

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Индустијско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Пословни информациони системи

Предмет: Компјутерске симулације и оптимизација процеса

Број индекса: 621/2014

Марко З. Белошевић

Примена савремених софтвера у пројектовању алата за израду делова од полимера

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доц. др Горан Бошковић - ментор
2. Проф. др Богдан Недић
3. Проф. др Небојша Јовичић

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог 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.

У посебном поглављу описати софтвере који се користе при пројектовању делова од пластичних маса, пројектовању алата и коришћењу стандарних база делова алата при пројектовању алата.

На крају рада извршити пројектовање поклопца за кутије електро инсталације аутомобилског светла од пластичне масе и алата за његову израду бризгањем.

Препоручена литература:

[1] Богдан Недић, Владислав Ђукић - Пластичне масе, скрипта, Факултет инжињерских наука, Крагујевац 2004.

[2] Мирослав Нађ, Полимерни материјали, Мултиграф, Загреб, 1991.

[3] Борислав Видаковић, Алатаи за пластичне масе, Техничка књига, Београд 1975

[4] Бошко Перошевић, Калупи за инјекционо пресовање пластомера (термопласта), Научна књига, Београд, 1995.

Крагујевац, Новембар 2016. године

ментор:

Доц. др Горан Бошковић

Abstract:

Within this master's thesis issues were considered, and then analyzes and systematization of data on types and characteristics of plastic masses were performed. The characteristics of tools for making plastic parts are described in detail. In a separate section, modern software is described together with the bases of standard parts of the tools used in designing parts from plastic masses and tool design. In the practical part of the work, the design of the cover for the boxes of the electrical installation of a car light from a plastic mass and tools for manufacture by injection is executed.

Key words: Plastic masses, injection, design tools.

Резиме:

У оквиру овог мастер рада размотрена је проблематика, а потом су извршене анализа и систематизација података о врстама и карактеристикама пластичних маса. Детаљно су описане карактеристике алата за израду делова од пластичних маса. У посебном делу описани су савремени софтвери заједно са базама стандарних делова алата који се користе при пројектовању делова од пластичних маса и пројектовању алата. У практичном делу рада извршено је пројектовање поклопца за кутије електро инсталације аутомобилског светла од пластичне масе и алата за његову израду бризгањем.

Кључне речи: Пластична маса, бризгање, пројектовање алата.

САДРЖАЈ:

1. УВОД	3
2. ВРСТЕ И КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЛИМЕРА И ПЛАСТИЧНИХ МАСА.....	5
2.1 Опште карактеристике полимера	5
2.2 Структура и особине полимера.....	8
2.2.1 Термопластични полимери	9
2.2.2 Термостабилни полимери	11
2.3 Пластичне масе.....	12
2.3.1 Пуниоци	12
2.3.2 Стабилизатори.....	12
2.3.3 Пластификатори.....	12
2.3.4 Пигменти.....	13
2.3.5 Мазива и очвршћивачи.....	13
2.4 Основна својства пластичних маса.....	13
2.4.1 Физичка својства.....	14
2.4.2 Механичка својства	14
3. ТЕХНОЛОГИЈЕ ПРЕРАДЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА.....	16
3.1 Ињекционо пресовање (бризгање)	16
3.1.1 Екструдирање	17
3.2 Пресовање	22
3.2.1 Обично пресовање	22
3.2.2 Посредно пресовање	23
3.3 Екструзионо бризгање	24
3.4 Екструзионо дување.....	24
3.5 Каландровање	25
4. ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ АЛАТА ЗА ИЗРАДУ ДЕЛОВА ОД ПЛАСТИЧНИХ МАСА.....	27
4.1 Кућиште алата	28
4.2 Уливни систем.....	29
4.2.1 Доводни канал	30

4.2.2	Разводни канал	30
4.2.3	Улазни канал	31
4.2.4	Врсте уливних система.....	32
4.3	Гравура	36
4.4	Систем за избацивање отпреска.....	37
4.5	Систем за вођење калупа	40
4.6	Елементи за хлађење (темперовање) калупа	40
4.7	Материјали за израду калупа	41
5. ПРИМЕНА САВРЕМЕНИХ СОФТВЕРА У		
ИНДУСТРИЈИ ПРЕРАДЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА		43
5.1	CAD софтвери за пројектовање и конструкцији делова од пластичних маса...	44
5.2	FreeCAD	46
5.3	SolidWorks 3D CAD	47
5.4	Autodesk Inventor	48
5.5	PTC Creo.....	49
5.6	CATIA V5.....	50
5.7	Примена стандардних делова алата у CAD софтверима.....	51
6. ПРИМЕР ПРОЈЕКТОВАЊА ПОКЛОПЦА ЗА КУТИЈЕ		
ЕЛЕКТРО ИНСТАЛАЦИЈЕ И АЛАТА ЗА ЊЕГОВУ		
ИЗРАДУ		53
6.1	Конструисање 3D модела	53
6.2	Моделирање алата за израду поклопца инсталације	57
7. ЗАКЉУЧАК.....		73
8. ЛИТЕРАТУРА.....		78

1. УВОД

Развој индустријске производње у протеклом периоду директно је сразмеран повећању разноврсности производа, а текао је у складу са развојем потреба људи.

Основна сврха производње је задовољење потреба корисника, а како би се остварили све већи захтеви корисника било је потребно пронаћи замену за традиционалне материјале. За ту сврху у индустријску производњу уводе се полимери.

То је била првобитна улога полимера, међутим данас налазе широку примену у производњи великог броја компоненти у скоро свим гранама индустрије.

Захваљујући особинама као што су: отпорност према води и великом броју хемикалија, мала специфична тежина, добре електро-изолационе особине и механичка својства, лака израда делова сложене геометрије и могућност серијске производње артикала омогућиле су веома брзо ширење подручја примене пластичних маса у скоро свим гранама привреде.

Производи с подручја авио индустрије, биотехнике, телекомуникација и информатике се не могу замислити без полимерних материјала. Управо због незаустављивог технолошког напретка пред технологије прераде полимера постављају се нови захтеви.

С обзиром да је број производа од пластике све већи, а захтеви у погледу квалитета све израженији уводе се нови софтвери.

У данашње време када је неопходно да се од идеје дође до готовог производа за веома кратак временски период, расте значај примене софтвера у индустријској производњи. Увођењем одговарајућих софтвера и њиховом применом у индустрији постиже се жељено смањење времена које је потребно да се производ појави на тржишту, а поред тога се у великој мери смањују трошкови развоја, евентуалне грешке на производу, губици у материјалу који су последица примене неадекватних поступака израде и конструкције алата којим се израђује производ и др.

Помоћу одговарајућих софтвера омогућава се лакше сагледавање могућности реалне производње и потенцијални проблеми који се могу јавити при изради новог производа. На основу анализе могу се правовремено извршити измене на конструкцији производа у циљу спречавања потенцијалних неправилности.

У другом поглављу рада су описане основне карактеристике пластичних маса, почев од структуре па све до основних својстава и поделе пластичних маса. Потом су описани поступци прераде и карактеристике одређених пластичних маса.

У трећем поглављу обухваћени су технолошки поступци прераде пластичних маса којима се од основне компоненте (полимера) добија пластична маса, односно готов производ.

У четвртном поглављу обухваћени су основни проблеми приликом пројектовања алата за бризгање пластичних маса. Поглавље обухвата: факторе који утичу на пројектовање алата, основне задатке калупа, опис основних елемената калупа,

оптимални распоред система за хлађење и избацивање, као и материјале за израду калупа.

У оквиру петог поглавља дат је преглед софтвера који се могу имплементирати у сам процес развоја новог производа од пластичних маса, као и софтвери који се користе за праћење и планирање самог процеса производње.

У шестом поглављу детаљно је описан поступак моделирања поклопца инсталације и алата за бризгање који се користи за његову израду у програмском пакету CATIA V5R18.

На крају овог мастер рада је дат закључак и преглед коришћене литературе.

2. ВРСТЕ И КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЛИМЕРА И ПЛАСТИЧНИХ МАСА

Израда предмета од пластичних маса има читав низ предности [1]:

- ниска цена коштања,
- мала густина у односу на метале (не прелази $1,5 \text{ kg/dm}^3$),
- лака израда делова, посебно производа сложене конфигурације, као и висока продуктивност при њиховој изради,
- добра диелектрична својства, због чега налазе примену као добри електро-изолатори,
- висока отпорност на киселине, растворе и друге агресивне средине,
- добра прозрачност и способност бојења,
- добра пригушујућа својства, односно висока отпорност на вибрације, због чега се користе као добри изолатори вибрација,
- добра својства апсорпције звука, односно добри су звучни изолатори,
- добре антифрикционе особине, а по потреби и добра фриктиона својства,

Недостаци пластичних маса су [1]:

- ниска чврстоћа на повишеним температурама,
- смањење чврстоће у току дуготрајног оптерећења.

2.1 Опште карактеристике полимера

Полимерни материјали се данас убрајају у најважније техничке материјале и налазе широку примену у производној индустрији.

Као што из назива произилази, ове материје се састоје из више једномолекуларних једињења - мономера (од грчке речи моно = један и мерос = део). Мономери се могу наћи у сва три агрегатна стања: чврстом, течном или гасовитом.

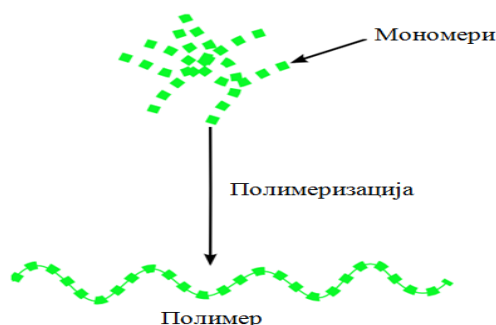
Једномолекуларна једињења - мономери имају својство да се под одређеним условима (одговарајућа температура и притисак) у присуству катализатора спајају у макромолекуларна једињења која се називају полимери [1].

Кад се каже да су молекули "полимеризовани" то значи да су међусобно повезани у макромолекуле (велике молекуле).

У општем случају полимери имају аморфну структуру, односно имају неправилан распоред честица.

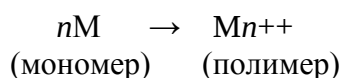
Полимери спадају у категорију високомолекуларних једињења са молекулима који се састоје од пар стотина па чак и до неколико хиљада атома који су између себе спојени валентним везама. Овакви молекули се сходно својој великој структури називају макромолекулима и они се најчешће састоје од великог броја структуралних јединица које се многоструко понављају.

Повезивањем великог броја мономерних јединица у дуге молекулне ланце добија се полимер како је приказано на слици.



Слика 2.1: Шематски приказ добијања полимера

Полимеризација представља реакцију добијања полимера из одговарајућих мономера, тако да у општем случају важи релација:



Величина " n " у овој релацији је степен полимеризације.

У процесу синтезе полимера, због сразмерно великог степена полимеризације " n ", није могуће добити све потпуно једнаке макромолекуле. 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 битно се разликују од својстава компонената (мономера) или од својстава њихове смеше.

Најједноставнија подела полимера је на:

- природне полимере и
- синтетичке (вештачке) полимере.

Поседују мању или већу тврдоћу, лепљивост, омекшавају на вишим температурама и имају одређен степен порозности. Веома наличе на природне материјале за који се уопштено називају "смолама" (битумен, восак, природни каучук, ћилибар...).

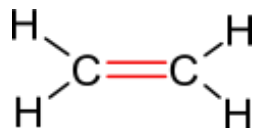
Природни полимери потичу из биљног и животињског света, а поседују једну веома битну особину, а то је биоразградивост.

