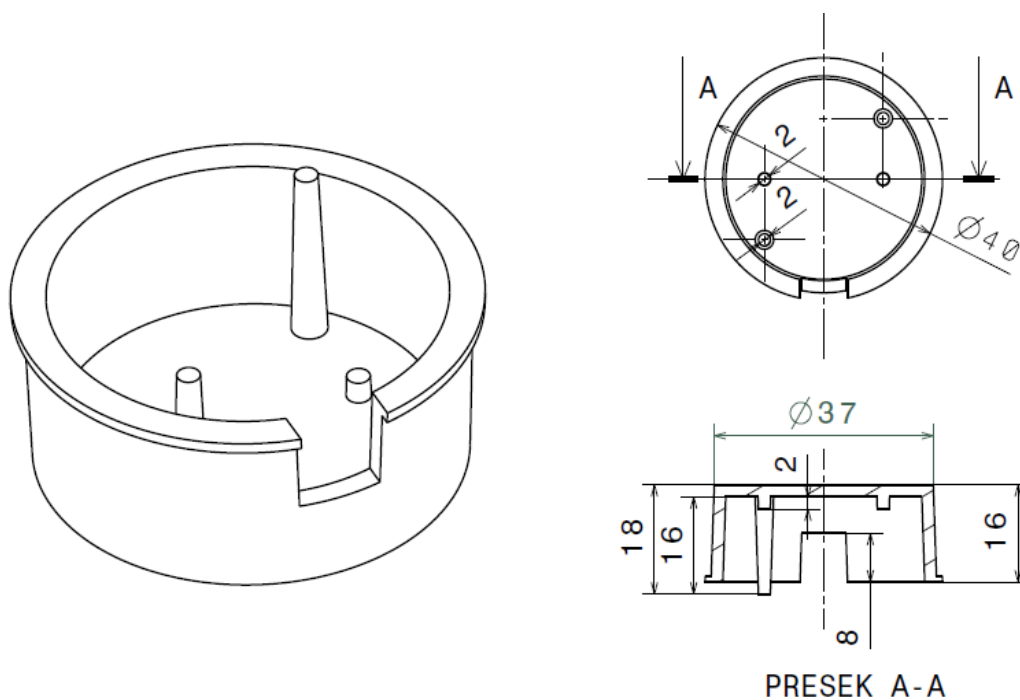
Runner Visibility – приказ развидних канала;
Measure – мерења;
Video Recording – снимање видеа;
Help – помоћ.

Слика 62. Палете алата **CommandManager** са објашњењем команди

7.2 Припрема и покретање анализе

Као пример узет је пластични део (специјална светиљка) која је приказана на слици 63, за који треба моделирати процес бризгања пластике. Сам процес се састоји из неколико фаза:

- увожење геометрије радног модела,
- дефинисање параметара материјала и услова процеса,
- позиционирање уливних канала и
- покретање анализе, која ће бити поступно образложена.



Слика 63. Цртеж и модел кућишта специјалне светиљке

7.2.1 Увожење геометрије радног модела

Кућиште специјалне светиљке моделирано је у програмском пакету CATIA V5. Модел може бити моделиран у било ком **3D CAD** програму, под условом да његов формат одговара SolidWorks-у. Најчешћи формати којима ови програми међусобно успешно комуницирају одговарају **IGES** и **STEP** стандарду.

Да би било могуће урадити анализу у модулу SolidWorks Plastics, потребно је увезени модел снимити у формату **SLDPRT**, који одговара софтверу SolidWorks. Прелаз из стандардног окружења у модул за анализу врши се једноставним одабиром иконице **PlasticMenager** . Преласком на ову иконицу (слика 64) отварају се опције за припрему анализе.



Слика 64. Команде картице **PlasticMenager**

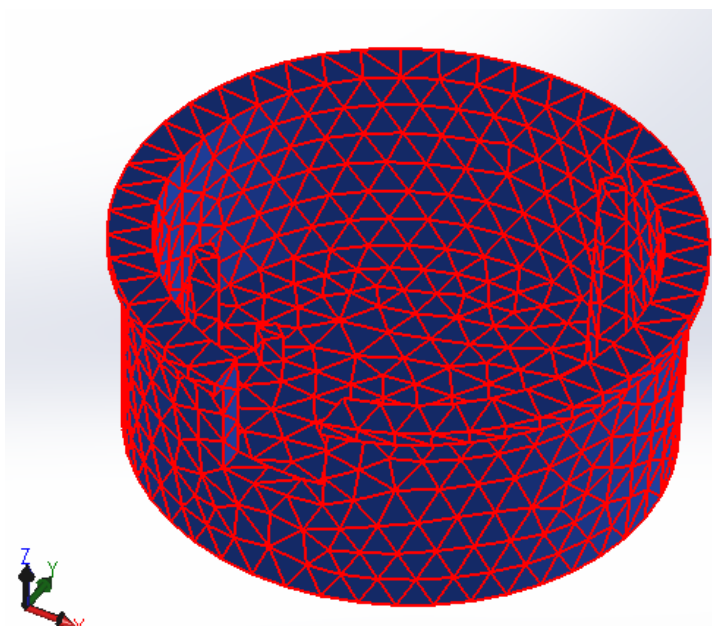
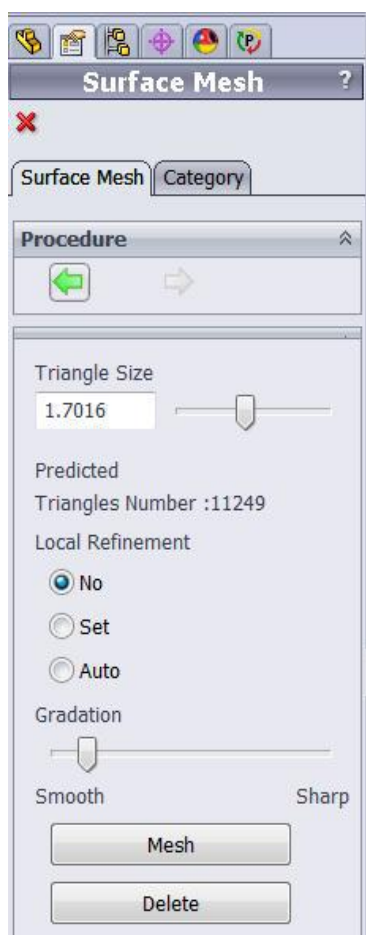
7.2.2 Дефинисање материјала и параметара процеса

Први корак у предпроцесирању је дефинисање мреже модела. Постављање мреже се врши десним кликом на опцију **Shell**, при чему се може одабрати један од два начина дефинисања мреже: аутоматско или мануелно (слика 65).



Слика 65. Први корак у дефинисању мреже модела

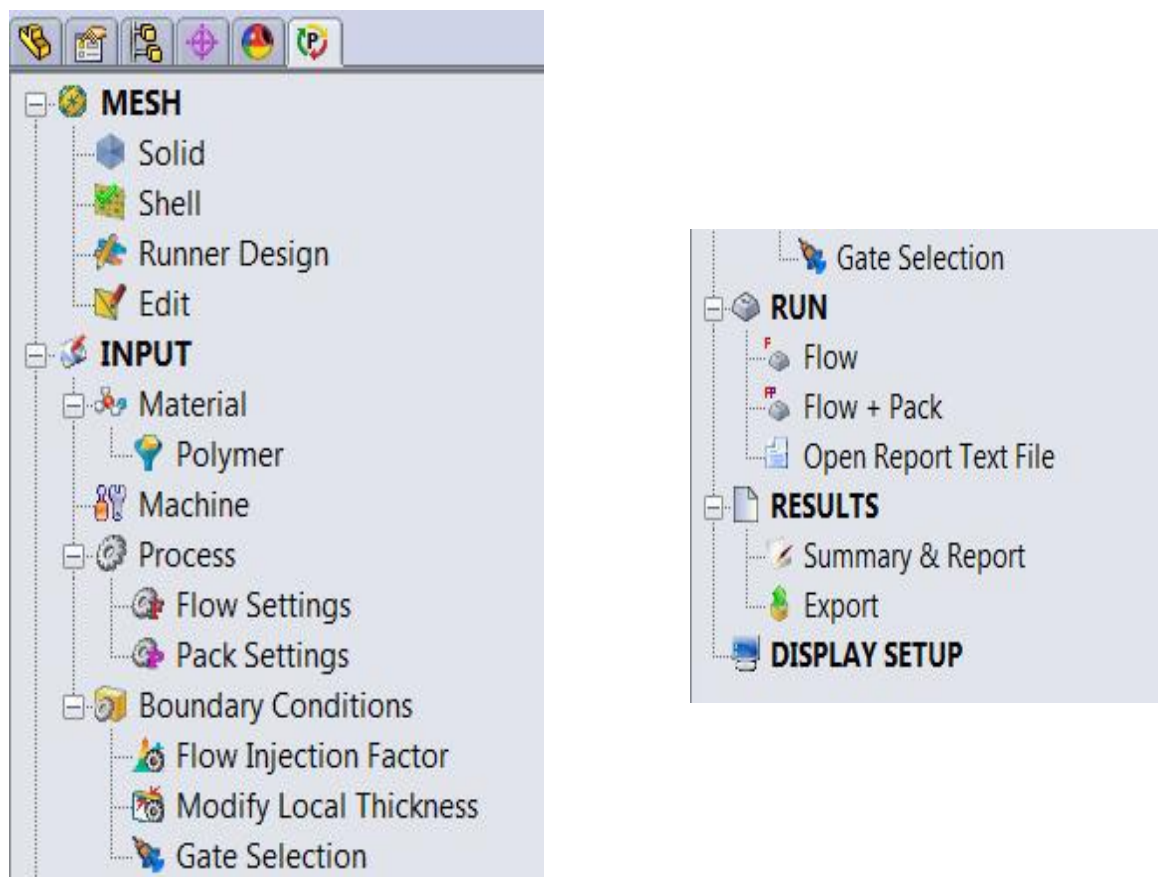
Након избора мануелног начина постављања мреже, отвара се картица **Surface Mesh** у оквиру које се дефинишу основни параметри мреже (слика 66). У овој картици се дефинише величина троугластих коначних елемената, преко опције *Triangle Size*, као и локално уситњавање мреже коришћењем опције *Local Refinement*, ако има потребе за тим. Уситњавање мреже може се извршити ручно, преко опције *Set*, селектовањем места на моделу где је потребна ситнија мрежа, као и аутоматски, где програм сам препознаје подручја где је потребно уситњавање мреже. Након извршених подешавања, одабиром команде *Mesh*, врши се генерисање мреже (слика 67). Приликом избора мреже треба водити рачуна о величини коначних елемената, јер од њихове величине и броја зависи време трајања симулације (већи број елемената продужује време трајања симулације али исто тако даје и већи квалитет добијених резултата).



Слика 67. Генерисана мрежа на моделу

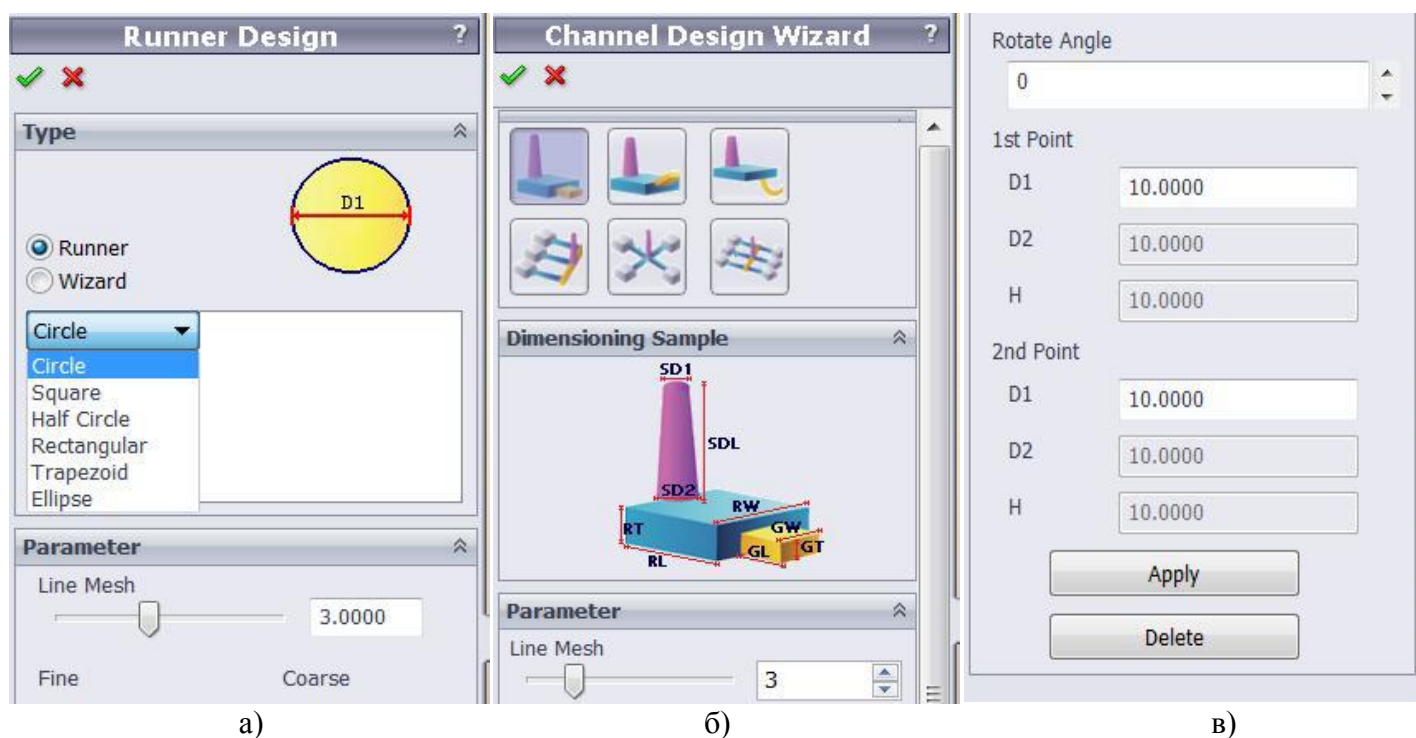
Слика 66. Прозор за подешавање мреже

Након формирања мреже прелази се на дефинисање параметара анализе помоћу команди које су приказане на слици 68.