Најпознатији природни полимери су:

- беланчевине,
- целулоза,
- ДНК,
- скроб,
- каучук,
- једињења у облику силицијум диоксида и други.

Синтетички полимери се вештачки изводе, а најпознатији међу њима су:

- полиетилен (ПЕ),
- поливинилхлорид (ПВЦ),
- тефлон и други.



Слика 2.2. - Етен; мономер за припрему полиетилена.

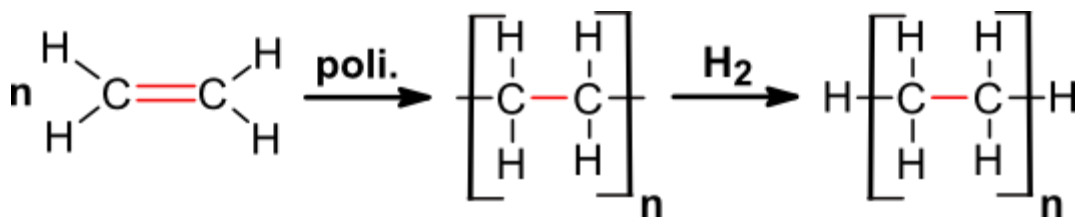
Табела 1. Вештачке материје

Вештачке материје							
Модификоване природне материје		Синтетичке материје					
		Поликондезати		Полимеризати		Полиадукти	
Дуроласти	Термоласти	Дуроласти	Термоласти	Дуроласти	Термоласти	Дуроласти	Термоласти
Казеинске пластичне масе	Целулозни нитрат Целулозни ацетат Целулозни етобутират	Феноласти Аминоласти (уреа и меламинске) Силикони	Линеарни засићени полиестри Полиамиди Поликарбонати	Умрежени незасићени полиестри	Полиетилен Полипропилен Поливинилхлорид (PVC) Полиметакрилати Полистирол Полиацетали Полифлуоркарбонски	Епоксиди Умрежени полиуретани	Линеарни полиуретани

Синтетички полимери се добијају синтезом нискомолекуларних једињења (мономера), а основне методе су:

- полимеризација,
- поликондензација и
- полиадиција.

Полимери су сложене органске супстанце које се добијају хемијском синтезом једномолекуларних једињења који се називају мономери. Овакав процес односно врста хемијске синтезе назива се **полимеризација**.



Слика 2.3. - Поступак добијања полимера (реакција полимеризације)

Процес повезивања два или више молекула уз ослобађање споредних продуката назива се **поликондензација**. Најчешћи продукти који се ослобађају приликом поликондензације су HN_3 , H_2O , алкохол и др. Вишемолекуларни поликондезати имају разгранату или умрежену структуру, при чему се од полазне супстенце разликују по особинама и хемијском саставу.

Полиадиција је као метода добијања полимера прелаз између полимеризације и поликондензације. Реакција спајања мономера у макромолекуларна једињења при чему не долази до издвајања споредних продуката назива се **полиадиција**. Резултат ове методе су полимери који су по структури слични поликондезатима..

2.2 Структура и особине полимера

У зависности од типа материјала и карактеристика разликују се следеће врсте полимера:

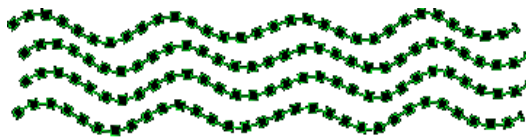
- термопласти (такође називани пластомери),
- еластомери,
- дуромери.

Ове врсте полимера се једна од друге разликују по тврдоћи и еластичности материјала. Те разлике се могу јасно уочити у термопластима (пластомерима).

Термопласти су полимери који приликом загревања, односно на вишим температурама прелазе у течно агрегатно стање па се због те своје особине могу формирати трансформацијом или прскањем. Овакви типови синтетичких полимера се могу рециклирати што је јако битна одлика због очувања животне средине.

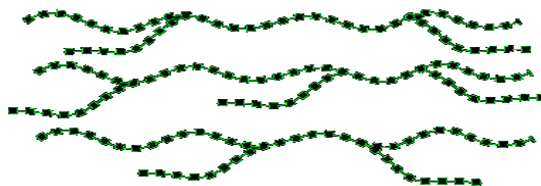
Структура термопласта може бити:

- Линеарна структура– дуги и структурирани полимерни ланци:



Слика 2.1 - Линеарна структура полимера

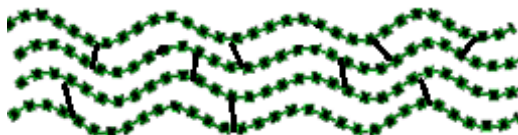
- Разграната структура - полимерни ланац изгледа као грана дрвета:



Слика 2.2 - Разграната структуру полимера

Ова типологија полимера обухвата:

- поливинилхлорид (ПВЦ),
- полиетилен (ПЕ),
- полистирен (ПС),
- полиамид (ПА),
- политетрафлуоретилен (ПТФЕ - тефлон).



Слика 2.3 - Међусобна веза полимерних ланаца код еластомера.

Према особинама које испољавају када су изложени високим температурама полимери се деле на:

- термопластичне и
- термостабилне.

2.2.1 Термопластични полимери

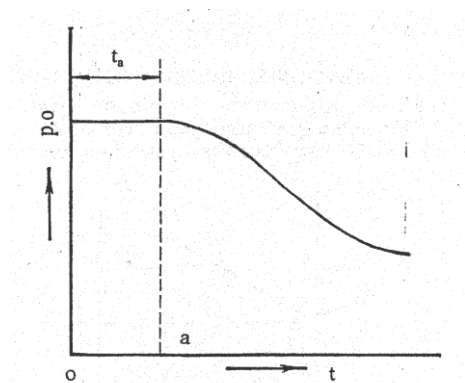
Термопластични полимери су они који омекшавају приликом загревања, а уколико се температура додатно повећа долази и до топљења ових полимера. Услед поновног хлађења очвршћавају при чему задржавају основне особине. Овај поступак омекшавања и очвршћавања могуће је вишеструко поновити без опасности да ће доћи до промене техничких карактеристика полимера. Позитивне карактеристике термопластичних полимера су: мала специфична маса од 1000 до 1200 kg/m³, ниска топлотна проводљивост и висока хемијска отпорност.

Што се тиче негативних особина термопластични полимери су: непостојани на вишим температурама, ниско еластични односно крути на нижим температурама, подложни старењу итд.

Што се тиче термопластичних полимера међу најпознатијим су:

- полиетилен,
- поливинилхлорид,
- полистирол,
- полиамиди,
- полиметилметакрилат,
- поливинилацетат,
- полиизобутилен и др.

За аморфне и за делимично кристалне термопласте разликује се температурни режим прераде. Код аморфних промена облика директно зависи од температуре што се може приказати следећим дијаграмом:



p.o - постојаност облика,

t - температура,

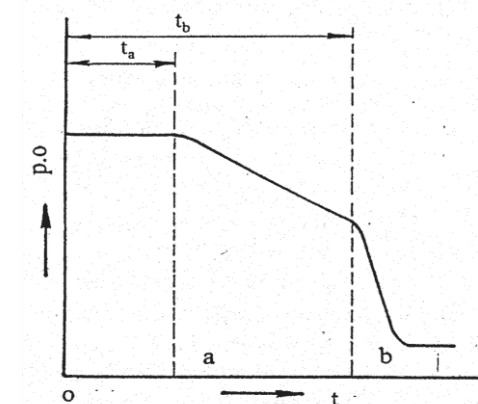
0 до **a** – тврдо,

a – почетак омекшавања,

десно од **a** – расте могућност промене облика.

Слика 2.7: Могућност прераде аморфних термопласта [6]

Услед наглог хлађења код делимично кристалних термопласта долази до „замрзавања“, односно нагле кристализације утиче на особине готовог производа.



p.o - постојаност облика,

t - температура,

0 до **a** – тврдо,

a – почетак омекшавања аморфног дела,

b – температура топлеења кристала

Слика 2.8: Прерада делимично кристалних термопласта [6]

2.2.2 Термостабилни полимери

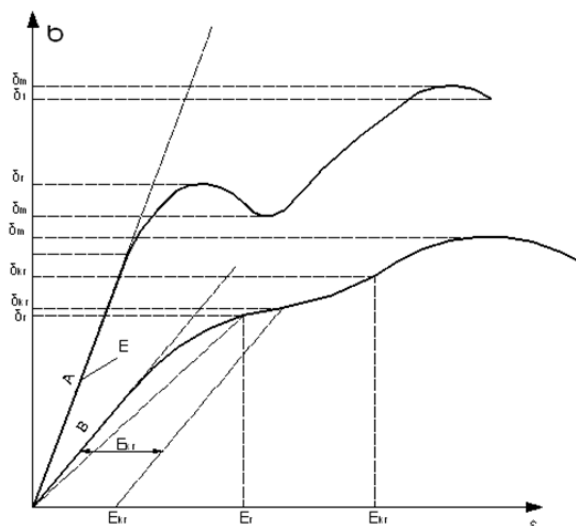
Термостабилни полимери су полимери чија је основна особина стабилност на вишим температурама. Међутим приликом загревања могу само једном да омекшају односно да пређу у пластично стање. На вишим температурама погодни су за обраду деформацијом, али на веома високим температурама сагоревају.

У познатије термостабилне полимере спадају:

- фенолалдехиди,
- епоксиди,
- полиестери,
- полиуретани,
- силицијум-органски полимери (силикони) и др.

Како би се користили у индустрији (грађевинарству и рударству) полимери се предходно испитују на температурама које одговарају опсегу чврстог стања, а то су најчешће радне температуре које су од -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

Сходно повећању температуре, долази до опадања чврстоће и опадања модула еластичности полимера, али тада долази до повећања жилавости. Крива σ - ϵ (напрезање-издужење) термостабилних полимера углавном карактерише монотоност. Скупљање полимера запажа се само током процеса њиховог добијања, док у даљем временском периоду показују стабилност.



Слика 2.9. – Крива напрезање-издужење [6]

Полимери који се добијају полимеризацијом засићених и незасићених угљоводоника најчешће се производе у виду гранула, прашкастом или течном стању.

Полимери се у индустрији користе за производњу пластичних маса, термоизолационих и хидроизолационих материјала, стиропора, разних лепила, емајла, лакова, везивних средстава итд.

2.3 Пластичне масе

Како полимери имају високу цену коштања, врло се ретко користе у пракси, већ се врши модификација њихових својстава и тиме добија широк спектар производа односно материјала који се уопштено називају пластичне масе.

У састав пластичних маса поред везива као основног састојка (полимерне супстанце) улазе следеће додатне супстанце:

- пуниоци,
- стабилизатори
- пластификатори,
- пигменти (за боју),
- мазива и очвршћивачи.

Код пластичних маса највећи део чине пуниоци (80-90%), док су остатак полимери односно свега 10 до 20%. Због тога пластичне масе имају ниску цену производње.

2.3.1 Пуниоци

Пуниоци су хемијске супстанце које утичу на техничка својства, а додају се у циљу постизања побољшања особина пластичних маса и то: побољшавају механичка својства (смањују деформабилност и скупљање), повећавају термичке особине отпорност на повишеним температурама, отпорности на хабање, а смањују горивост итд.

У односу на облик, пуниоци могу бити:

- Прашкasti (графит, метални прах, чађ, дрвено и камено брашно, кварцни песак, креда, талк и др.),
- Влакнасти (металне жице и влакна: азбестна, стаклена, памучна, синтетичка),
- Лиснати (хартија, металне мреже или фолије, дрвени фурнир, тканине: синтетичке, стакласте, памучне).

Влакнасти и листаста пуниоци имају арматурну функцију у материјалу и значајно повећавају затезну и чврстоћу на увијање, отпорност на спољашње (атмосферске) утицаје итд.

2.3.2 Стабилизатори

Стабилизатори су супстанце које се додају пластичним масама како би се обезбедила трајност полимерних хемијских једињења под утицајем спољашњих чинилаца као што су температура, зрачење (видљиво или ултраљубичасто) и сл.

2.3.3 Пластификатори

Пластификатори односно омекшивачи су органска једињења која су хемијски активна, а додају се пластичним масама са циљем повећања пластичности на нормалним (радним) температурама. Додавањем пластификатора врши се „растварање“ полимера чиме се изазива промена њихових физичко-хемијских својстава (на рачун затезне чврстоће и тврдоће повећава се еластичност). Пластификатори се додају у великим количинама како би се олакшала прерада пластичних маса, снижавањем температуре

преласка полимера у високопластично стање. Садржај пластификатора у односу на масу полимера може да износи и до 50% пластичне масе.

2.3.4 Пигменти

Пигменти или органске боје се пластичним масама додају само како би производ имао жељену боју и у суштини немају утицај на физичке особине.

2.3.5 Мазива и очвршћивачи

Приликом прераде вештачких материјала и утицаја повишених температура маса постаје термопластична, вискозна и жилава, па у тој фази долази до развлачења или лепљења пластичне масе по површини за обраду што се посебно испољава при каландровању и ваљању.

Да би се то спречило и олакшала прерада пластичне масе додају се средства за подмазивање (воскови, земноалкалне соли, вишемасне киселине). Основни задатак средстава за подмазивање је да не погоршавају механичке особине производа, да буду отпорна на температуру и да буду постојане на светлости. Средства за подмазивање користе се још и за подмазивање калупа како би се лакше одвајао изливени производ из калупа. Очвршћивачи (катализатори) су хемијске супстанце којима се време очвршћавања пластичне масе вишеструко смањује

2.4 Основна својства пластичних маса

Основна својства пластичних маса зависе највише од степена полимеризације и од молекуларне структуре полимера, а потпм од количине, квалитета, врсте и облика пунила и од других додатака.

При избору пластичних маса треба размотрити да ли наведени материјал поседује следеће карактеристике, која су у коначној примени од пресудне важности, а то су:

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

Поред ових карактеристика, које изабрани материјал треба да испуни, потребно је познавати и основне карактеристике односно својства пластичних маса.

Основна својства пластичних маса су:

- физичка,
- механичка,
- термичка и
- електрична.

2.4.1 Физичка својства

Физичка својства пластичних маса су:

- густина,
- масени проток (флуидност) и
- способност упијања воде.

Густина као једно од својстава пластичних маса првенствено зависи хемијског састава, а затим од количине пунила и пластификатора. По дефиницији густина је тежина јединице запремине (g/cm^3). Пластичне масе поседују густину од 0,9 до 1,4 g/cm^3 , а у изузетним случајевима до 2,4 g/cm^3 , што је знатно мање него густина неорганских материја и метала. Управо је мала густина велика предност пластичних маса, посебно када се захтева што мања тежина предмета.

Масени проток се другачије назива и индекс флуидности, претставља брзину истискивања термопластичне масе, у растопљеном стању, кроз отвор одређеног попречног пресека, при условима околине, у року од 10 минута. Мера за индекс флуидности је количина пластичне масе у $\text{g}/10$ минута.

Способност упијања воде је скупљање пластичне масе услед губитка влаге, због пластификатора или смањења напрезања насталих у материјалу за време прераде. Ово скупљање за последицу има кривљење предмета. Доказано је да су материјали који апсорбују веће количине воде нестабилни, да имају лоше диелектричке особине и да се тешко прерађују. Испитивање способности пластичних маса на упијања воде изводи се на кондиционираним епруветама на температури 50 °C периоду од 24 часа.

2.4.2 Механичка својства

У механичка својства пластичних маса убрајају се:

- тврдоћа,
- затезна чврстоћа,
- чврстоћа на савијање,
- чврстоћа на притисак,
- отпорност на удар,
- динамичка чврстоћа и
- трење.

Тврдоћа

Тврдоћа је отпорност материјала према продирању другог тела. Бринелова метода се најчешће користи за одређивање тврдоће пластичних маса. По Брнелу: „Мерило тврдоће је количник силе која делује на утискивач облика куглице и површине калоте

отиска који је оставио утискивач на испитивану површину “. Поред ове методе тврдоћу можемо одредити и помоћу Викерс, Роквел и Шор методе.

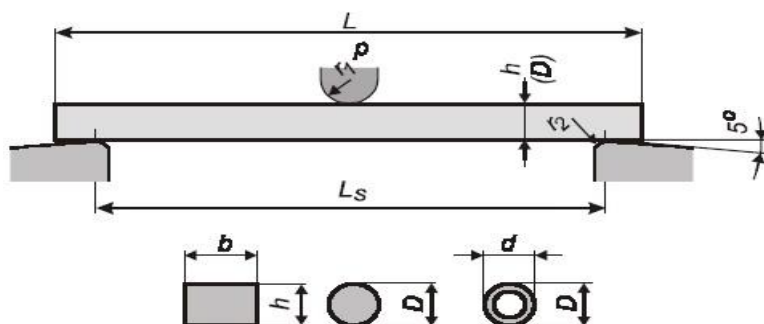
Затезна чврстоћа

Затезна чврстоћа је отпорност материјала на деформацију која настаје истезањем тј. деловањем сила истог правца а супротног смера правцем уздужне осе тела. У том случају долази до појаве попречне контракције и уздужне дилатације. Најбољи показатељ чврстоће пластичних маса је чврстоћа на затезање и представља максималан напон у тренутку прекида епрувете која се испитује. **Затезна чврстоћа** је количник максималне силе кидања F и попречног пресека испитиване епрувете A_0 у тренутку прекидања: $R_m = F/A_0$ daN/cm².

Чврстоћа на савијање

Деформација материјала савијањем настаје када је предмет учвршћен на једном, а оптерећен на другом крају односно када су учвршћена оба краја, а оптерећење делује на средини.

Савојна чврстоћа представља максимални напон настао у тренутку лома приликом савијања и резултат је количника момента савијања (M) и отпорног момента пресека (W): $R_b = M/W$, daN/cm², где је $W = (b \cdot h^2)/6$ отпорни момент попречног пресека у [cm³], $M = P \cdot (l_s/4)$ момент савијања у [daN/cm] где су: P - сила притиска, (daN) l_s - растојање између ослонаца, (cm), b - ширина епрувете, (cm), h - дебљина епрувете [cm].



Слика 2.4 - Испитивање савијањем [1]

Чврстоћа на притисак

При испитивању чврстоће на притисак епрувета се поставља међу две плоче, где је једна фиксирана, а друга покретна. Померањем покретне плоче оптерећује се испитивана епрувета до појаве деформације. Чврстоћа на притисак претставља највећи напон у тренутку лома епрувете: $R_c = F/A_0$, daN/cm².

3. ТЕХНОЛОГИЈЕ ПРЕРАДЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА

Под технологијом прераде пластичних маса подразумевају се сви технолошки поступци којима се од основне компоненте (полимера) добија пластична маса или готов производ. Избор поступка прераде пластичних маса зависи од врсте и састава полимера.

Технолошки поступци прераде деле се према техници рада:

- Прерада без употребе притиска: ливење, уроњавање, премазивање, импрегнирање, синтеровање...
- Прерада са употребом притиска и истовремено довођење или одвођење топлоте: пресовање, ливење под притиском, екструзија, ваљање, савијање, утискивање, дубоко извлачење...[2]

Пластичне масе је могуће прерађивати када се савладају силе између молекула. Велики молекули (макромолекули) са гушћим распоредом имају и веће силе које делују између њих.

Приликом загревања и утицаја температуре, међумолекулске силе слабе и долази до преласка полимера у течно агрегатно стање, али ако се ради о дуропластима, тада се промена облика остварује само механичком прерадом. Вредност температуре и притиска зависе од физичко-хемијских особина пластичних маса.

Пластика или пластичне масе су материјали који могу да се обликују док су под утицајем топлоте и притиска, а после хлађења задржавају облик.

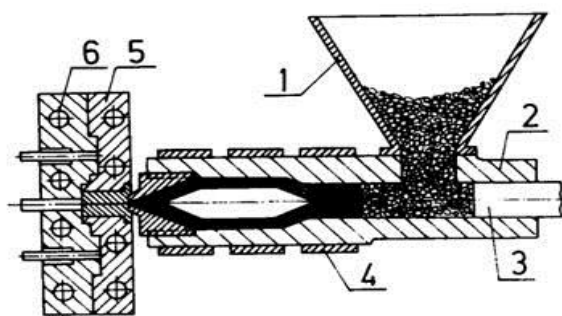
Полимери се од сировина прерађују у полуфабрикате у облику праха, зрнаца, гранула, љуспица или смоле, а потом се врши прерада у готове производе помоћу следећих процеса обраде: истискивањем (екструзијом), пресовањем, убризгавањем, каландровањем, натапањем и бројним методама резања и спајања.

3.1 Ињекционо пресовање (бризгање)

Ињекционо пресовање (бризгање) се врши одговарајућим алатима односно специјалним машинама за пресовање и са економског аспекта је најзначајнији поступак прераде пластомера. Овај поступак има велику предност јер је економски исплатив и код мањих серија од само пар хиљада комада.

Предности овог поступка су:

- производња делова сложене конструкције,
- тачност димензија и облика предмета,
- брза производња великих серија,
- висок степен искоришћења материјала,
- производ са чистом и глатком површином у било којој боји,
- велике могућности дораде, обраде и оплемењивања површина и
- мањи простор потребан за процес убризгавања.



Слика 3.1- Шема поступка убризгавања пластичних маса [3]

1- левак, 2- цилиндар, 3- клип, 4- грејач, 5- калуп, 6- хлађење

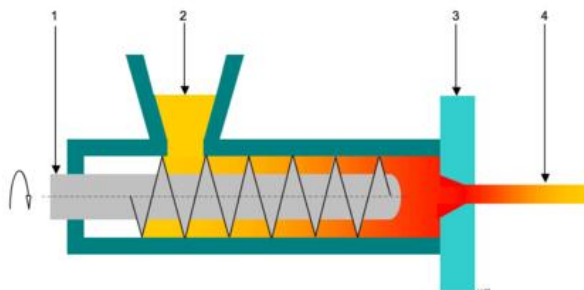
Поступак убризгавања пластичних маса се примењује за пресовање термопласта и дуропласта.

Процес ливења под притиском се састоји из следећих фаза:

1. фаза сипања материјал за пресовање у левак (бункер) машине одакле се помоћу дозера доводи у цилиндар и ту се загрева грејачима посебне врсте,
2. потом се растопљени материјал под притиском клипа (пужног ваљка) убризгава кроз брызгалку машине, уливну чауру и уливне канале у калупну шупљину алата. Током ове фазе алат је затворен специјалним механизмом јер је притисак прилично висок и достиже вредности до 2000 бара.
3. Хлађењем алата хлади се и материјал у њему и после неког времена алат се отвара, а готов производ избацује се из њега.

3.1.1 Екструдирање

Екструдирање или истискивање, примењује се за прераду пластичних маса на посебним машинама – екструдерима (слика 3.2). Маса за прераду се сипа кроз левак у цилиндар, захвата пужем и услед топлоте се стапа, односно она се гура према глави која у себи садрже сита кроз која се истискује пластична маса. На овај начин израђују се цеви, траке, профили.