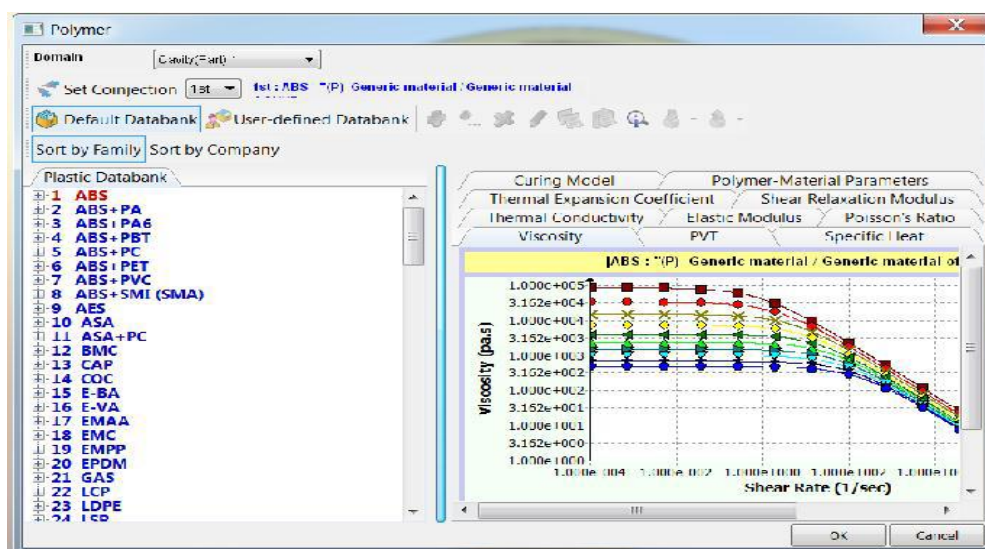
Слика 68. Прозор за дефинисање параметара анализе

Команде су подељене у 4 групе, **MESH**, **INPUT**, **RUN**, **RESULTS**. У оквиру групе команди **MESH**, помоћу опције *Runner Design*, постављају се разводни канали за бризгање пластике (слика 69). Канали се могу поставити на два начина: помоћу команде *Runner*, где корисник сам поставља облик и димензије канала (слика 69 а) или помоћу команде *Wizard*, где се врши одабир већ постојећих облика канала (слика 69 б). Ако се постављање канала врши ручно, могуће је изабрати неке од следећих пресека канала: кружни, трапезни, полукружни, квадратни, елипсоидни. Након одабира облика канала врши се њихово димензионисање (слика 69 в), и на крају, потврђивањем на команду *Apply*, њихово постављање.



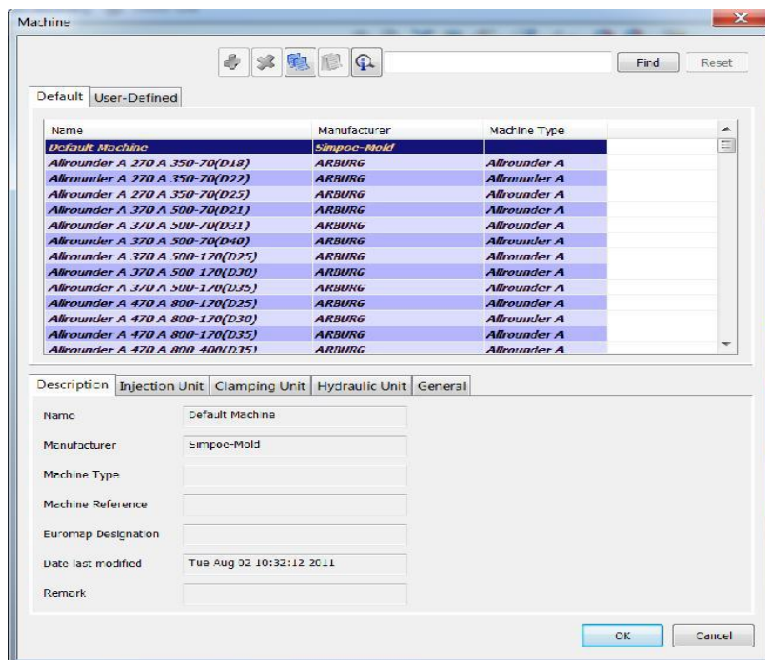
Слика 69. Подешавање разводних канала

Наредни корак је дефинисање карактеристика пластичне масе, у оквиру групе команди **INPUT**. Материјал који је претходно дефинисан за овај део је ABS. Софтвер нуди две могућности при избору материјала: корисник сам дефинише особине материјала, или користи већ постојећу базу података која садржи реномиране светске произвођаче пластичних маса. Покретањем команде *Polymer*, отвара се прозор са слике 70, у оквиру којег се врши избор материјала. За сваки материјал из базе могуће је видети карактеристике пре него што се исти одабере за анализу.



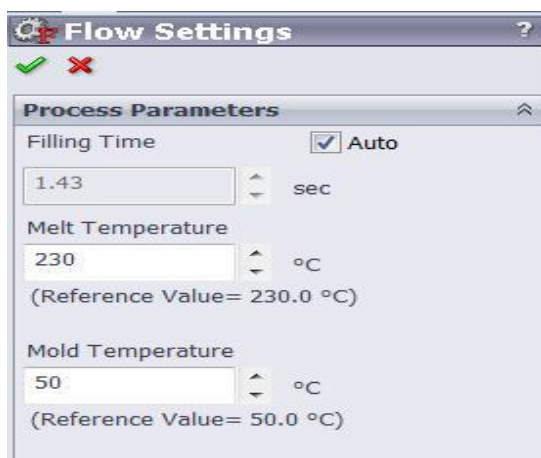
Слика 70. Избор материјала

Такође, у оквиру групе команди **INPUT**, врши се избор машине за бризгање пластике. Програм поседује богату базу машина, различитих произвођача, са њиховим главним техничким карактеристикама (слика 71).



Слика 71. Избор машине за бризгање пластике

У оквиру групе команди **INPUT**, налази се команда Flow Settings, којом се дефинише температура алата, као и температура растопа пластичне масе. Такође у оквиру ове команде, уколико се изврши искључивање опције Auto, могуће је и дефинисати временски интервал трајања процеса бризгања (слика 72).

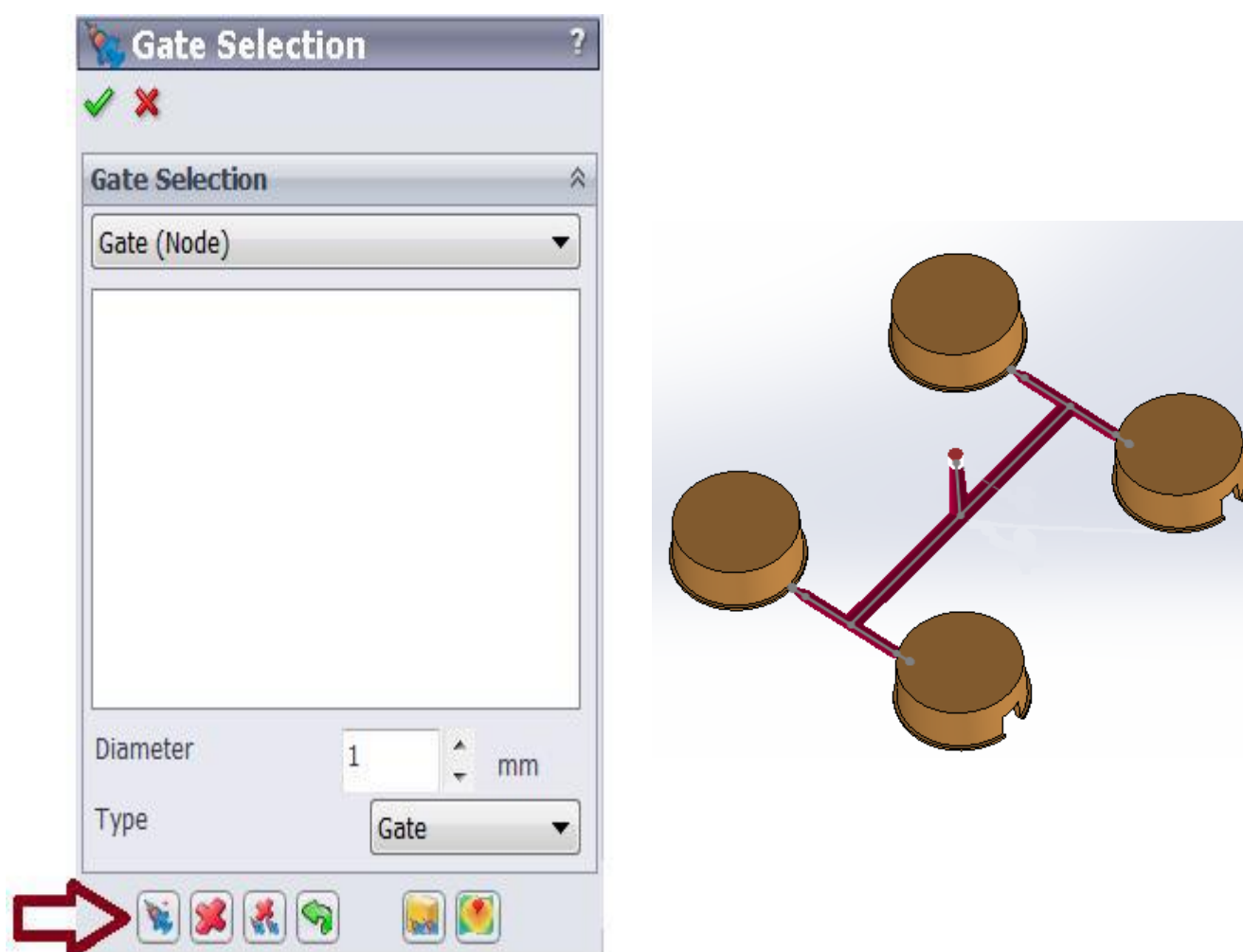


Слика 72. Подешавање температуре и времена анализе

7.2.3 Позиционирање уливног канала

Следећи корак је постављање места уливања пластичне масе. Врши се преко команде Gate Selection (слика 73). Постављање уливног канала се врши притиском левог тастера миша на место где се врши уливање пластике. Други корак је одређивање пречника уливног канала. Након тога, бира се опција Add Gate (показано стрелицом на слици 73) и канал је формиран. У оквиру команде Gate Selection постоји опција за аутоматско постављање уливних канала. Међутим, та опција се ретко користи јер, иако даје најбоље позиције уливања, често су те позиције неповољне са аспекта конструкције алата.

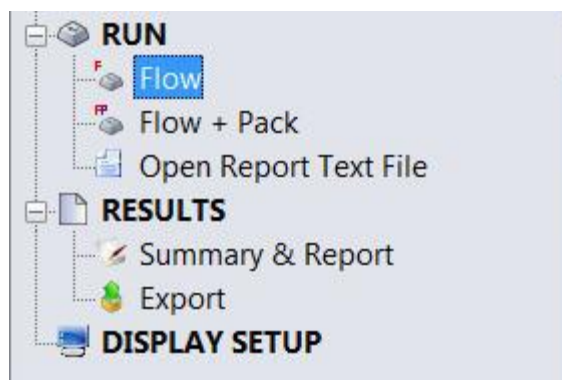
Уколико има потребе за модификацијом положаја уливног канала или је сувишан, довољно га је селектовати и притиснути команду **Delete**.



Слика 73. Постављање уливног канала

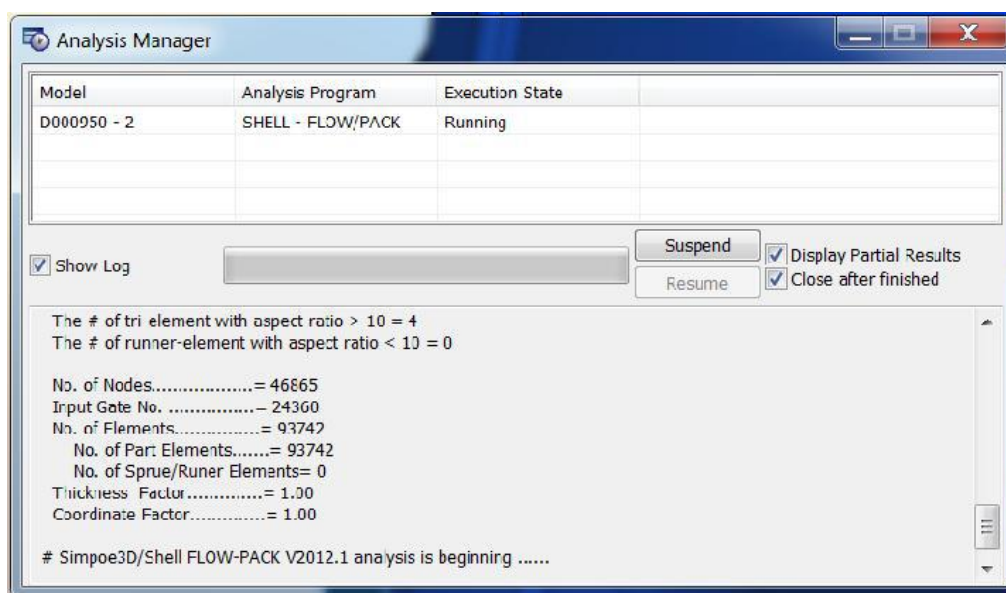
7.2.4 Покретање анализе

Пошто су извршена сва неопходна подешавања, приступа се покретању комплетне анализе процеса. Стартује се команда *Flow* у оквиру групе команди **RUN** слика 74 и процес прорачуна започиње.



Слика 74. Покретање анализе

Овај процес код сложених геометрија може бити дуготрајан па је у току њега обезбеђено и визуелно праћење попуњавања гравуре. Уколико се кориснику учини да попуњавање не иде у жељеном правцу он га може прекинути командом **Suspend**. Прозор на коме се може визуелно пратити проценат извршене анализе приказан је на слици 75.

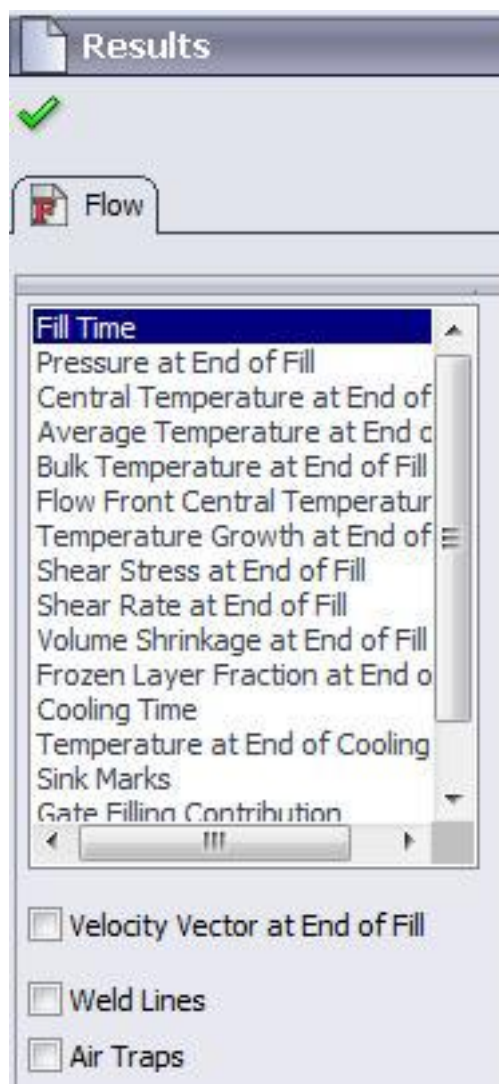


Слика 75. Прозор за визуелно праћење анализе бризгања пластике

7.3 Резултати симулације

Финални производ SolidWorks Plastics-а су анимације и графичке интерпретације праћене бројним вредностима које дају опипљиву представу о процесу бризгања пластике и евентуалним проблемима који га прате.