1. пуж; 2. левак; 3. цилиндар; 4. пластична маса

Слика 3.2 - Шема поступка екструдирања пластичних маса [19]

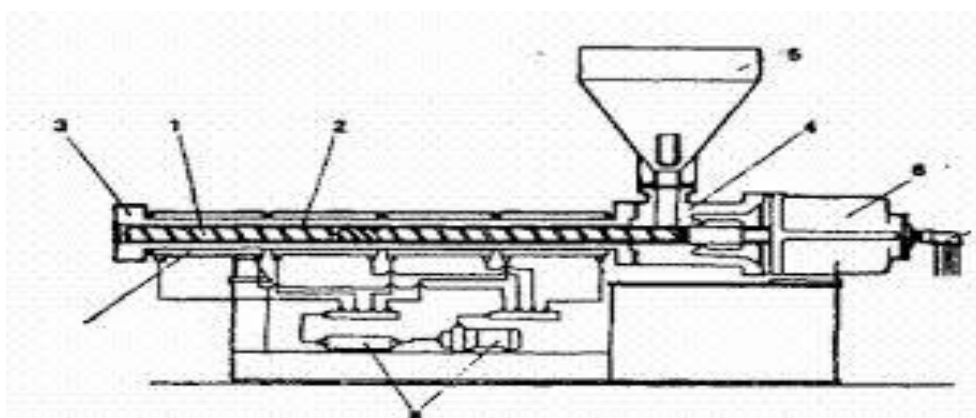
На једној машини се променом главе екструдера могу израђивати различити облици производа од пластичних маса. Основни параметри у процесу израде су температура и брзина кретања пужа која је директно зависна од врсте пластичне масе.

Производња финалних елемената екструзијом може да се изврши различитим поступцима. У зависности од врсте елемената, материјала и обима производње процеси производње су:

- производња фолија и филмова поступком екструдирања (технологија дувања),
- производња фолија ливењем,
- облагање подлога и производња ламинарних фолија,
- производња дуваних шупљих тела екструдирањем,
- екструдирање влакана, филамената и мрежа,
- екструдирање цеви, профила и плоча и
- облагање жица за електричне инсталације екструдирањем. [2]

Екструзионо бризгање је поступак прераде термопласта убризгавањем растопа у загрејану калупну шупљину и накнадно очвршћавање у жељени облик производа.

Предности овог поступка прераде су: уштеда материјала, краће време израде и мање потребе за простором за одвијање процеса производње.



Слика 3.3 - Једнопужни екструдер

- 1 - пуж, 2 - цилиндар, 3 - спојница за спајање са алатом, 4 - водено хлађење,
5 - левак, 6 - погон екструдера, 7 - темперирање пужа, 8 - систем за хлађење
цилиндра,
9 - грејни елементи за грејање цилиндра [2]

Кроз левак у отвор цилиндра допрема се гранулат пластомера потом пуж екструдера захвата грануле и транспортује их ка загрејаном делу цилиндра, где термопласт прелази у растопљено стање. Кроз млазницу која је на крају цилиндра истискује се растоп под притиском и попуњава калупну шупљину.

Након попуњавања калупне шупљине делује притисак који врши компензацију контракција производа при хлађењу. По завршеном хлађењу, калуп се отвара и избацује се готов производ.

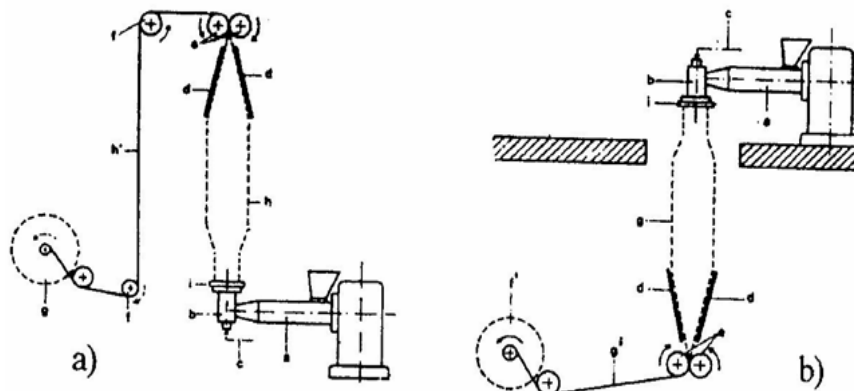
Делови добијени поступком екструдирања приказани су на слици:



Слика 3.4 - Пластични делови добијени екструдирањем [20]

3.1.1.1 Производња фолија и филмова поступком екструдирања (технологија дубања)

Растопљена маса екструдира се кроз прстенасти алат потискује, и формира се црево одређеног пречника и дебљине зида. Црево се споља хлади ваздухом у правцу кретања црева, врши се стабилизација димензија, чиме се спречава лепљење фолије при њеном намотавању. [2]



Слика 3.5 - Екструдирање дуваних фолија [2]

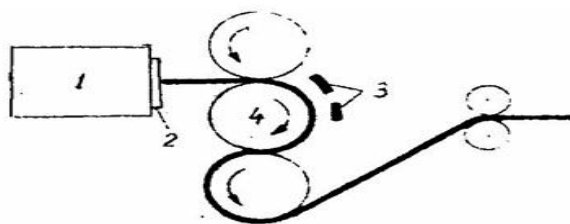
3.1.1.2 Производња фолија ливењем

Ливење се првенствено користи за производњу фолија од термопласта са ниским вискозитетом растопљене масе (полиетилен ниске густине, полипропилен, полиамид, целулозни ацетат и поликарбонат). У екструдеру припремљена маса кроз сито пролази у широку млазницу, након чега се у темперираним купатилу (40-50°C) хлади и затим преко ваљака се цеди вода и филм (или фолија) се упућују на опкрајање и намотавање. [2]

Регулација количине која излази и дебљине фолије врши се помоћу тзв. “усана”. Постоје три основне конструкције млазница:

- широка млазница са могућношћу регулације обе “усне”,
- само једна “усна” је покретна, а друга је непокретна, као на слици 9. и
- покретна “усна” је и флексибилна, што омогућује тачно регулисање размака.

Често овим поступком добијене фолије, као на пример у случају полистирола, не задовољавају услове у погледу високог сјаја. Најбоље резултате даје загревање екструдиране фолије помоћу инфрацрвеног грејача, постављеног између широке млазнице и каландера, према шеми,



Слика 3.6 - Извлачење фолија високог сјаја [2]

1-екструдер; 2-широка млазница; 3-инфрацрвени грејач; 4-каландер за пеглање и хлађење

Предности и мане поступка ливења широким млазницама у односу на поступак производње фолија дувањем су:

Предности:

- обезбеђено је интензивно хлађење фолија и спречавање лепљења,
- омогућена је континуирана контрола дебљине фолије,
- олакшано је намотавање фолија, без набора,
- омогућена је већа продуктивност итд.

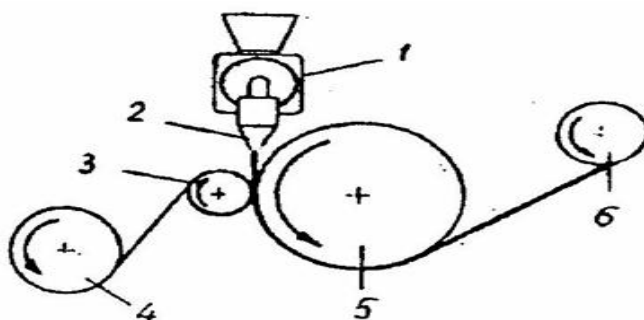
Недостаци:

- максимална ширина фолије ограничена је на 3 м, док је код поступка дувањем могуће постићи ширину до 12 м,
- механичке особине фолије слабије су од фолија добијених поступком дувања,
- за производњу кеса знатно су погодније фолије добијене дувањем. [2]

3.1.1.3 Облагање подлога и производња ламинарних фолија

Овим поступком се врши оплемењивање разних подлога, најчешће папира у смислу побољшања њихових особина и постизања нових особина: еластичност, отпорност на хабање, постојаност према води, мастима и уљима, хемикалијама, а у специјалним случајевима и постизање непропустљивости за гасове и ароме, као и постизање естетског изгледа. [2]

Најраширенија и најмасовнија техника је екструзионо облагање папира и картона полиетиленом. Поступак се састоји у пластификацији вештачке материје и њеној екструзији, помоћу широке пласматичне млазнице,



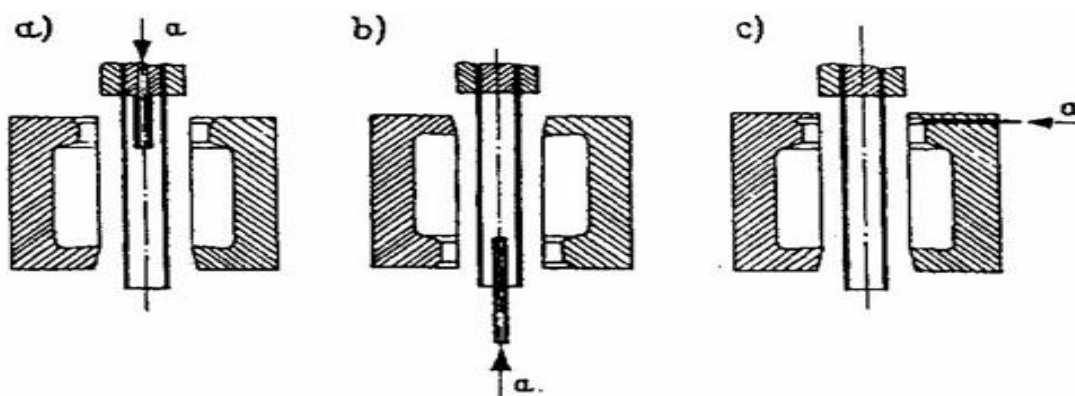
Слика 3.7 - Облагање подлога помоћу екструдера са широком млазницом [2]

1-екструдер; 2-широка млазница; 3-ваљак притискач; 4-одмотавање; 5-хлађење; 6-намотавање

3.1.1.4 Производња дуваних шупљих тела екструдирањем

У екструдеру за ливење *plastomer* се загрева и доводи у течност стање, а затим се коленастом главом бризга у облику црева вертикално ка доле. Након хлађења алат се отвара и готов производ се вади из алата.

Постоје три могућности за удубљивање ваздуха: аксијално – одозго, са стране и аксијално – одоздо, Слика 14.



Слика 14. Довођење ваздуха [2]

а-аксијално одозго; б-аксијално одоздо; в-са стране

3.2 Пресовање

Делови од пластичних маса се израђују пресовањем помоћу алата (калупа) за пресовање који имају једно или више испрофилисаних шупљина са одговарајућом контуром облика дела. Удубљења алата испуњавају се пластичном масом и изводи се обликовање дела, под дејством топлоте и притиска.

Основни поступци израде делова од пластичних маса у алатима за пресовање су:

- компресионо пресовање (обично),
- посредно пресовање и
- ињекционо пресовање (пресовање бризгањем и ливење под притиском). [2]

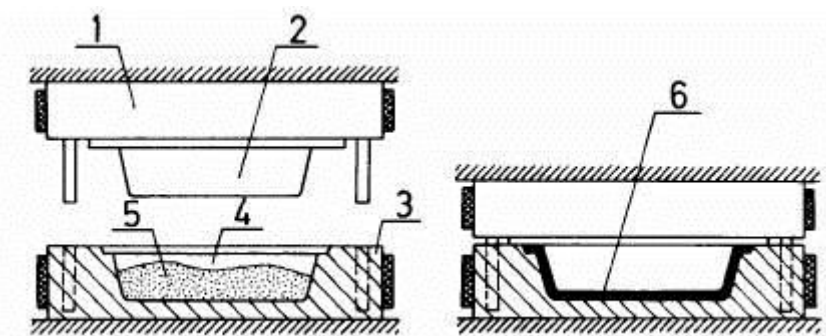
Прва два начина пресовања претежно се примењују код израде делова од термореактивних пластичних маса (тзв. дуропласта који се не могу топити), док се ливењем под притиском најчешће израђују делови од термопластичних маса (термопласти).

3.2.1 Обично пресовање

Обично пресовање је поступак израде делова од дуропласта који има широку примену у пракси.

Пластичне масе се обликују пресовањем на аутоматским или полуаутоматским пресам са калупима који се греју (слика 2). На слици 2 је приказана шема са фазама рада при обичном пресовању:

- пуњење удубљења алата,
- затварање алата и извођење пресовања
- отварање алата и избацивање готовог дела (отпреска) из њега



Слика 3.8 - Шема поступка пресовања пластичних маса [2]

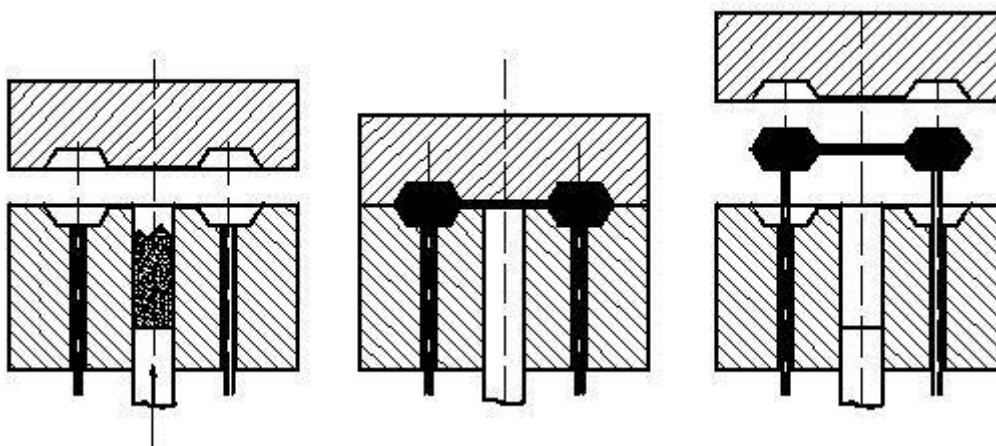
1. држач обликача; 2. обликач; 3. матрица калупа; 4. гнездо калупа; 5. материјал за пресовање и 6. предмет обраде

3.2.2 Посредно пресовање

Овај начин пресовања изводи се помоћу алата који имају одвојену комору за пуњење и удубљење алата у коме се врши обликује део.

Фазе тока процеса посредног пресовања су:

- пуњење коморе материјалом, који се у њој загрева и омекшава,
- затварање алата,
- потискивање растопљеног материјала из коморе за пуњење, преко уливних канала ка удубљењу алата и
- враћање потискивача, отварање алата и избацивање готовог дела.



Слика 3.9 - Посредно пресовање: одозго а- пуњење, б- пресовање, ц- избацивање [2]

Овај метод пресовања се користи код сложеније конфигурације делова и код делова са арматуром мање чврстоће. Материјали који могу да се користе су и дуропласти и термопласти. Притисак пресовања је доста већи од обичног пресовања и износи од 500 до 2000 bar.

Предности посредног пресовања у односу на обично пресовање су:

- удубљење калупа се попуњава материјалом постепено, тако да се не изазива деформисање арматуре отпреска,
- услед равномерног загревања и топљења целокупне масе материјала могућа је израда делова са различитом дебљином зида у појединим пресецима,
- како се попуњавање калупа врши материјалом који је у течном стању, могу се израђивати делови сложеног облика и са дубоким отворима малог пречника,
- већа је чврстоћа отпресака због боље хомогености материјала,
- тачност димензија је већа јер се врши попуњавање алата (калупа) када је он затворен и
- век трајања алата је дужи (мање хабање удубљења алата). [2]

3.3 Екструзионо бризгање

Екструзионо бризгање је данас веома распрострањено јер се овом методом обрађују сви полимерни материјали: еластомери, дурупласти и пластомери. Од наведених најраспрострањенија прерада је екструзионобризгање пластомера познато још као и ињекционо пресовање термопласта. Из тог разлога је у наредним поглављима овог рада посебна пажња посвећена управо екструзионом бризгању.

Екструзионо бризгање се може дефинисати као поступак прераде пластомера брзим убризгавањем пластомерног растопа у темперiranу калупну шупљину и уједно очвршћавање у жељени облик производа (често назван отпресак). [2]

Машине које се најчешће примењују за ову врсту прераде полимера су екструдери са пужном предпластификацијом.

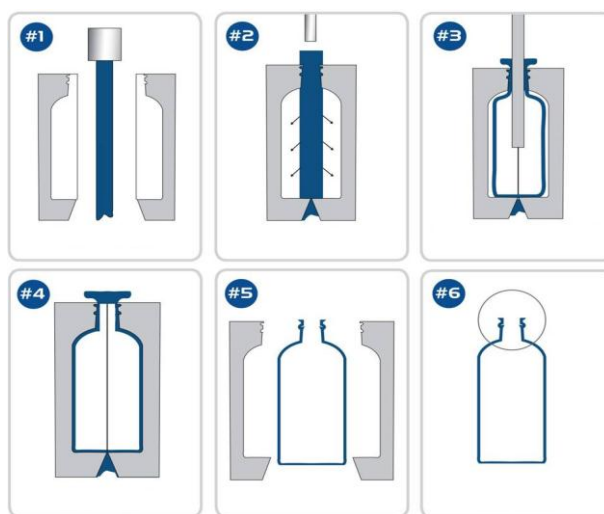
Кроз левак у улазни отвор цилиндра долази гранулат пластомера. Пуж екструдера захвата гранулат и транспортује га напред ка загреваном делу цилиндра. На том путу пластомер се помера, загрева и прелази у растоп.

На крају пужа растоп излази под притиском кроз млазницу и попуњава кроз уливни канал калупну шупљину. Након завршетка запреминског попуњавања калупне шупљине и компресије растопа делује накнадни притисак који служи за компензацију контракције производа при хлађењу. По завршеном хлађењу, калуп се отвара и врши се избацивање готовог производа. [2]

3.4 Екструзионо дување

Екструзионо дување је процес прераде пластичних маса који се одвија у две фазе:

- производња полупроизвода екструдирањем и
- дување у коначан облик ихлађење готовог производа у алату.



Слика 3.10 – Фазе процеса екструзионог дувања [7]

Технологија производње шупљих тела методом прераде дувањем је подељена на две области:

- запремина делова је до 5 l (0,5 kg тежине) и
- делови запремине и тежине веће од 5 l (0,5 kg тежине).

У првој области се користи екструзија са измичућим агрегатом за дување, циркулационим делом, транспортом полупроизвода системом са покретним алатом за дување.

Овим поступком прераде пластичних маса производе се: палстична амбалажа, флаше, балони итд.

3.5 Каландровање

Каландровање је поступак основне прераде пластичних маса јако сличан ваљању метала. Основна улога овог поступка јесте производња танких фолија дебљине од 0,04 до 3 милиметра.

Овај процес се користи у масовној производњи, а одвија се на машини која се зове каландер. Постоје три основне врсте каландера и то су календери за:

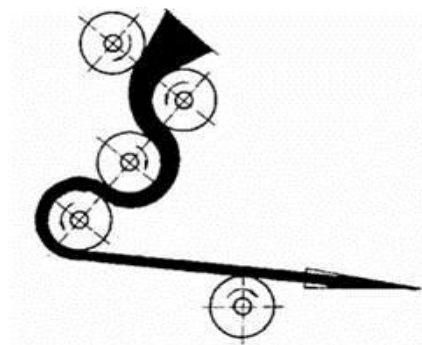
- извлачење фолија,
- пеглање и
- утискивање дезена.

Каландер за извлачење фолија служи да измешани и хомогено пластифицирани материјал преведе у танке фолије огромне дужине. Каландер је састављен више цилиндричних ваљака паралелно постављених са обртањем у супротном смеру. Загрејана пластична маса се равномерно и непрекидно додаје између прва два ваљка каландера, потом истискује у размак који постоји између другог и трећег ваљка, а даље затим између трећег и четвртог, при чему се изједначава дебљина полира површина.

Иза ваљака налазе се расхладни уређај, уређај за мерење, обрезивање и намотавање готових каландрованих фолија. Управљање производњом фолија захтева усаглашавање различитих операција, посебно са аспекта састава, брзине, температуре, капацитета итд. Каландровањем се најчешће прерађују мекшани и тврди поливинил хлорид „PVC“.

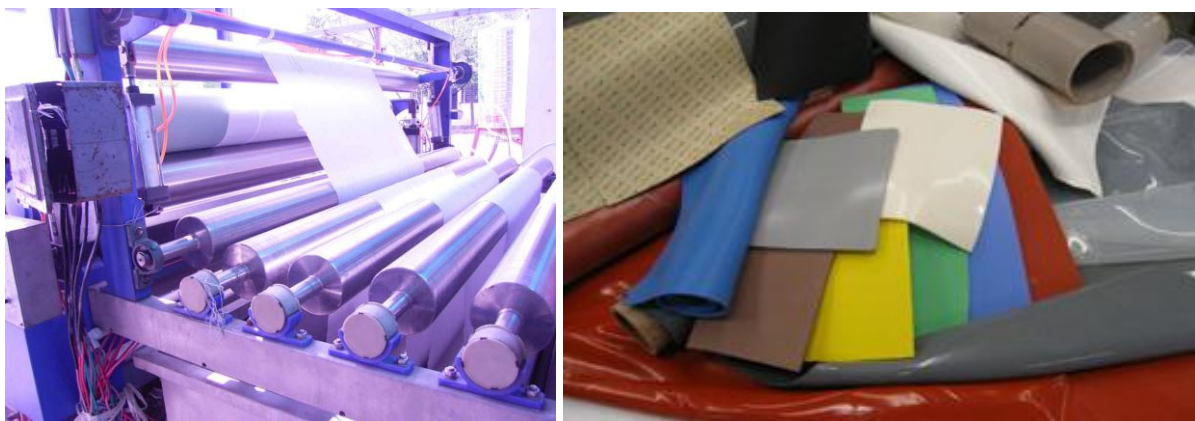
Каландер за пеглање се користи када је потребно добити глатке површи фолија и плоча, добијених методом екструзије. Уређај садржи три паралелно постављена ваљка са изполираним површинама и прецизно регулисаним растојањем између њих.

Каландер за утискивање дезена се састоји од једног гравирног и једног контра ваљка са еластичном површином (гума, пресовани папир...). Дезенирање утискивањем врши се у док је материјал у пластичном стању, а материјал се убрзано хлади да би се спречила деформација дезена.



Слика 3.11 – Шема каландровања [2]

Овим поступком прераде се производе делови као што су: фолије и фолије са утиснутим дезенима.