Сви добијени резултати могу се приказати одабиром команди палете алата Results (слика 76).



Слика 76. Палета алата Results

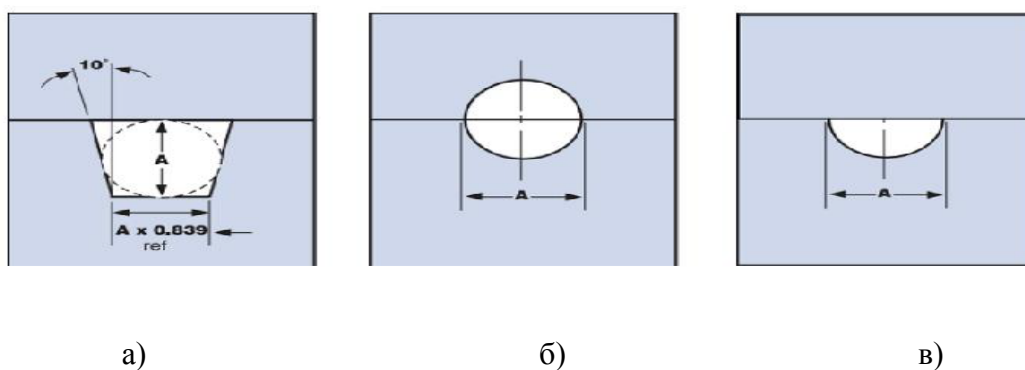
Падајући мени овог тулбара се састоји из опција на које се притиском тастера миша аутоматски добија одговарајућа интерпретација.

7.3.1 Резултати анализе за различите пресеке разводних канала

Извршена је симулација бризгања четири дела истовремено за различите пресеке разводних канала. Разлог овакве симулације јесте то што је у пракси економичније овакав део бризгати у алату са четири језгра него у алату са једним језгром, а променом канала се жели показати који пресек канала је најповољнији за процес бризгања.

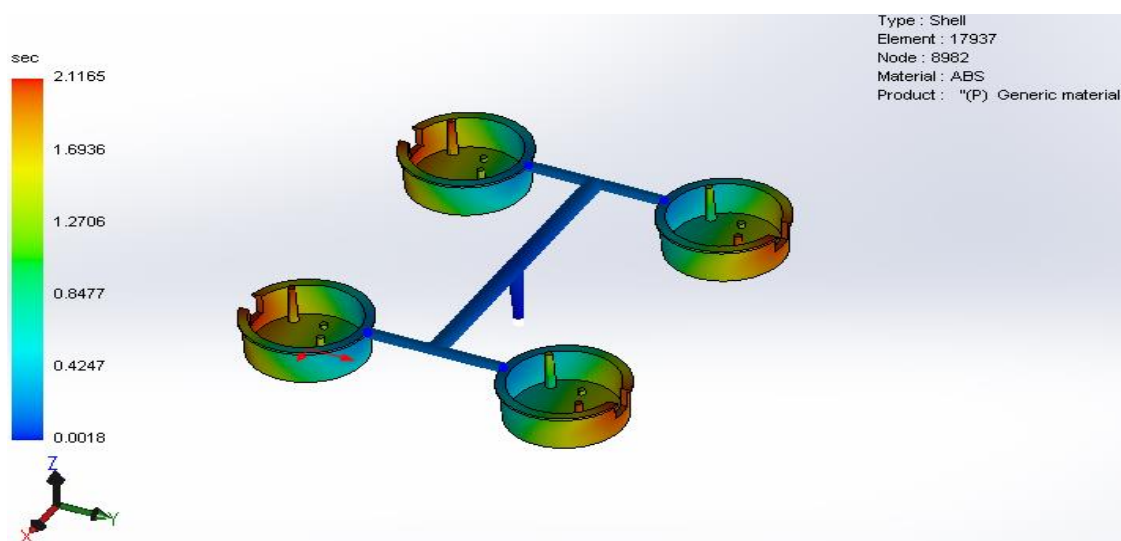
У разматрање су узете три могуће варијанте пресека канала:

- Кружни пресек канала (слика 77 – б),
- Полукружни пресек (слика 77 – в) и
- Трапезни пресек (слика 77 – а)

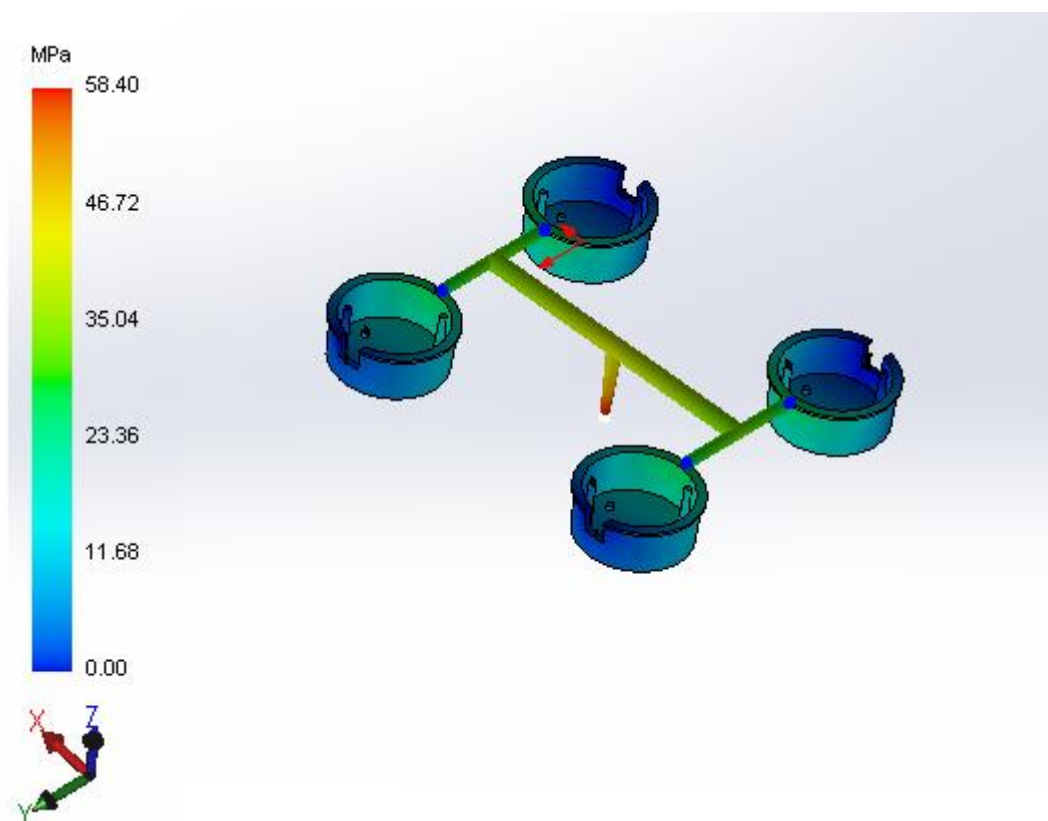


Слика 77. Могући облици попречног пресека разводног канала (а – трапезни, б – кружни, в –полукружни)

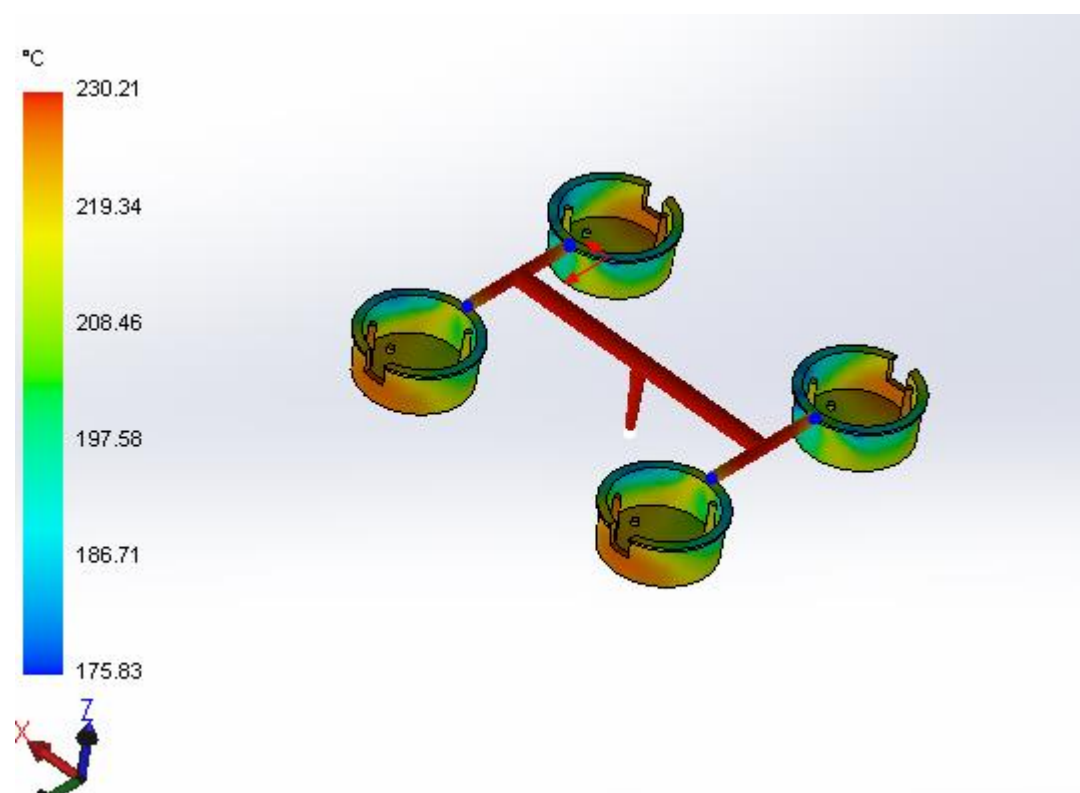
Резултати симулације за **кружни пресек** разводних канала су приказани на следећим сликама.