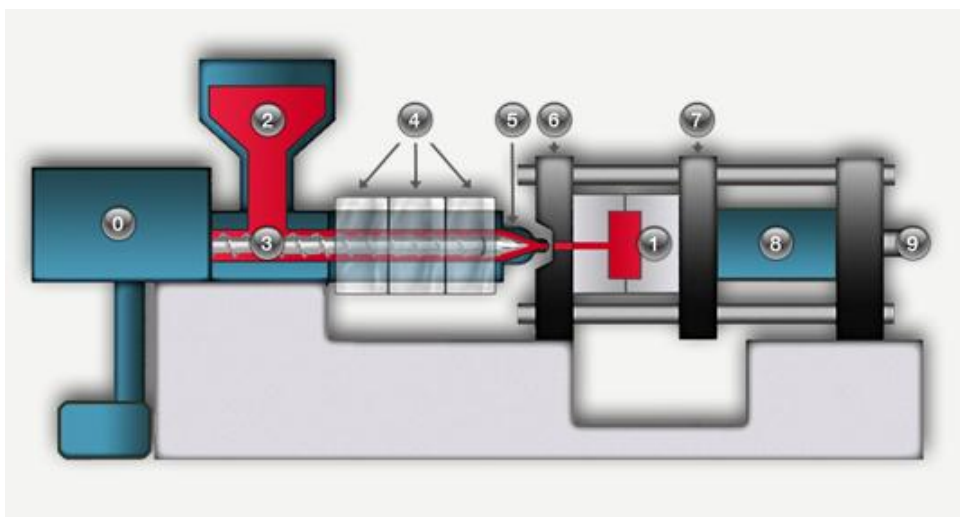


Слика 3.12– Различите дебљине и боје делова од пластике добијени каландровањем [21]

4. ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ АЛАТА ЗА ИЗРАДУ ДЕЛОВА ОД ПЛАСТИЧНИХ МАСА

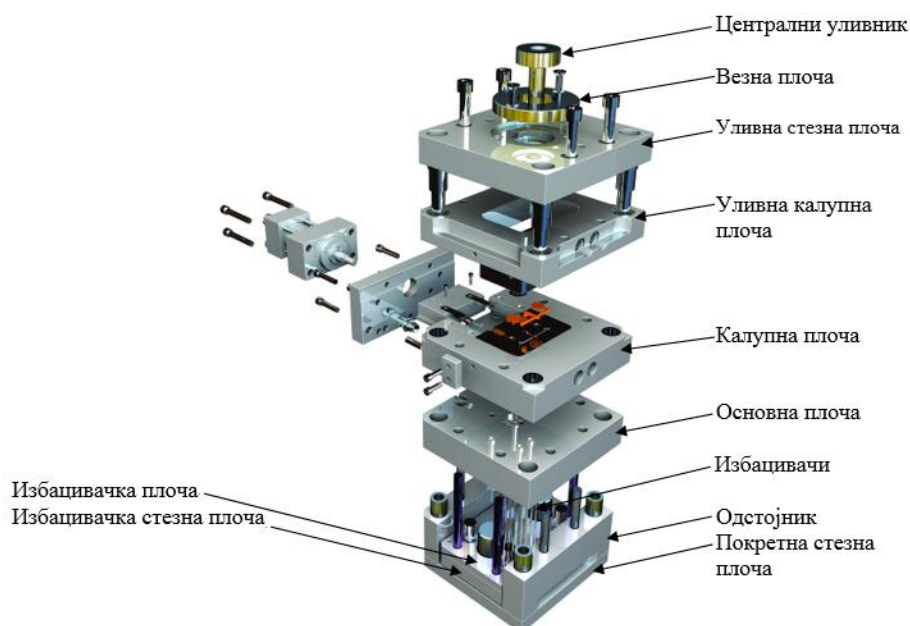
Како би се израдио готов производ жељеног квалитета и у довољној количини, неопходно је направити алат којим се може одговорити свим постављеним захтевима. Приликом конструкције алата је због великог механичког оптерећења алата услед дејстава високих притисака који на алат делују у току циклуса бризгања обавезно је коришћење челика одговарајућих механичких и хемијских карактеристика. Обрада материјала мора бити врло прецизна и доброг квалитета. Штедња у квалитету материјала и на обради елемената алата, резултује са знатно више штете него користи.

Конструкција алата се мора прилагодити облику и величини производа, жељеном квалитету површине, материјалу од ког се део израђује, величини серије, машини која се користи за бризгање и низу других фактора. Пре почетка саме конструкције алата, потребно је анализирати све факторе везане за конкретан производни случај. Тек на основу добијених резултата и анализе, усваја се идејно решење и притупа се у реализацију пројекта.



Слика 4.1 - Делови јединице за бризгање [11]

- 0-хидраулични мотор;
- 1-алат за бризгање;
- 2- левак;
- 3- цилиндар
- 4- грејачи;
- 5-млазница;
- 6- фиксна плоча
- 7- покретна плоча;
- 8- затезна јединица и
- 9-јединица за избацивање.



Слика 4.2 – Пример алата за израду делова бризгњем [12]

Основни елементи калупа (алата) за бризгање су:

- кућиште алата,
- уливни систем,
- гравура,
- систем за избацивање отпреска,
- систем за вођење калупа,
- елементи за темперовање калупа,
- извлакачи за избацивање уливка.

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

4.1 Кућиште алата

Алат за инјекционо бризгање пластике има покретну и непокретну страну алата. Кућиште алата састоји се од неколико плоча које припадају покретној или непокретној страни. Произвођачи стандардних кућишта предвиђају и одговарајући сет стубних вођица, клизних и центрирајућих чаура и завртњева за везивање плоча.

Кућиште калупа се састоји од: две носеће плоче, система за избацивање и система за вођење калупа (слика 4.2).



Слика 4.3 - Изглед стандардног кућишта компаније Hasco. [14]

Подсклопови кућишта алата за инјекционо бризгање пластике се обично раде као стандардни и то обично по интерним стандардима.

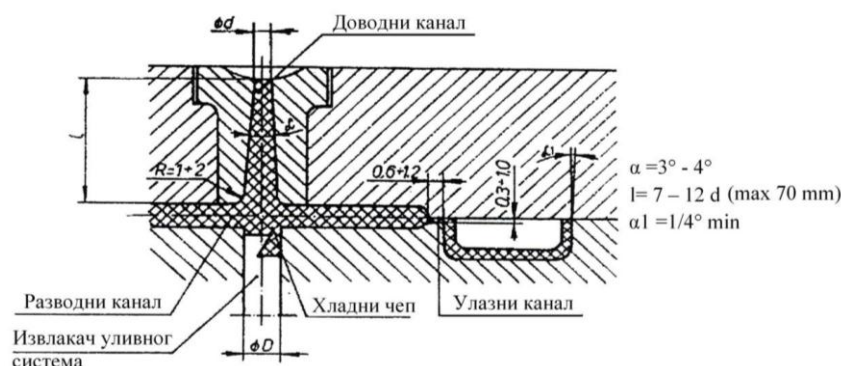
4.2 Уливни систем

Уливни систем претставља један или више канала повезаниху једну целину. Улога уливног система је да што брже, лакше и без турбуленције дозирају растопљени термопласт до гравура, односно, уливни систем повезује млазницу бризгалице и гравуру калупа).

Неправилно постављени уливни канали отежавају рад алата, а у неким случајевима га и потпуно онемогуће. То је посебно значајно код термопласта који брзо очвршћавају.

Уливни систем се састоји од:

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



Слика 4.4 - Елементи уливног система

4.2.1 Доводни канал

Доводни канал (дизна) поставља се у непокртни део алата у осни канала млазнице на бризгалици. При процесу бризгања, растопљен пластомер испуњава канал и очвршћава тако да се мора одстранити после сваког циклуса.

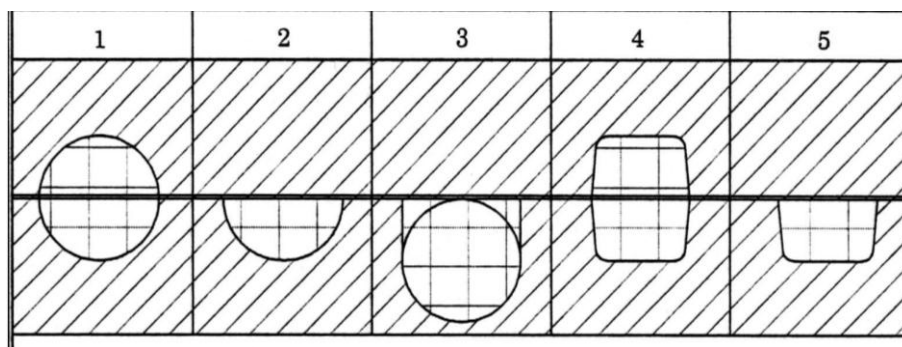
При инјекционом бризгању, растоп пластомера испуњава и доводни канал у коме се при хлађењу обликује као уливак, који се мора одстранити после сваког циклуса. Због тога доводни канал мора бити коничан, при чему је мањи пречник окренут према дизни машине. Угао конуса доводног канала најчешће износи 2° до 3° , али у неким случајевима може износити и до максимално 4° , нарочито када због положаја радног комада у калупу, постоји потреба да дужина доводног канала буде већа од 70 mm.

Цилиндрични венац уливне чауре има задатак да спречи кретање уливне чауре кроз плоче непокретног дела алата. До нежељеног кретања дошло би услед удара (притиска) дизне машине на уливну чауру, што би пореметило геометрију разводног канала, или сам облик дела уколико дизна својим крајем учествује у формирању облика радног комада. Пошто је контакт између дизне машине и уливне чауре веома чест, потребно је да уливна чаура буде направљена од квалитетног алатног челика и да буде термички обрађена. Унутрашње површине доводног канала морају бити полиране у уздужном правцу до високог сјаја, како би се обезбедило боље течење материјала и лакше вађење радног комада. [9]

4.2.2 Разводни канал

Разводни канали се примењују код калупа са једном гравуром, услед уливања са више тачака или код калупа са више гравура. Они повезују доводни канал са гравуром калупа (слика 4.4.).

Попречни пресек разводних канала има различите облике, а неки од могућих облика су на приказани следећој слици.



Слика 4.5 - Облици попречних пресека разводних канала [5]

Разводни канали округлог попречног пресека (1) су најпогоднији, јер при истој површини попречног пресека, мања је површина контакта растопљеног пластомера и метала, чиме се постижу мањи отпори кретања растопа. Недостатак разводних канала кружног попречног пресека је тежа израда у односу на разводне канале трапезног или полукружног облика, јер се кружни пресек добија израдом полукружних пресека у обе половине калупа (огледају се).

Зато се овај тип разводних канала користи при инјекционом бризгању материјала који имају слабија својства течења, као што су: полиамиди, полипропилени, полиметилметакрилати.

Разводни канал полуокруглог пресека (2) је знатно лакши за израду, јер се израђује у само једној половини калупа и то у покретној страни алата, како би се повећала адхезија (приљубљивање) радног комада за овај део калупа приликом отварања алата.

Разводни канал трапезног пресека (5), има честу примену у пракси, јер је једноставан за израду. Израђује се у покретној страни алата. Бочни зидови канала су нагнути под углом од 5° до 10° , а странице су заобљене радијусом. Разводни канал трапезног облика се најчешће користи при инјекционом бризгању полиетилена, полистирола, ацетатцелулозе и поликарбоната.

Профил разводних канала под редним бројем 3 и 4 на слици, представљају комбинацију округлих и трапезних разводних канала. Овакви разводни канали имају примену, јер је њихова израда релативно једноставна, а имају карактеристике приближне округлим и трапезним разводним каналима.

Не може се дати строго правило за димензионисање разводних канала, јер сваки пластомер има своје технолошке особине, а и одређен тип конструкције калупа захтева различит облик и различит распоред разводних канала.

На основу искуства из праксе, може се рећи да пречник разводног канала не сме бити мањи од троструке дебљине најдебљег пресека радног комада и варира од минимално 3 mm до максимално 10 mm. Разводни канали не смеју бити сувише мали, како не би дошло до захлађивања растопа пластомера пре него што дође до ушћа у гравуру. Захлађивање растопа у разводним каналима довело би до појаве пруга на површини радног комада. Разводни канали не смеју бити ни превелики, да се не би продужило време хлађења што би могло да онемогући избијање комада, [5]

4.2.3 Улазни канал

Улазни канали повезују разводни канал и гравуру калупа. Они су много мањег попречног пресека од разводних канала, па се често улазни канали називају и уливна грла.