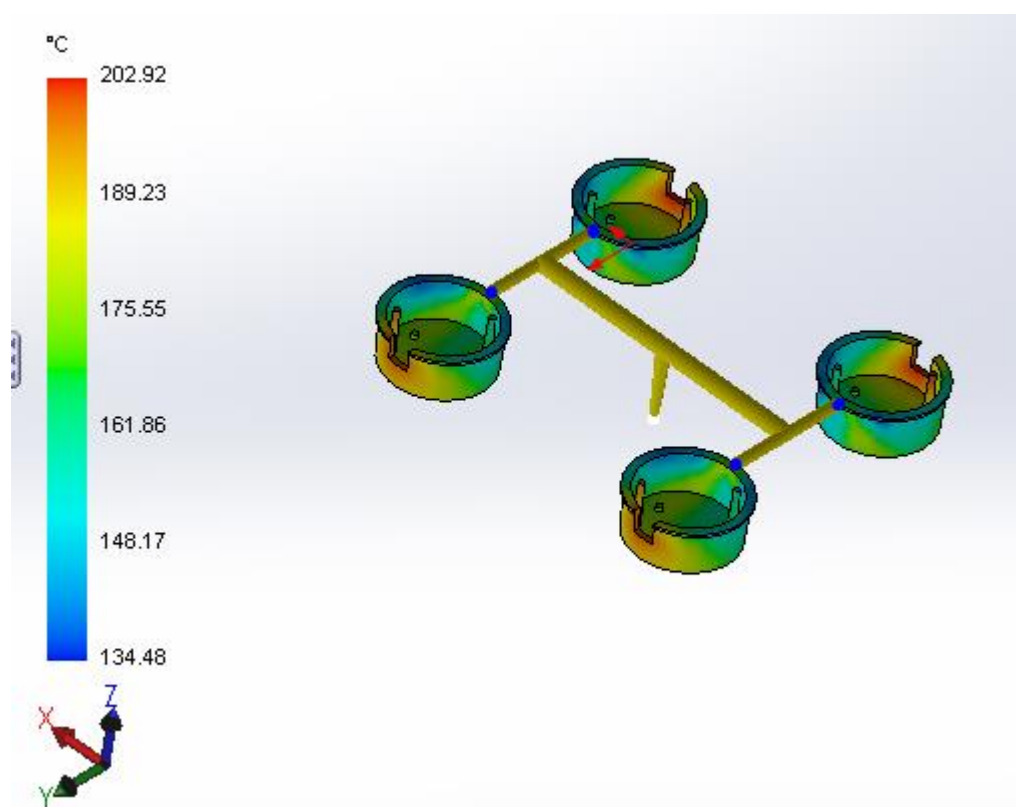
Слика 78. Време бризгања



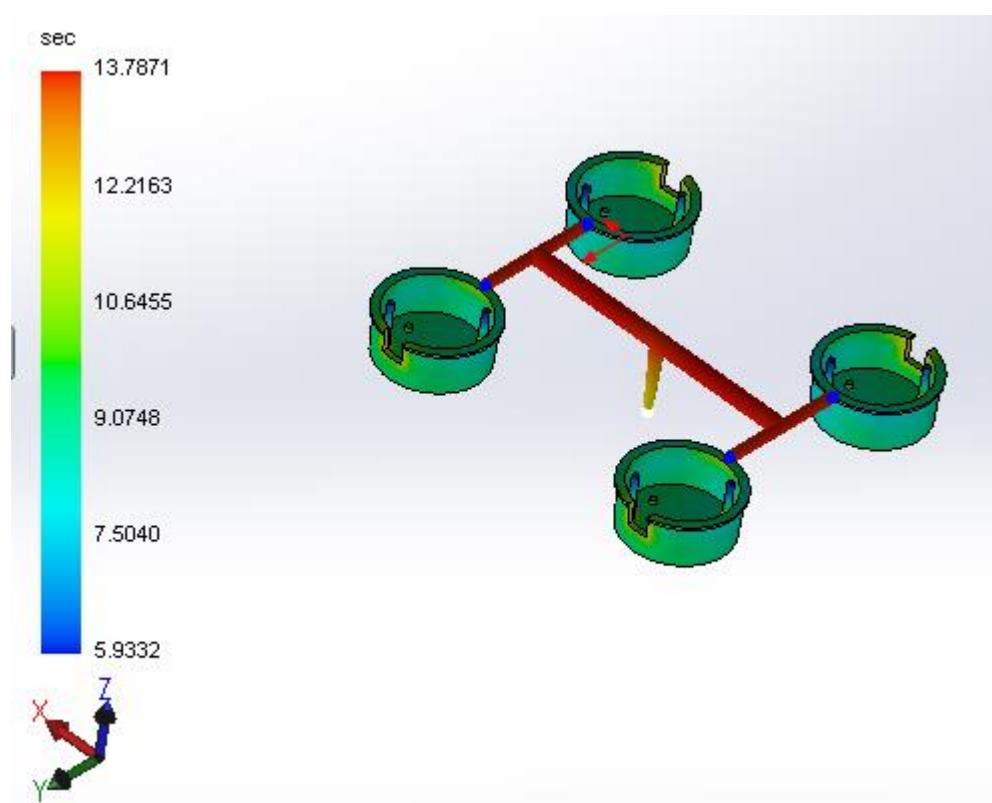
Слика 79. Притисак бризгања



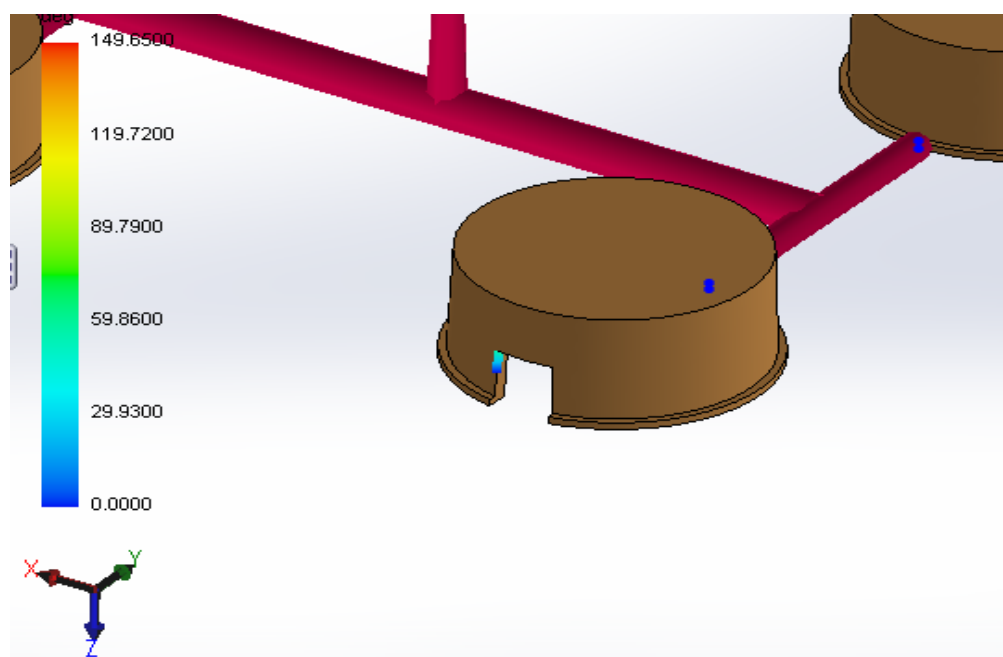
Слика 80. Расподела температуре након бризгања



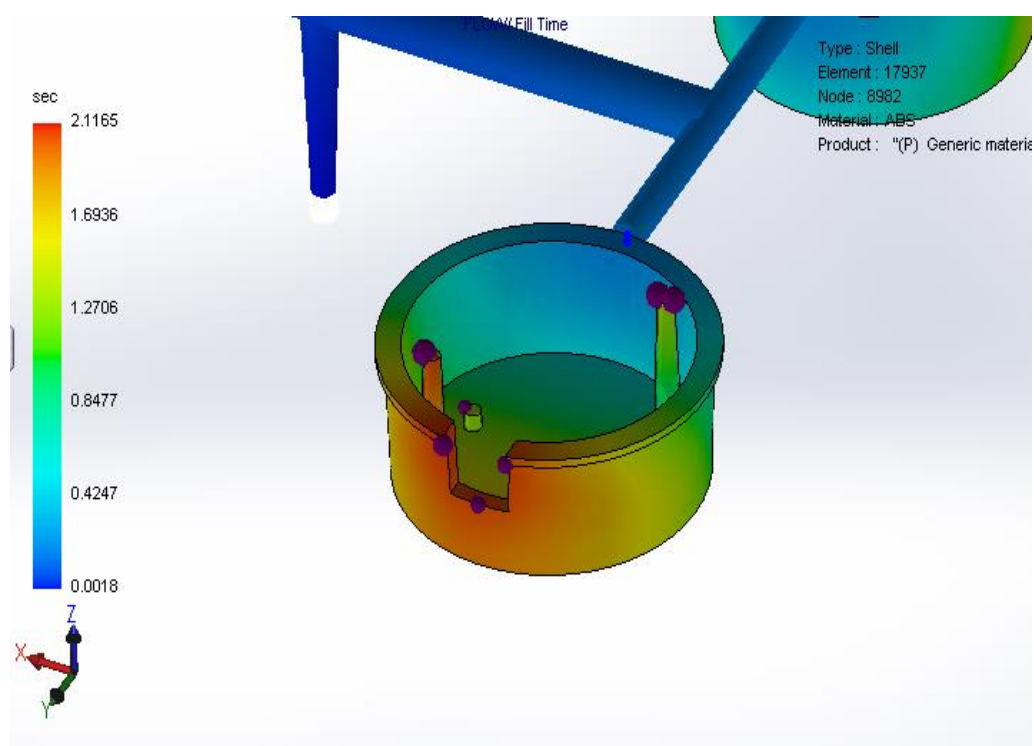
Слика 81. Дистрибуција температуре у алату



Слика 82. Време хлађења

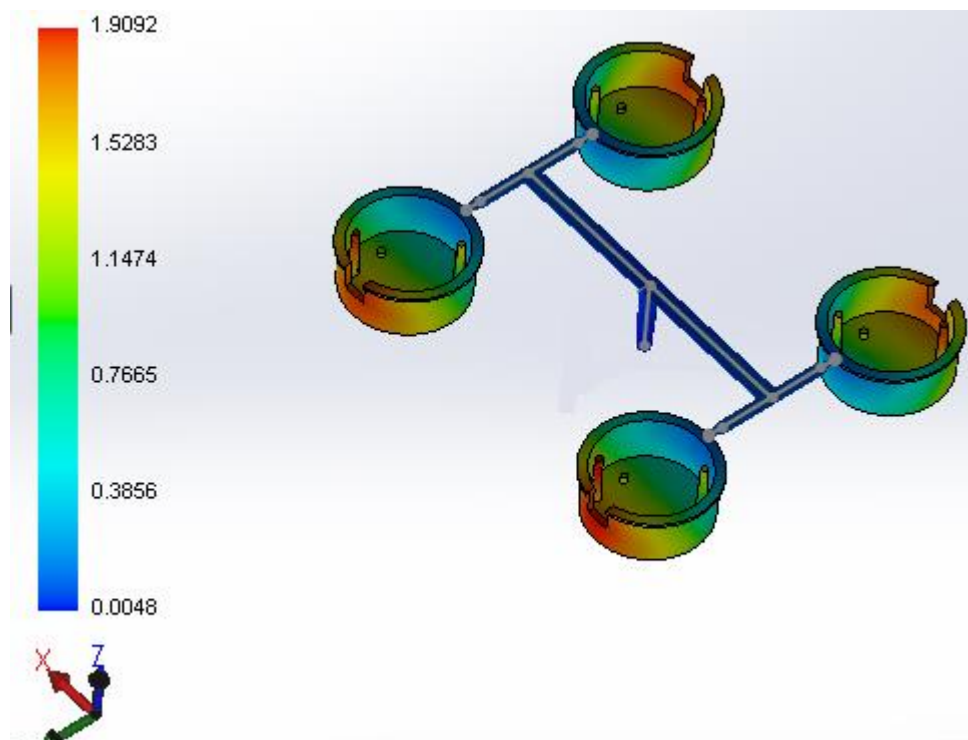


Слика 83. Линије спајања

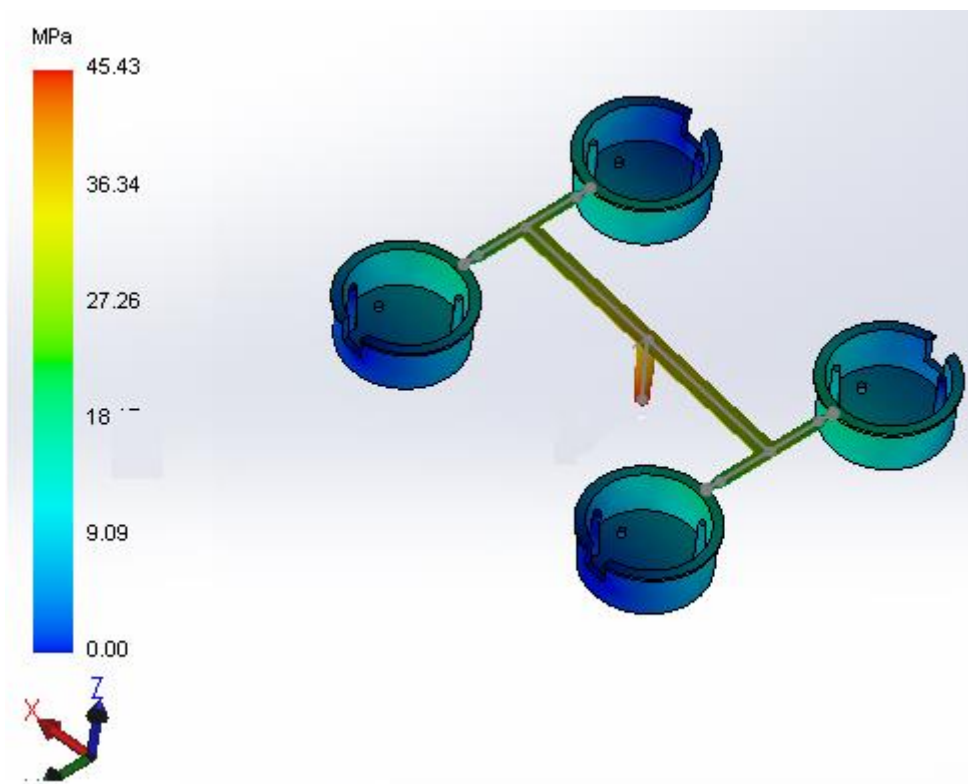


Слика 84. Гасни мехурови

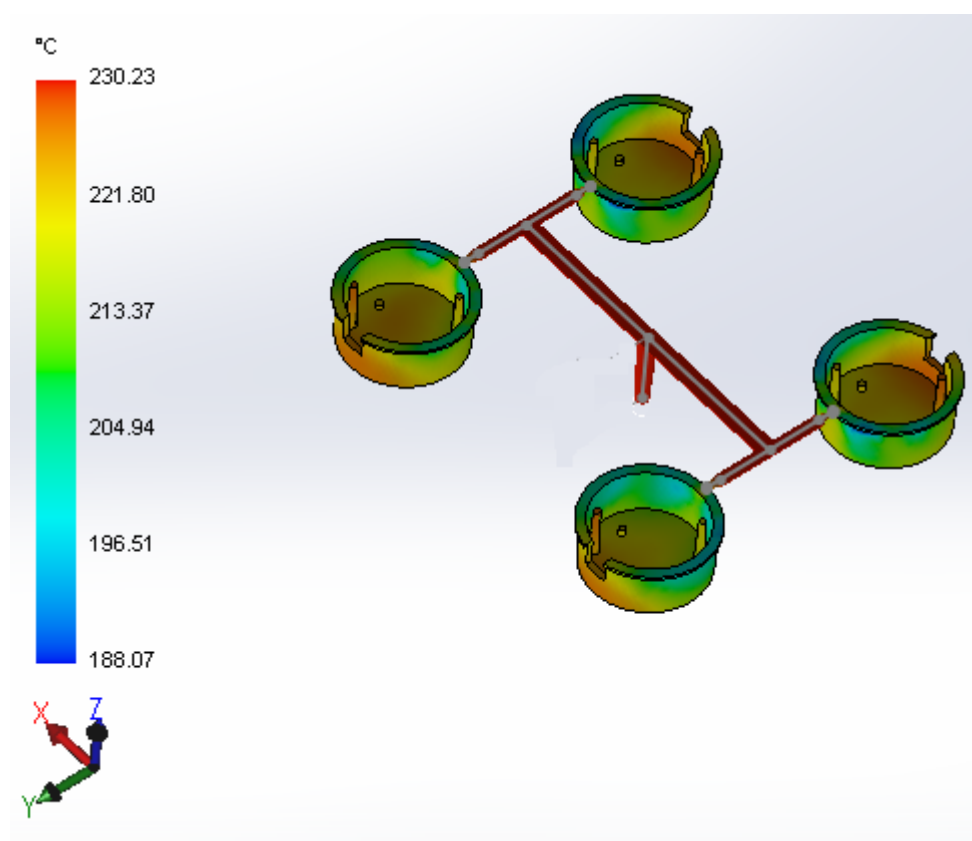
Резултати симулације за **полукружни пресек** разводних канала су приказани на следећим сликама.



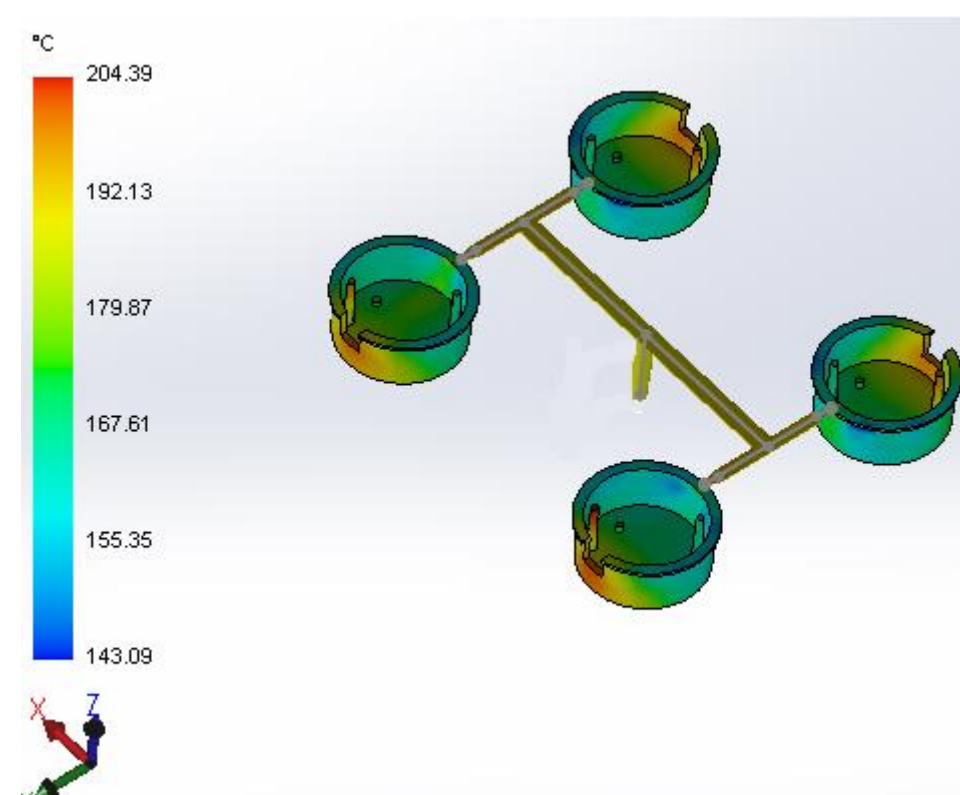
Слика 85. Време бризгања



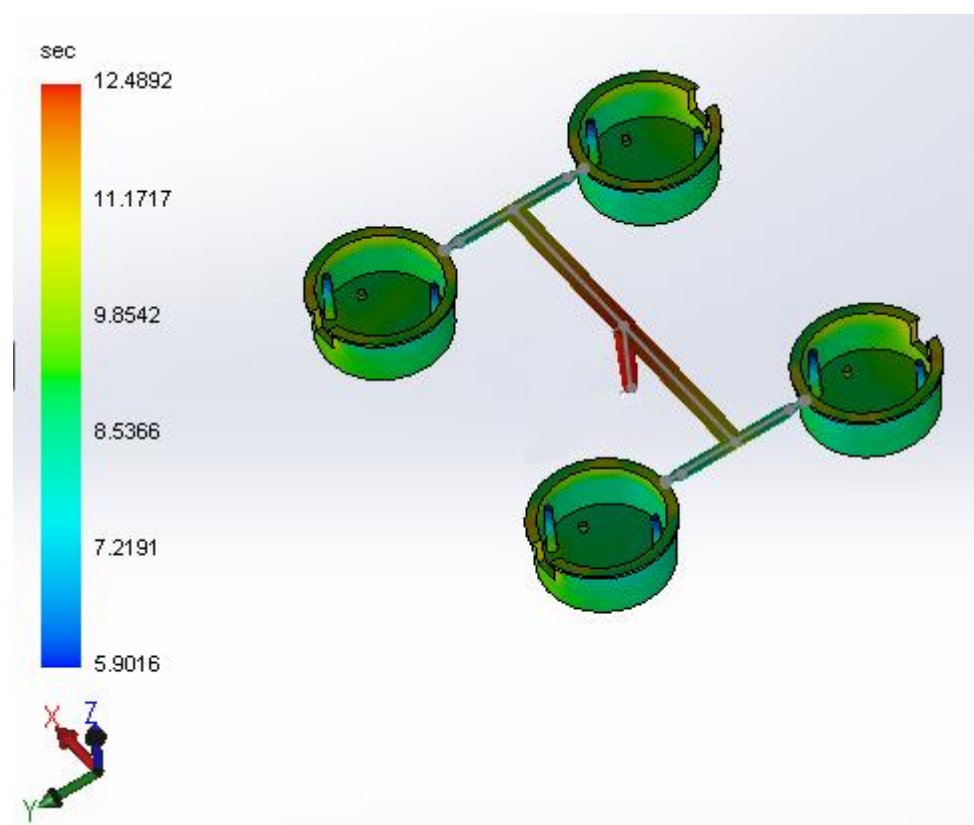
Слика 86. Притисак бризгања



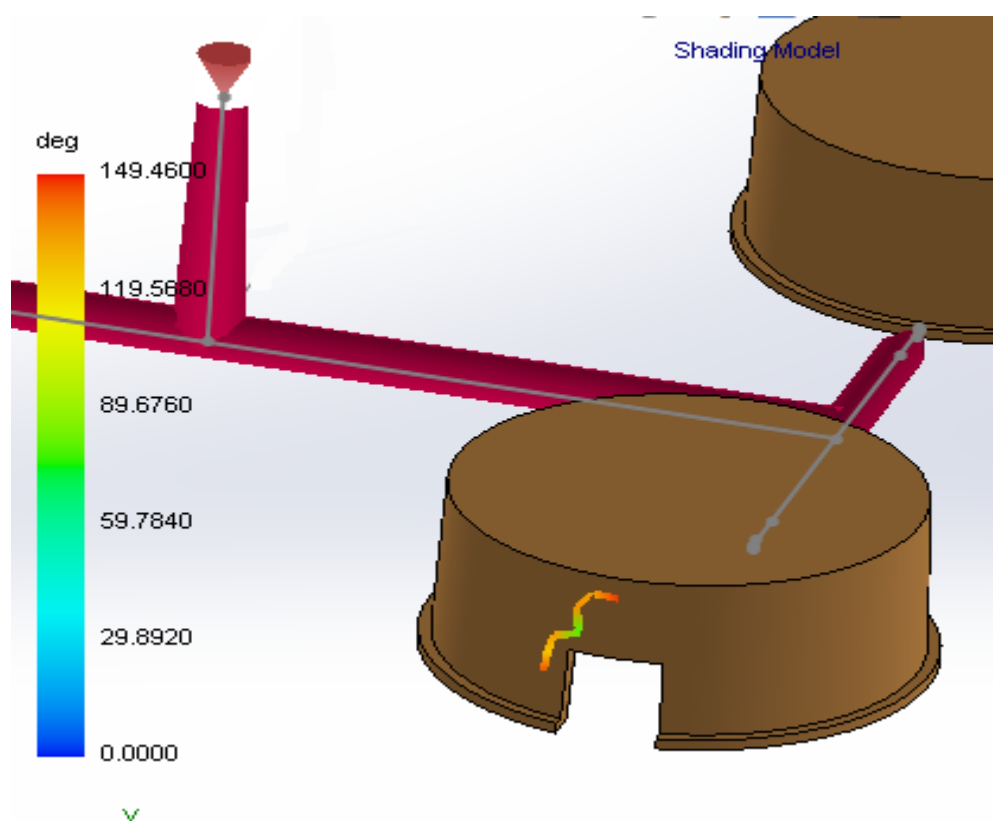
Слика 87. Расподела температуре након бризгања



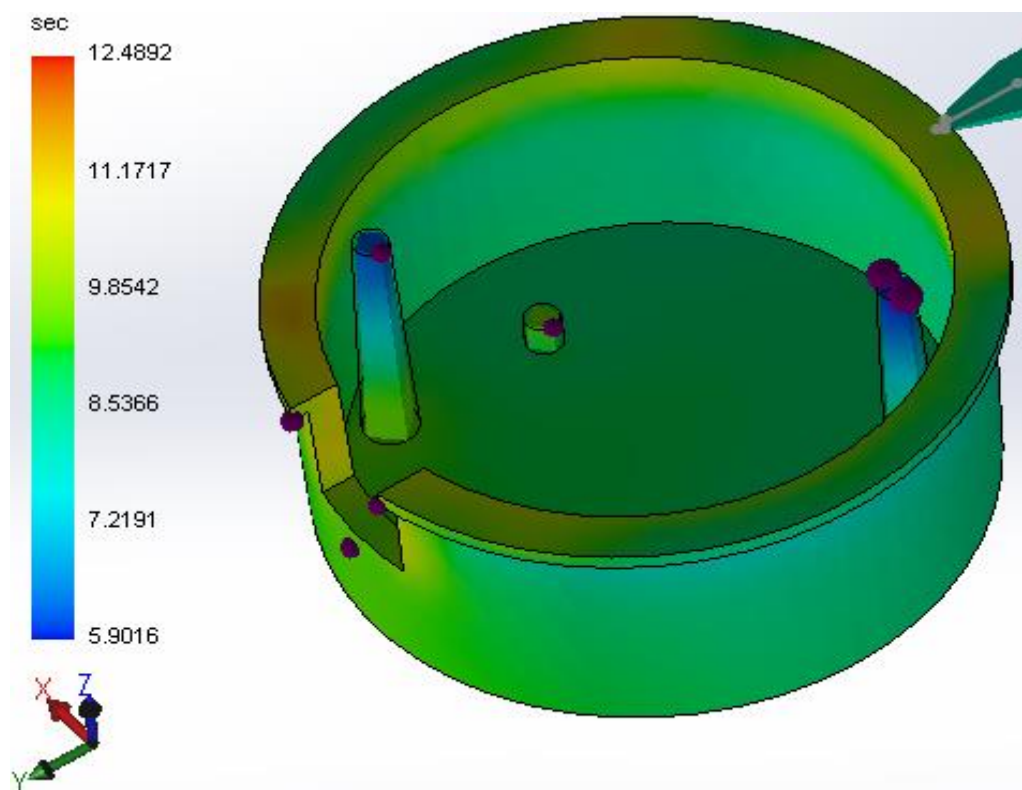
Слика 88. Дистрибуција температуре у алату



Слика 89. Време хлађења

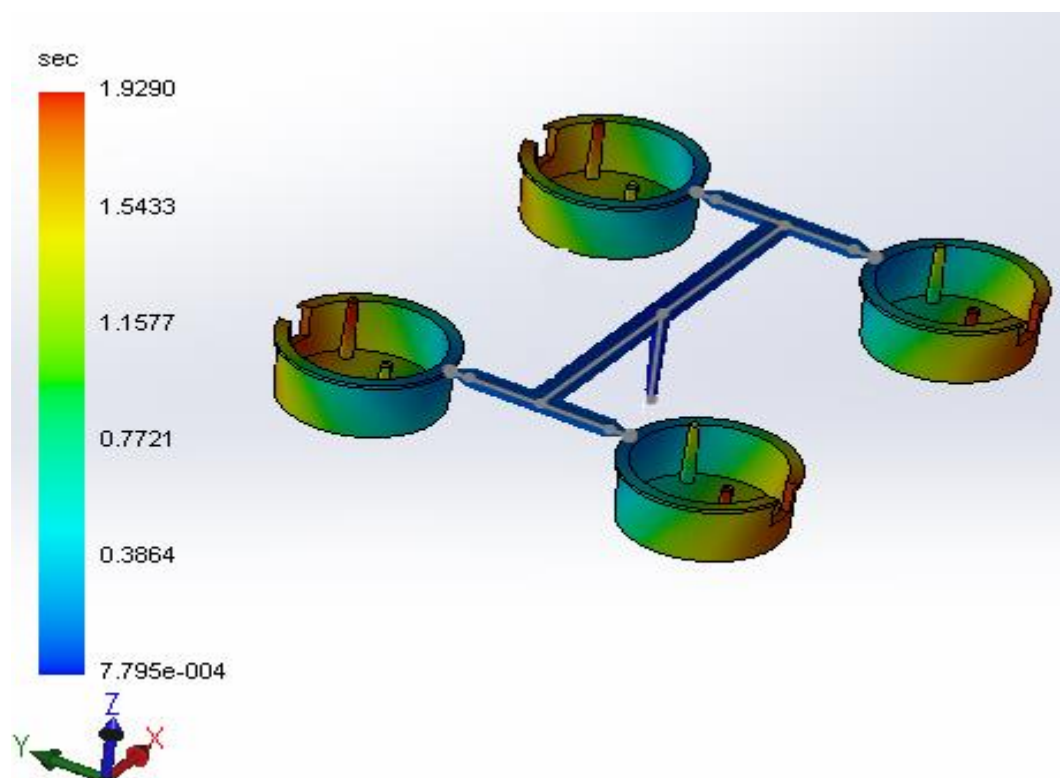


Слика 90. Линије спајања

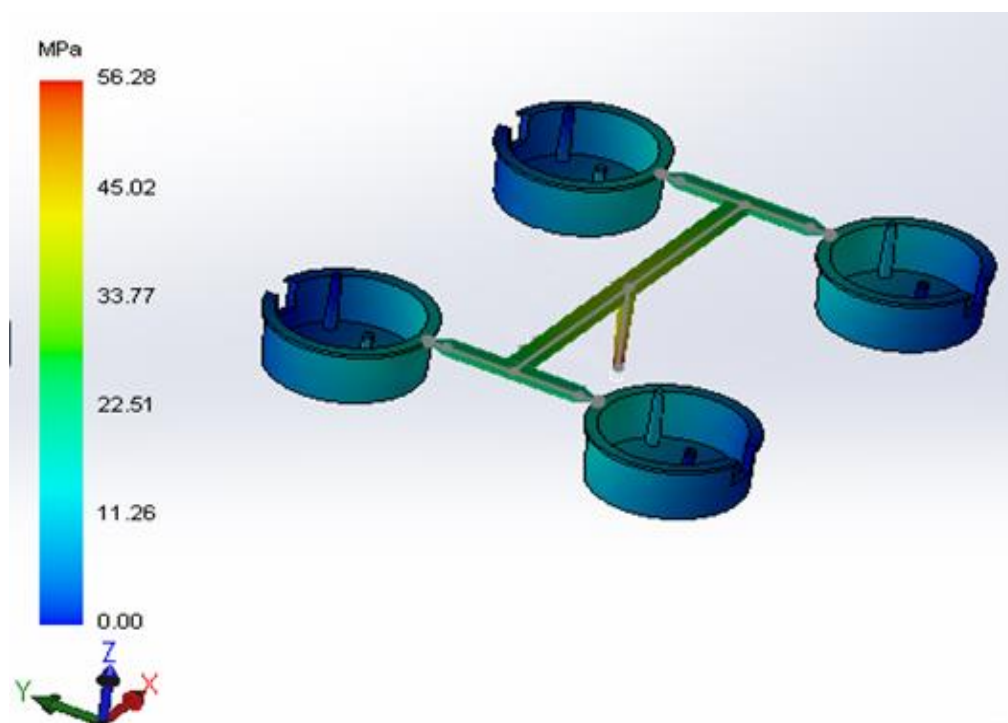


Слика 91. Гасни мехурови

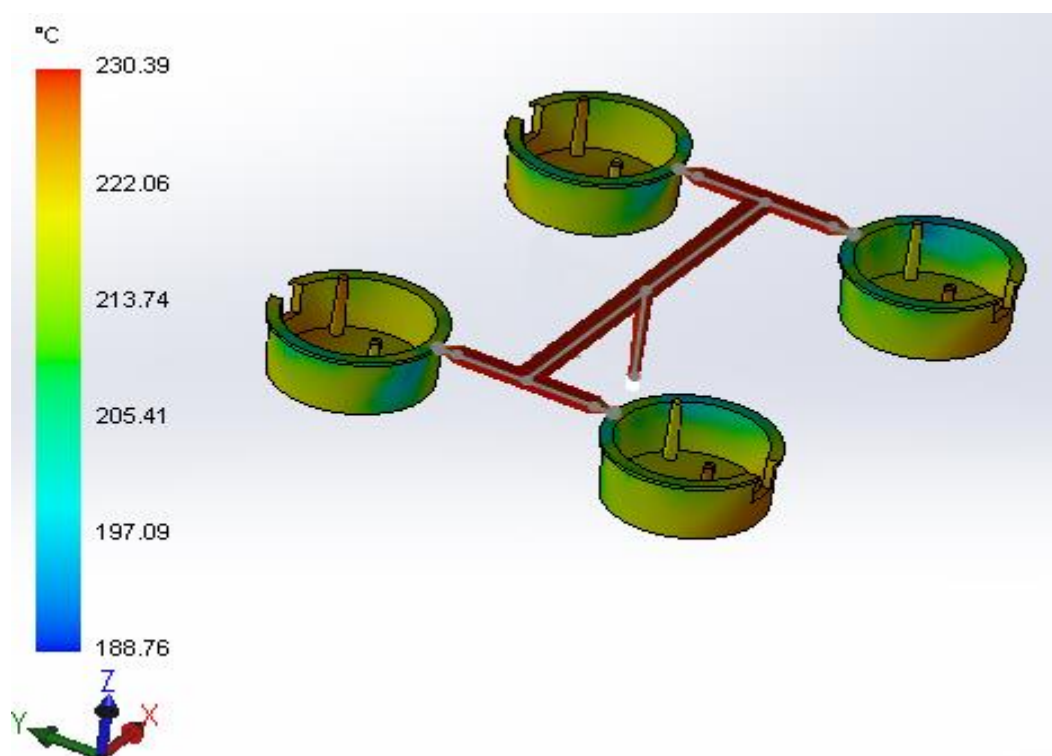
Резултати симулације за **трапезни пресек** разводних канала су приказани на следећим сликама.