Избор попречног пресека и димензионисање канала се обично изводи на основу искуствених података или по препорукама које су дате од стране произвођача пластомера.

Одговарајућа изведба улазних канала омогућава лакше одвајање уливног система од радног комада. Зато је при избору пресека и типа улазног канала потребно добро проценити рад потребан за операцију одвајања уливка од радног комада, како би се искључило ангажовање радника за извршење те операције, [5].

Примена калупа са грејаним каналима представља једну од значајних мера за снижење трошкова производње, што је једино исплативо код великих серијских производњи. Овакви системи омогућавају брзу и потпуно аутоматизовану производњу. Грејачи одржавају пластомер који се налази у уливним каналима у течном агрегатном стању што омогућава непрекидни рад независно од времена трајања циклуса.

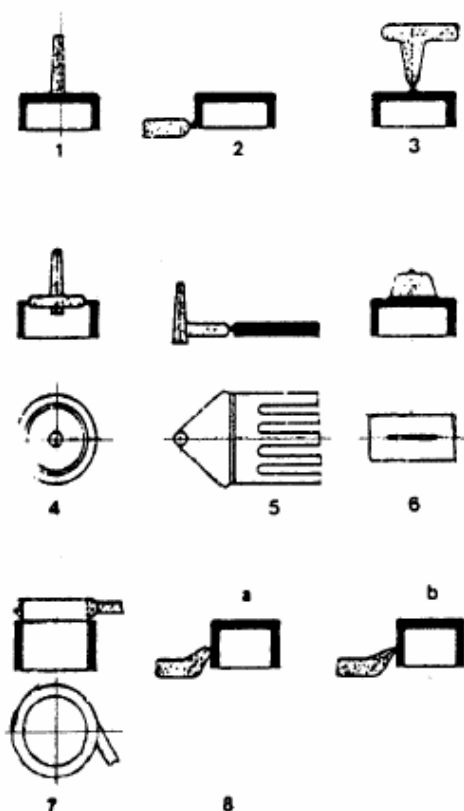
Највжније предности су:

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

4.2.4 Врсте уливних система

Како је већ поменуто уливни системи се састоје од доводних, разводних и улазних канала. Неке од најчешће примењиваних врста уливних система су:

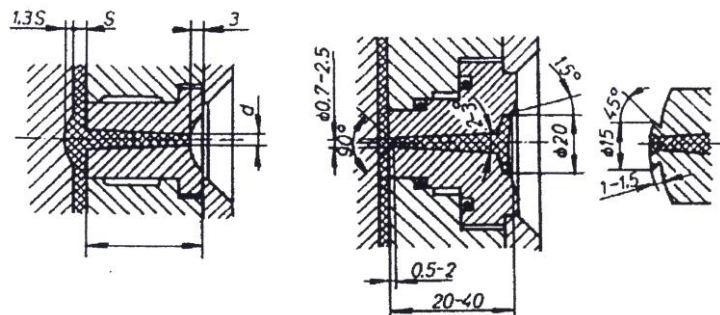
- купасти централни уливак,
- тачкасти уливак,
- бочни уливак,
- лепезасти уливак,
- филм уливни систем,
- тунелни уливак,
- диск уливак.



Слика 4.6 – Врсте уливака [2]

4.2.4.1 Купасти централни уливак

Купасти централни уливак спада у групу директних уливних система, односно система код којих се термопласт бризга директно кроз купасти централни уливак у простор калупне шупљине. После хлађења се из уливне чауре са радним комадом вади и уливак који се накнадно уклања обрадом. Потреба за дорадом комада је главни недостатак овакве врсте уливног система.



Слика 4.7 - Купасти централни уливак [5]

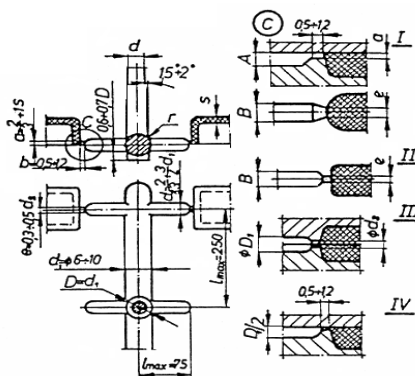
Одређивање положаја уливка врши се у зависности од облика и димензија комада, али се готово увек препоручује да се уливак постави у средину комада уколико је то практично изводљиво.

4.2.4.2 Бочни уливак

Бочни уливак се употребљава код калупа са више калупних шупљина. Применом овог система постижу се добри резултати само ако се уливни систем правилно изведе и позиционира. То значи да треба обратити пажњу на димензионисање доводног, разводног и улазног канала.

Избор попречног пресека улазног канала, обично се бира на основу облика разводног канала. Правоугли облик улазног канала користи се у случају трапезног облика разводних канала. Полуокругли и округли попречни пресек улазних канала, користе се за разводне канале истоветних попречних пресека, [5].

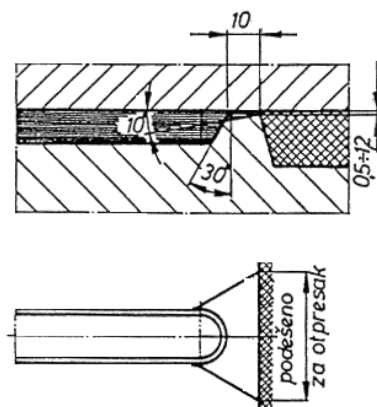
Недостатак бочних уливака је потреба ангажовања радника на накнадном раздвајању уливног система од радног комада.



Слика 4.8 - Бочни уливак [5]

2.4.4.5 Лепезасти уливак

Лепезасти уливак се користи за бризгање четвртастих и пласнатих делова велике површине, запремине и дебелих зидова. Овај уливак може се поставити централно или бочно у односу на комад. Примена овог уливка захтева да се одстрањивање уливка са радног комада врши накнадно. Једна од изведби лепезастиг уливка са препорукама димензија уз напомену да се димензије уливка разликују за различите пластомере, различите дебљине зидова и различите облике радног комада дата је на следећој слици.

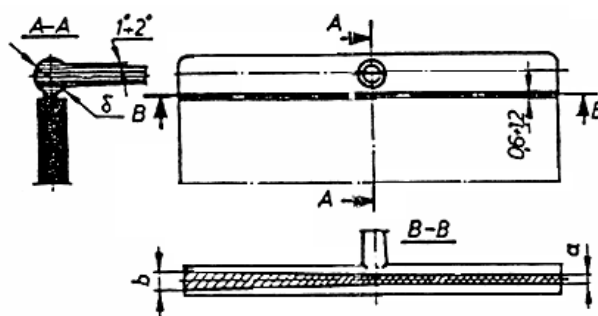


Слика 4.9 - Лепезасти уливак [5]

4.2.4.1 Филм уливни систем

Предходно наведене врсте уливака не могу задовољити све захтеве (по питању облика унутрашњих напона, стабилности комада, облика и димензија и естетике радног комада) који су диктирани од стране тржишта по питању.

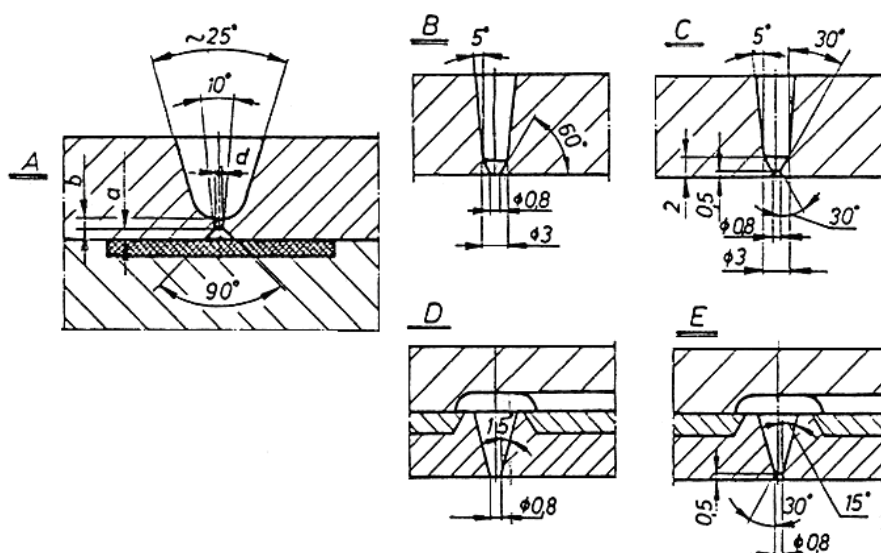
Филм уливни систем пружа могућност задовољења великог броја потреба које није могуће испунити другим системима уливања. Филм уливци се користе код делова великих површина, строгих захтева по питању механичких особина и прецизности.



Слика 4.10 - Филм уливни систем [5]

4.2.4.1 Тачкасти уливак

Тачкасти уливак се употребљава код калупа са који се састоје од више језгара у оквиру калупне шупљине. Посебно је погодан за бризгање делова са танким зидовима, због веће брзине убризгавања пластомера и смањења притиска у калупу.



Слика 4.11 - Изведбе тачкастог улива [5]

Посебна погодност је то што за уклањање тачкастог улива није потребно накнадно ангажовање радника.

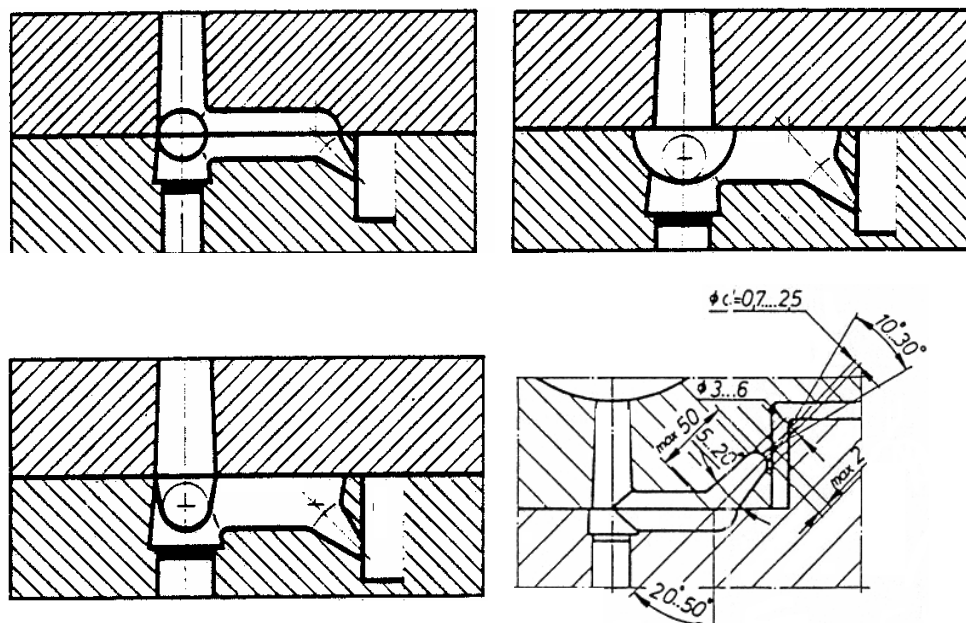
На површини радног комада остаје траг у виду тачке, који се лако може прикрити. Применом овог улива постиже се равномерно хлађење радног комада без стварања нежељених унутрашњих напрезања, кривљења и пукотина. Употребом овог уливног система убрзава се и аутоматизује циклус инјекционог бризгања, [5].