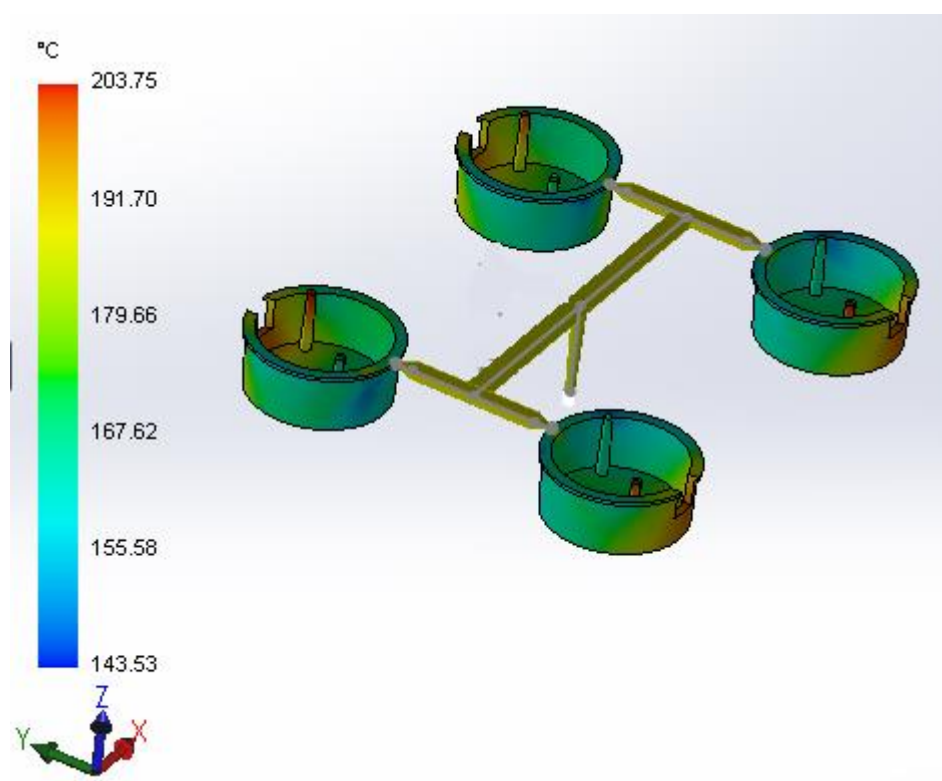
Слика 92. Време бризгања



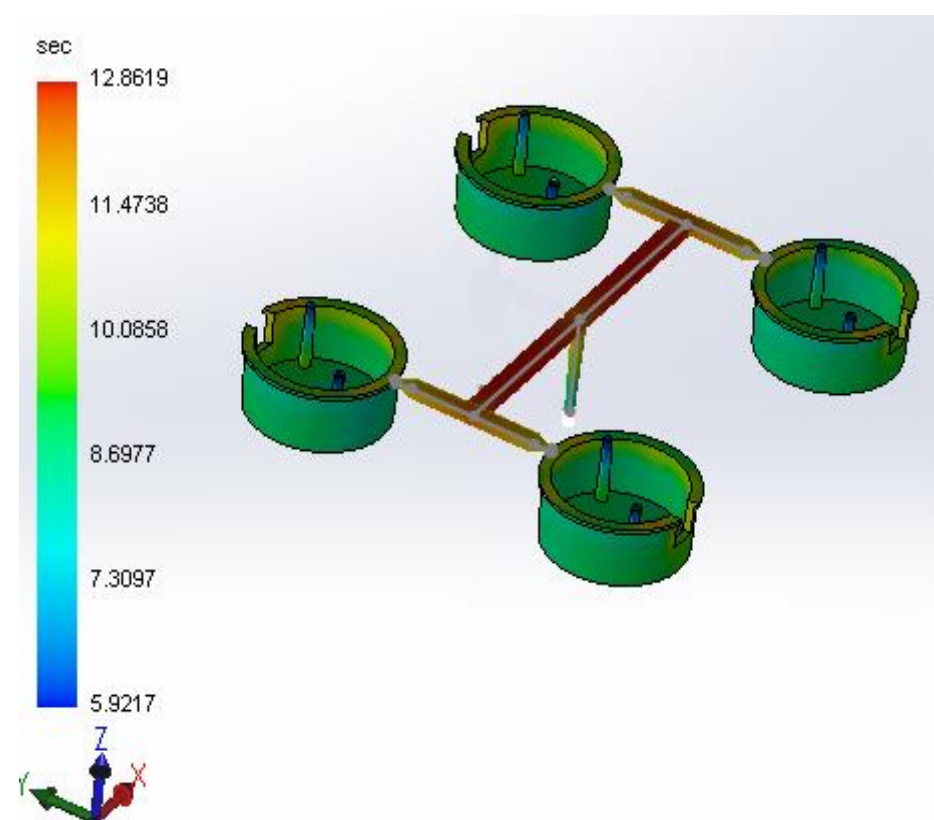
Слика 93. Притисак брызгања



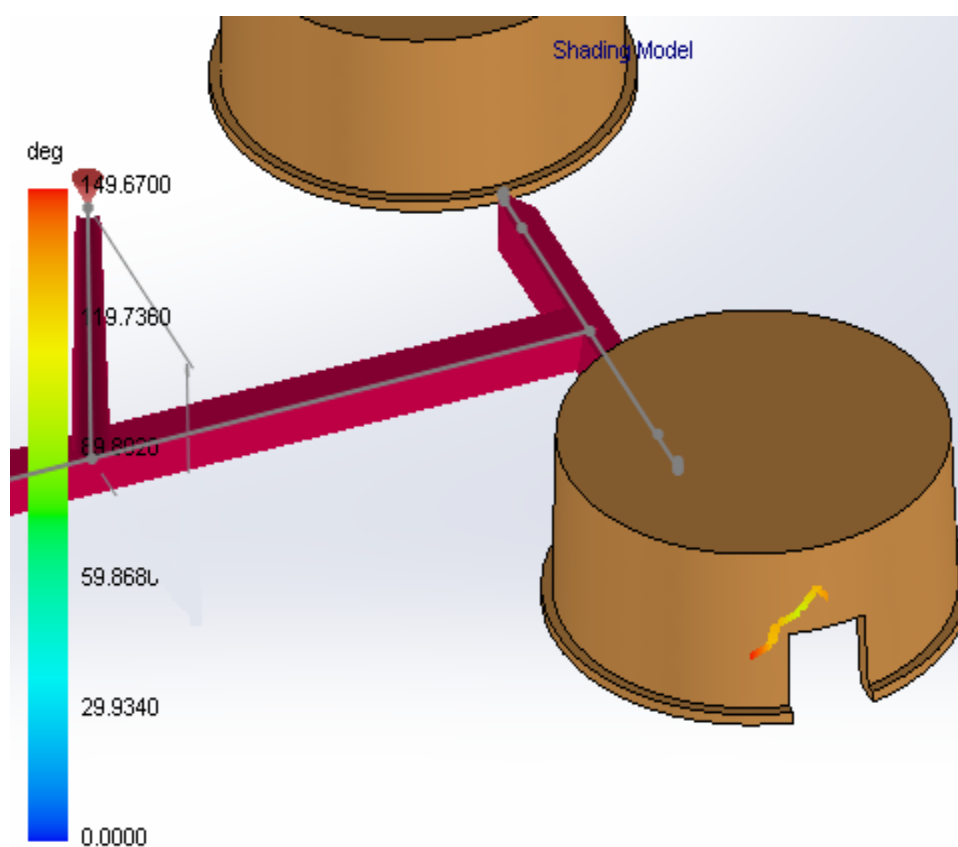
Слика 94. Расподела температуре након брызгања



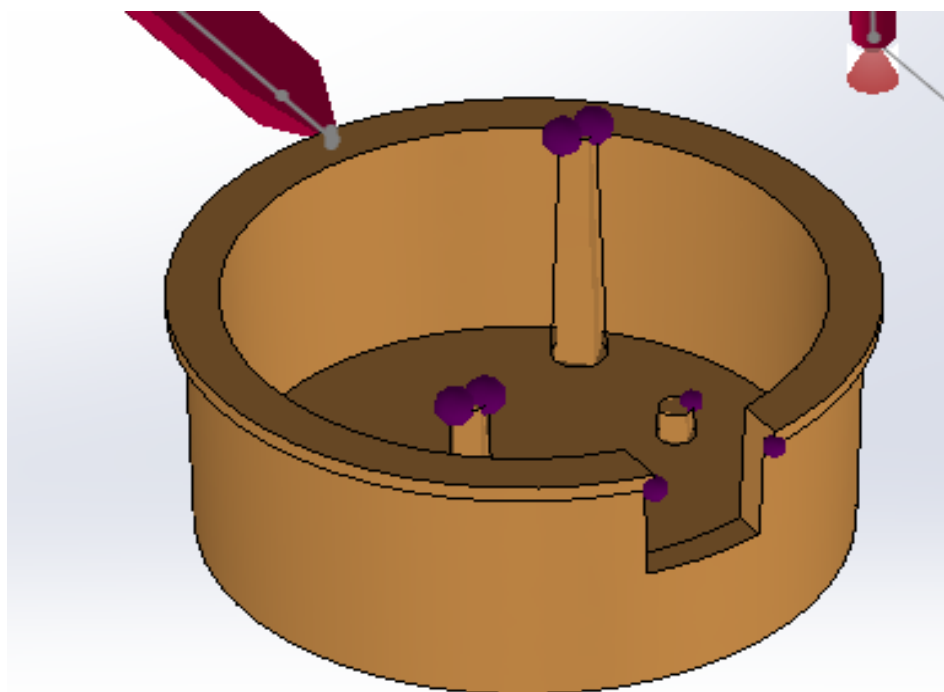
Слика 95. Дистрибуција температуре у алату



Слика 96. Време хлађења



Слика 97. Линије спајања



Слика 98. Гасни мехурови

Разматрање добијених резултата

Параметри који су коришћени за упоређивање резултата симулације су:

- Време бризгања
- Притисак бризгања
- Температура бризгања
- Дистрибуција температуре у алату
- Време хлађења
- Линија спајања
- Гасни мехурови

Бројне вредности симулације приказане су у табела 3.

Табела 3. Бројне вредности симулације

	Јед.			
Време бризгања	s	2,1165	1,9092	1,9290
Притисак на крају бризгања	МПа	58,40	42,43	56,28
Температура растопла пластичне масе	°C	230,21	230,23	230,39
Дистрибуција температуре у алату	°C	202,92	204,39	203,75
Време хлађења	s	13,7871	12,4892	12,8619
Линија спајања	deg	149,6500	149,4600	149,6700

На основу добијених резултата може се закључити да код већине разматраних параметара (време бризгања, притисак на крају бризгања, температура растопла пластичне масе, време хлађења и линије спајања), за изабране канале, не постоји значајна разлика у бројним вредностима (табела 3). Температура растопла пластичне масе је иста у сва три случаја, јер је дефинисана у оквиру команде Flow settings (слика 72) тј. програм је аутоматски генерисао као најповољнију за симулирање бризгања отпреска кућишта специјалне светиљке.

Већа разлика се појављује код два параметра, притисак и време бризгања. У оба случаја најмање вредности су добијене за полукружни попречни пресек канала.

Због његове величине растопљена пластична маса брже попуњава калупне шупљине, па је и време бризгања мање него у друга два примера.

Најмањи притисак на крају бризгања за полукружни пресек, омогућава коришћење машине слабијег капацитета што за последицу има мање трошкове производње, а краће време бризгања и хлађења обезбеђује краће време израде модела.

Најмањи број линија спајања маса код примера са полукружним разводним каналом указује на добијање најкомпактнијег отпреска.

Горе наведени резултати јасно указују да је најпогоднији пресек разводних канала полукружни.

8. МОДЕЛИРАЊЕ 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.

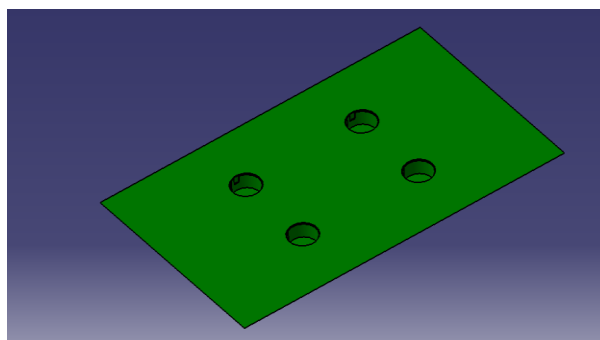
У овом случају, коефицијент скупљања за АБС са 20% св износи око 1%. Ова вредност се дефинише у оквиру *Part Desinge-a* функцијом *Scaling* (дефинише се за све три координатне осе, слика 99).



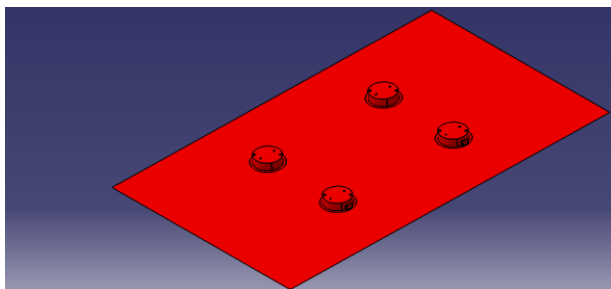
Слика 99. Дефинисање коефицијента скупљања

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 100.), а црвеном доња површ алата (слика 101.).

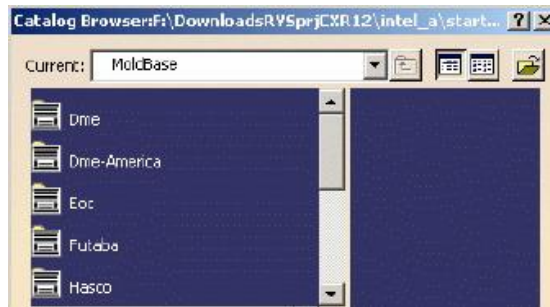


Слика 100. Горња површ алата

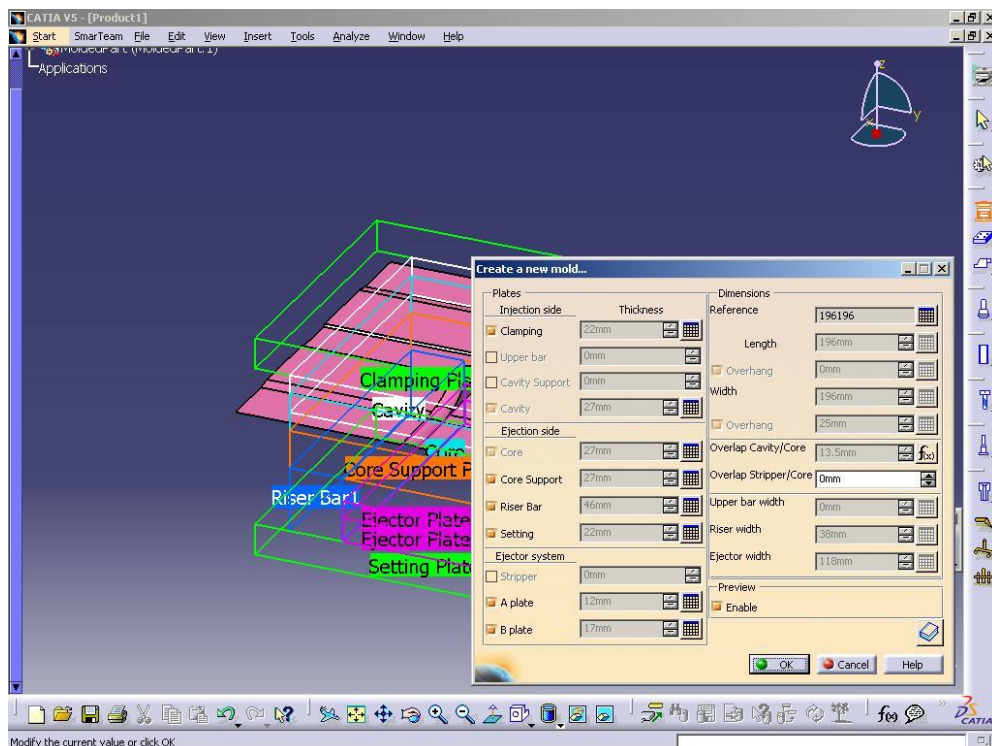


Слика 101. Доња површ алата

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 102).



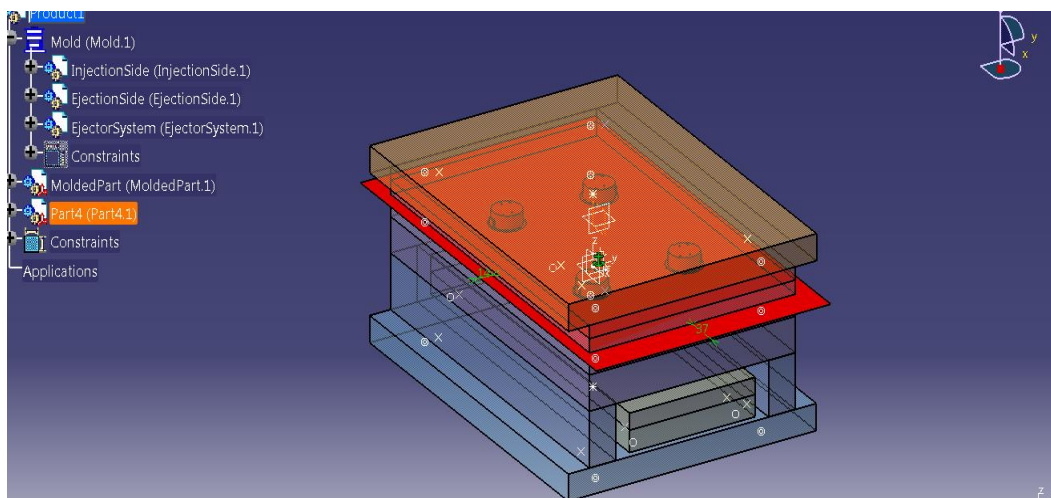
Слика 102. Избор стандардних елемената



Слика 103. Дефинисање димензија алата

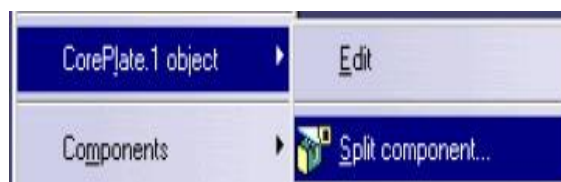
Овако генерисан алат није довољно димензионисан, па се оптимизација његових димензија врши у дијалог прозору који се активира упоредо са приказом алата (слика 103).

Након дефинисања потребног облика и димензија, добија се основни (полазни) изглед алата, (слика 104).



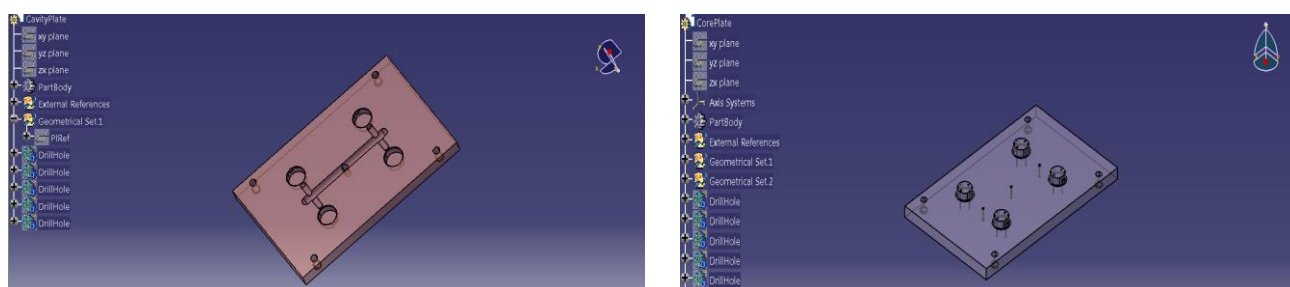
Слика 104. Изглед алата у почетној фази моделирања

У следећој фази приступа се изради калупних шупљина, користећи површински модел урађен у оквиру модула *Core & Cavity* (слика 100 ; 101.).



Слика 105. 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 106.



Слика 106. 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.

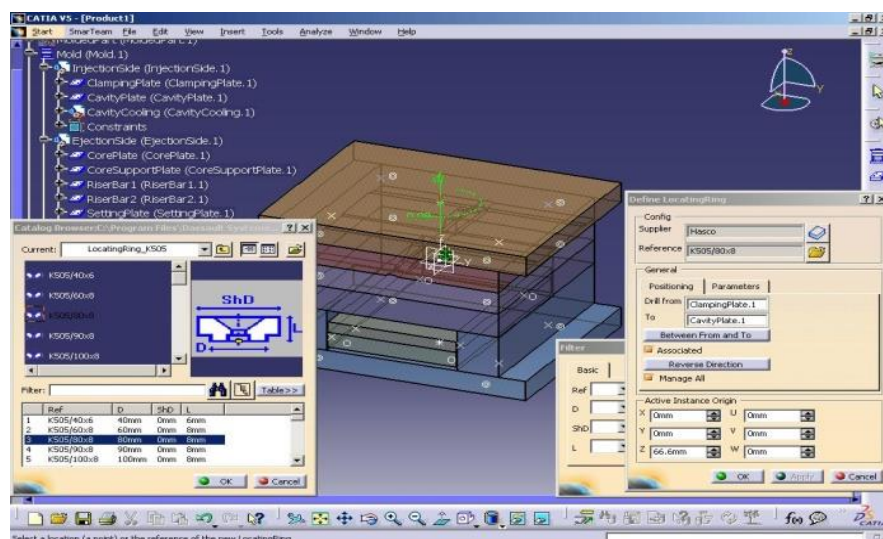
При дефинисању уливног система, САТИА пружа могућност избора потребног места, као и облика уливника (централни-директни, тунелни, бочни уливник, уливни систем са разводним каналима итд.), јер и сам квалитет производа, у највећем броју случајева, зависи од правилног дефинисање положаја уливања (слика 107).



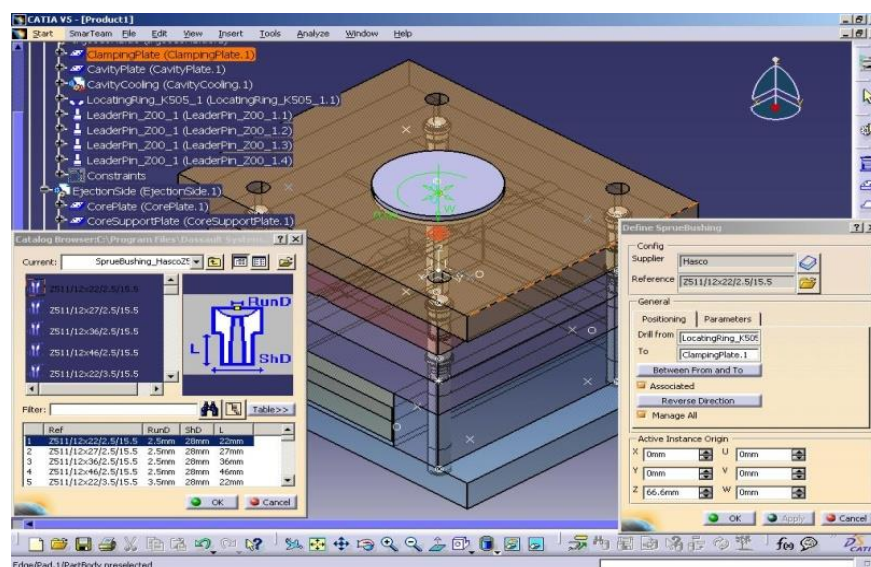
Слика 107. Врсте уливника

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 108.) , док се функцијом *Sprue Bushing* дефинише уливна чаура (слика 109.).



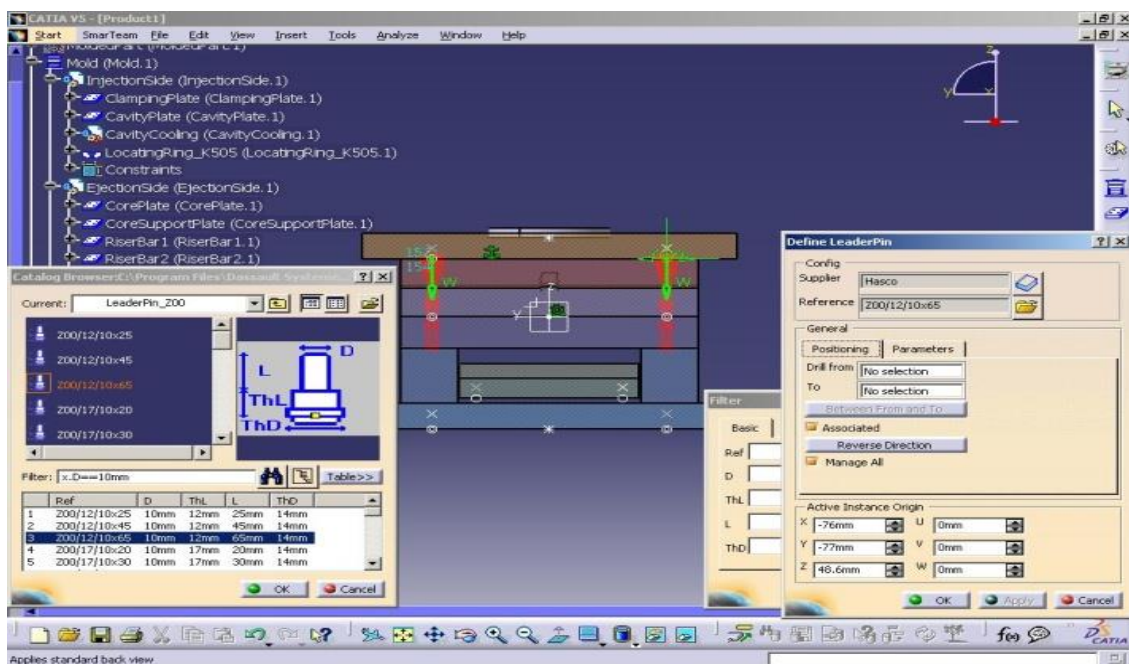
Слика 108. Избор уливног прстена (*Clamping Center*)



Слика 109. Избор уливне чауре (*Sprue Bushing*)

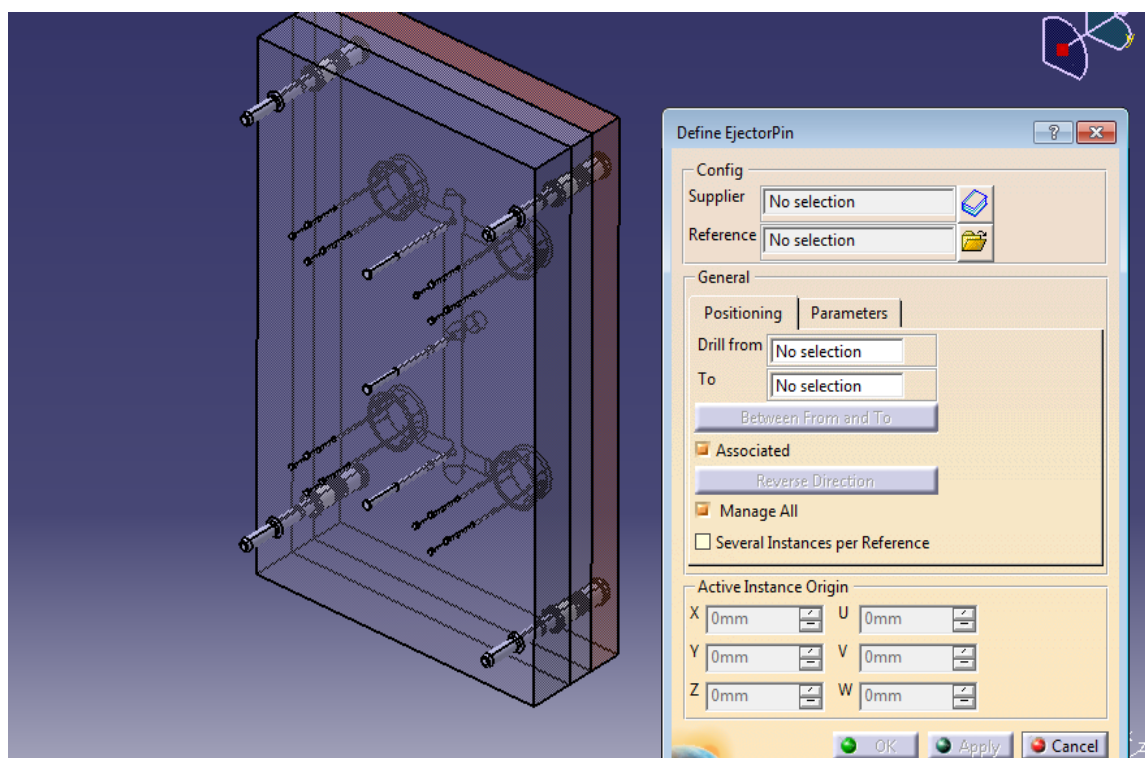
Као систем за вођење и центрирање алата користе се четири стубне вођице са чаурама и прстеновима за вођење, чији избор је олакшан базом података којом располаже САТИА.

Положај стубних вођица, САТИА 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 110).



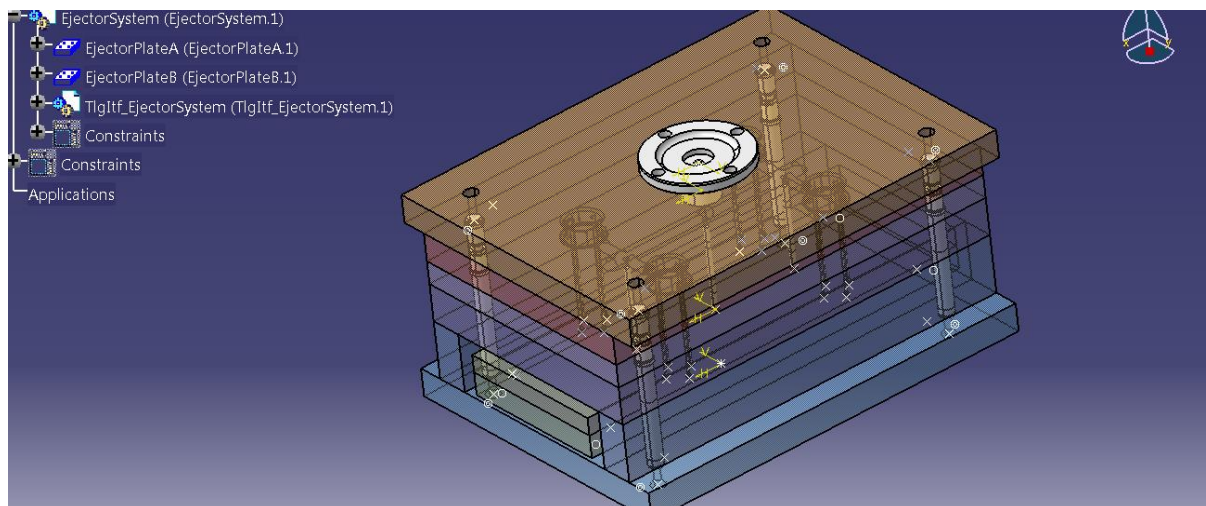
Слика 110. Дефинисање система за вођење и центрирање калупа

За конструкцију овог алата користе се игличасти избацивачи, што је приказано на слици 111. Кликом на икону *Define Ejector Pin* врши се избор, као и дефинисање положаја и димензија, избацивача.



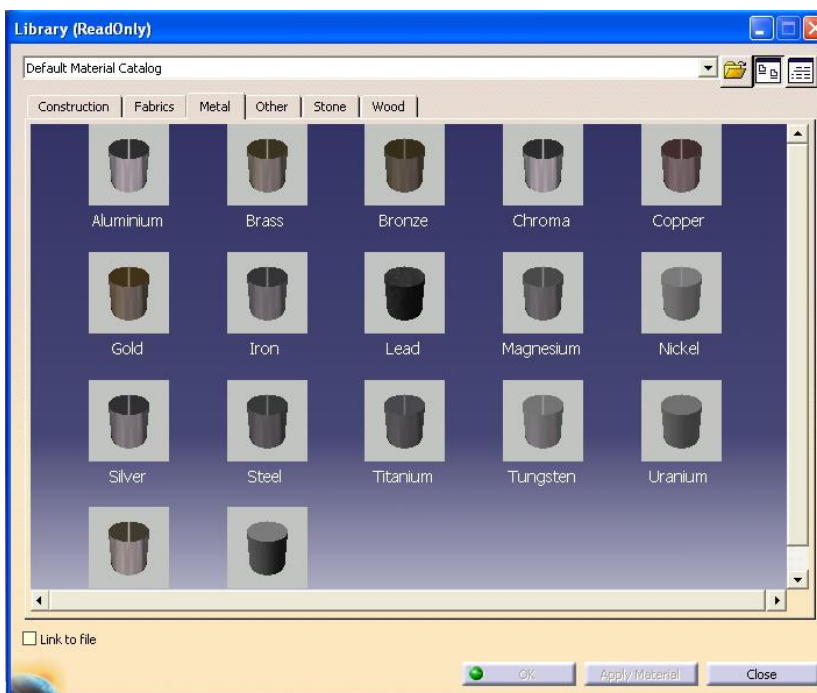
Слика 111. Дефинисање система за избацавање отпресака

На слици 112. дат је коначан изглед моделираног алата за брызгање кућишта специјалне светиљке.



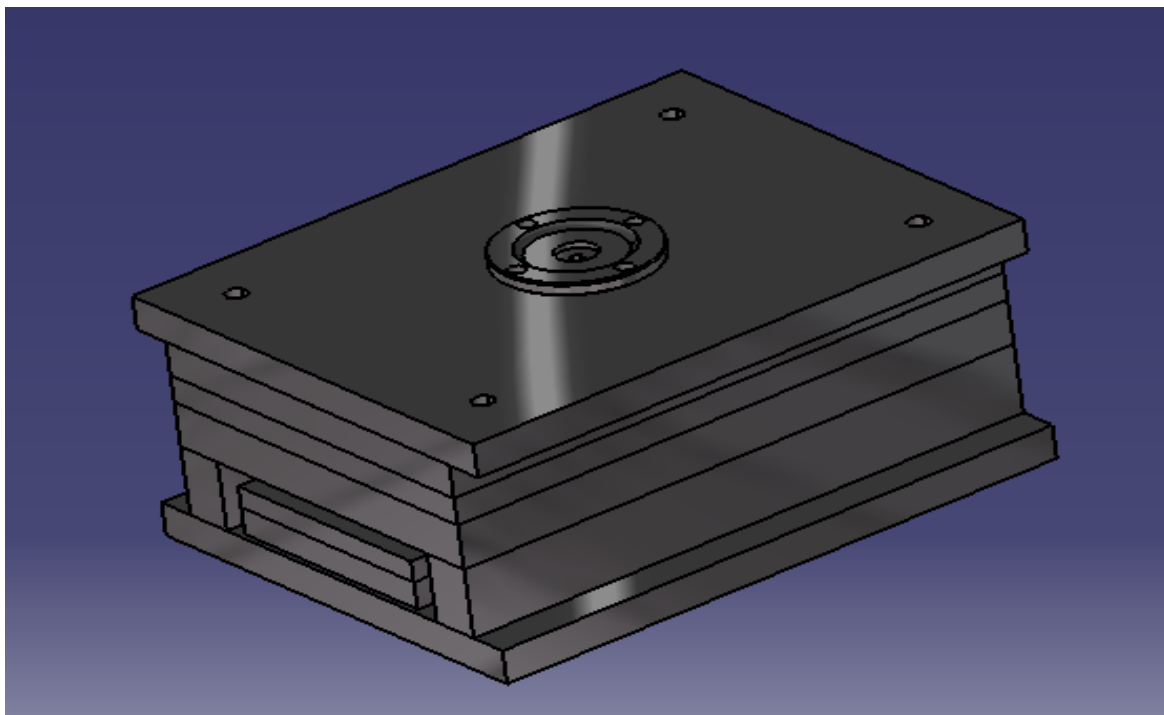
Слика 112. Модел алата

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 113).

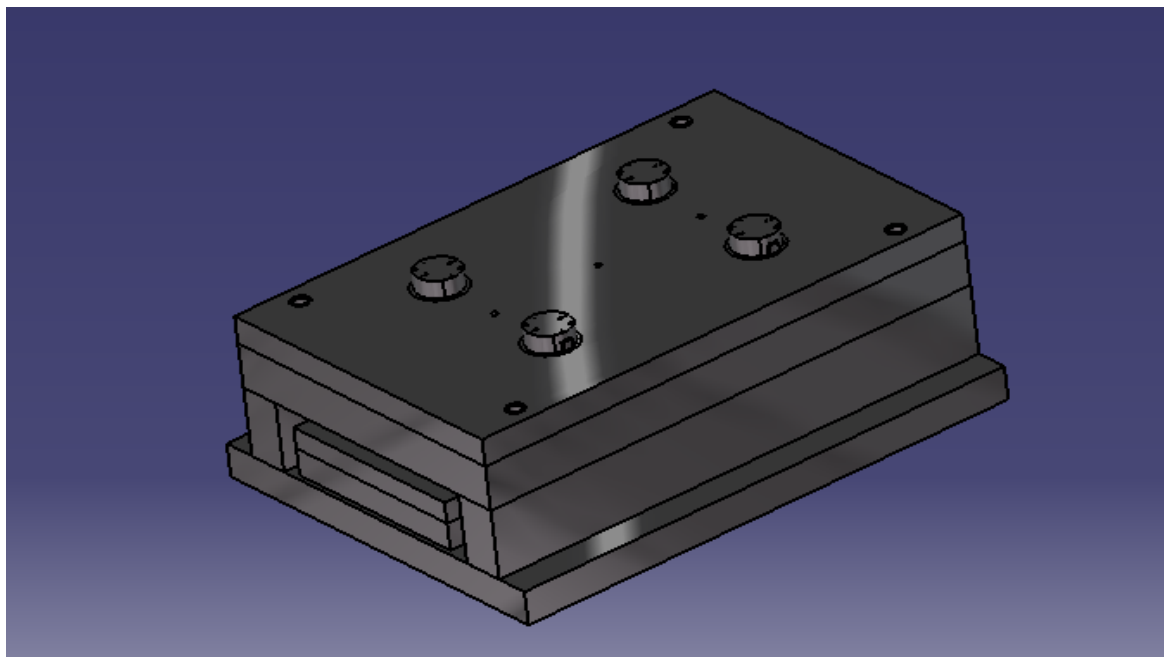


Слика 113. Врсте материјала за избор

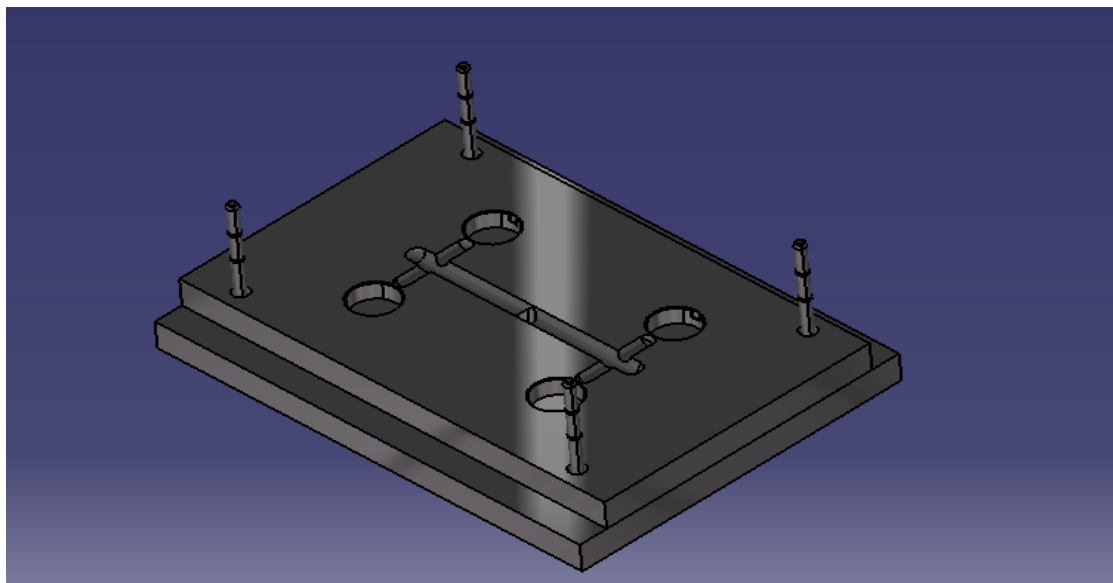
Конечан модел алата за бризгање кућишта специјалне светиљке приказан је на слици 114 .



Слика 114. Конечан изглед алата



Слика 115. Доњи део алата



Слика 116. Горњи део алата

Основни делови алата:

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

Ширина алата: 246 mm

Дужина алата: 396 mm

Висина алата: 205 mm

Належуће или клизне површине брусити (N6)

Површине у додиру са пластиком полирати (N5)

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

9. 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.

Ниво траженог квалитета и прецизности израде делова од пластичних маса стално расту као и остали захтеви тржишта. Тако да грешке и проблеми у планирању, пројектовању, производњи и контроли све се мање толеришу. У области планирања, пројектовања и производње примењују се CAD/CAM/CAE системи. То су системи код којих се управљање процесом пројектовања и производње обавља преко рачунара. Тиме се постижу побољшања у односу на примену старих принципа рада.

Значај примене симулације у пројектовању алата показан је на примеру бризгања кућишта специјалне светиљке. У оквиру рада на основу добијених резултата симулирања алата са три различита типа разводних канала (кружног, полукружног и трапезастог попречног пресека) дошло се до сазнања о брзини пуњења калупа, притиска, температуре одливка како и температуре алата, линије судара маса као и места настајања гасних мехурова. На основу добијених резултата извршено је пројектовање алата, а све то без израде физичког модела алата. На овај начин постигнута је значајна уштеда времена, новца и материјала.

На крају можемо закључити, да примена софтера за симулацију убрзава развој, анализу, развијање модела и доношења одлука о правилним решењима, која задовољавају захтеве уз минималну цену и максимални квалитет.

10. 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] http://www.rutlandplastics.co.uk/advice/moulding_machine.html, (17.09.2015)
- [7] <http://www.injectionmoldingexpertise.com/injectionmoldingequipment.html>, (17.11.2015)
- [8] <http://www.photos-public-domain.com/2011/02/24/old-plastic-bottle-cap/>, (17.10.2015)
- [9] <http://www.intechopen.com/books/computational-fluid-dynamics-technologies-andapplications/modelling-and-simulation-for-micro-injection-molding-process>, (10.9.2015)