У начелу врста пластомера, дебљина зида и површина радног комада утичу на димензионисање тачкастог улива. Пречник канала тачкастог улива је најчешће мањи од половине дебљине зида радног комада.

4.2.4.2 Тунелни уливак

Тунелни уливак омогућава да се при отварању калупа изврши одвајање, радног комада од уливног система. Тиме се олакшава опслуживање машине, јер се не мора одсецати уливни систем, а самим тим се постиже потпуна аутоматизација рада.

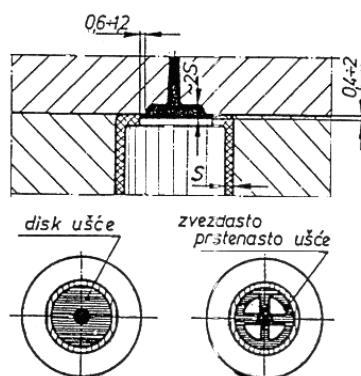
Код ове врсте уливног система, од краја разводног канала избушен је отвор под углом од 20° до 50° у односу на осу калупа. Овај конусни отвор завршава се тачкастим улазним каналом чије се димензије одређују на основу врсте пластомера, облика радног комада и дебљине његових зидова. Тунелни уливак може се применити при обради свих врста пластомера осим меког ПВЦ-а и ПЕ ниске густине, код радних комада са вишим и танким зидовима и меког ПУР-а, [5].



Слика 4.12 - Тунелни уливак [5]

4.2.4.3 Диск уливак

Код ове врсте уливног система довод растопљеног пластомера врши се централним купастим уливком, а развођење плочастим каналом. Завршни део диск улива је диск улазни канал. Диск уливни систем се користи када је комад симетричан у односу на доводни канал, тада диск уливни канал омогућава равномерно пуњење калупне шупљине. Ова врста улива се најчешће примењује за израду делова цевастог облика, или за израду прстенастих делова.



Слика 4.13 - Диск уливак [5]

4.3 Гравура

Алати за израду делова од пластичних маса могу се израђивати са једном или неколико гравура. Алати са једном гравуром израђују се за један отпресак, који је најчешће великих димензија и сложеног облика или када се израђује мањи број отпресака. Код алата са већим бројем гравура постиже се смањење трошкова производње, краће време и већи обим производње.

Правилно димензионисање гравуре представља један од највећих проблема при конструкцији 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. [5]

Величина скупљања термопласта (пластомера) зависи од следећих фактора:

- врсте пластомера;
- температуре растопљеног пластомера;
- калупа (хлађење, врста и уливна места) и
- машине (притисак и брзина убризгавања).

За одређивање степена скупљања пластомера користе се разни експерименти. Најчешће се за експеримент користе пробни штапић, као компаратор, или метод пробних комада. Проблем представља то што већина термопласта нема исте вредности скупљања у свим правцима па се величина скупљања пластомера узима на основу искуствених података.

4.4 Систем за избацивање отпреска

На одабир система за избацивање отпреска утичу следећи фактори:

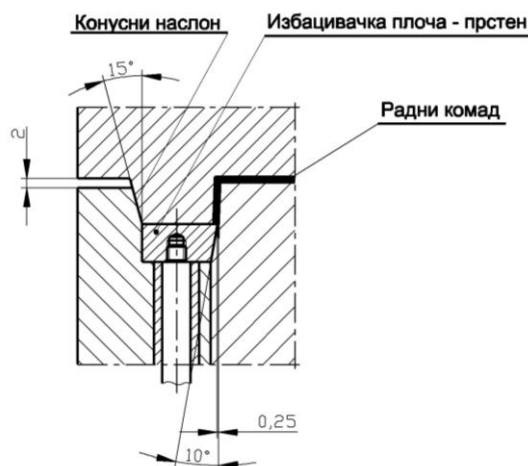
- облик отпреска,
- врста термопласта,
- број отпресака у калупу,
- врста и могућности машине,
- ниво аутоматизације рада калупа.

Важно је изабрати систем избацивања готовог комада из калупа који ће обезбедити несметан рад алата и што је још важније да не остави трагове од избацивача на готовом производу.

Најчешће се користе следећи системи за избацивање:

- избацивачки прстен,
- игличасти избацивачи,
- цевасти избацивачи,
- системи са ваздушним избацивањем.

Избацивачки прстенови обично се користе за отпреске округлог или четвртастог попречног пресека. Активирају се хидрауличким путем или приликом отварања калупа механичким путем. [9]



Слика 4.14 - Избацивачки прстен [4]

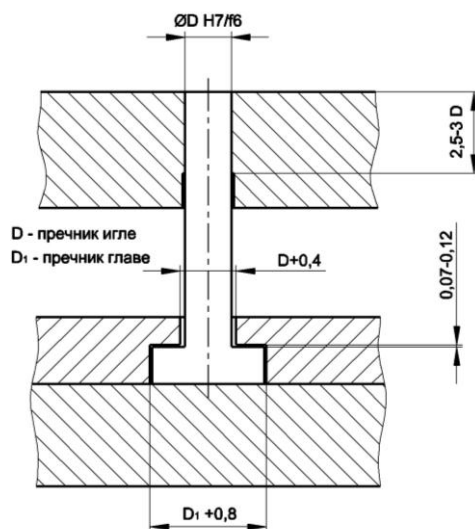
Игличасти избацивачи се најчешће користе код избацивања отпресака за које није потребан дугачак ход избацивача, или у случају да је немогуће применити други систем избацивача. Примењују се такође уколико отисак избацивача не мења естетски изглед производа или ако отисак остаје на страни која није директно видљива.

Избацивачке игле су учвршћене у плочама избијачког система, глава игле је упуштена у горњу плочу избијача, док доња плоча избијача служи као ослонац.

Избијачке игле се деле на:

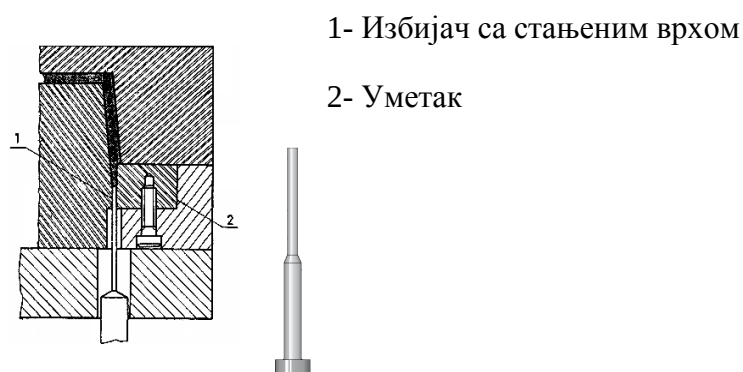
- равне и
- игле са стањеним врхом.

Равне игле су најједноставнији тип избијача и пожељно их је примењивати кад год то ситуација дозволи.



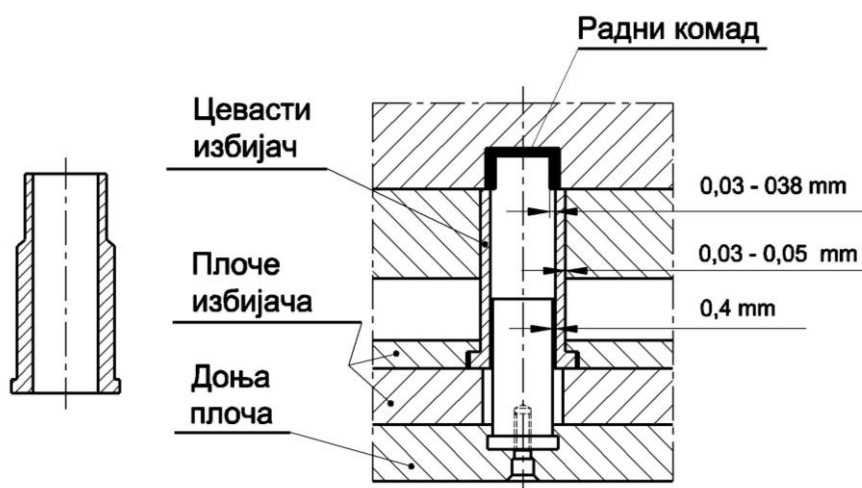
Слика 4.15 – Равна игла [9]

Игле са стањеним врхом су врста избијача која се користи у случајевима када избацивачке игле у току дејства на радни комад пролазе кроз уске делове калупне шупљине.



Слика 4.16 - Избијач са стањеним врхом [9]

Цевасти избацивачи се најчешће користе за израду отпресака прстенастог попречног пресека у алатима са више калупних шупљина. Улога цевастих избацивача је да скину односно свуку отпресак са језгра. Ови избацивачи се користе код великих серија производа.



Слика 4.17 - Цевасти избацијач [5]

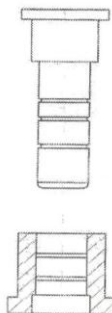
Системи са ваздушним избацивањем се најчешће користе код делова где је довођење ваздуха кроз канале или ребра немогућ. Приликом класичног избацивања у почетној фази одвајања отпреска и калупа долази до стварања вакума испод отпреска, то може изазвати кривљење отпреска. Ова појава се елиминише увођењем ваздушних избацивача.



Слика 4.18 - Ваздушно избацивање

4.5 Систем за вођење калупа

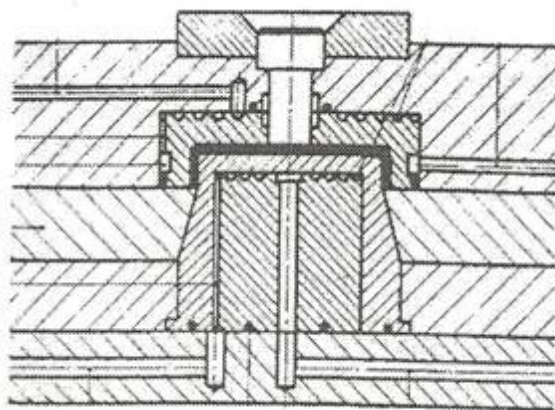
Систем за вођење калупа намењен је да центрира и да обезбеди паралелан ход покретног дела у односу на непокретни део калупа, као и одржавање положаја плоча у равни отварања калупа. Најчешћа је употреба алата са два, три или четири водећа стуба у зависности од величине алата. Водећи стубови се постављају на спољашњем ободу калупа у циљу бољег центрирања. Код мање габаритних алата користи се посредно вођење (стуб и чаура), док се код габаритних алата користи непосредно вођење (стуб и отвор кроз основну плочу алата).



Слика 4.19 – Систем за вођење калупа [7]

4.6 Елементи за хлађење (темперовање) калупа

Термопласт у течном агрегатном стању се након убризгавања у гравуру, хлади ослобађањем топлоте која се преноси на зидове калупа. Бризгање делова од пластомера је циклични процес са кратким трајањем једног циклуса. Што је вечи број понављања циклуса долази до загревања калупа на све вишу температуру, што за последицу има теже очвршћавање пластомера у калупу алата. Из тог разлога калупи се расхлађују помоћу воде која циркулише кроз расхладне канале у покретном и непокретном делу калупа.



Слика 4.20 - Канали за хлађење калупа [7]

Помоћу протока воде контролише се степен хлађења. Одабир димензија канала врши се на основу величине дела који се израђује, а најчешће су од 7 до 10mm за делове чија је маса мања од 100 g.

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. [7]

Приликом израде одливака на вишим температурама (450°C), потребно је грејати калуп. То загревање врши се помоћу грејача који су стандардни делови алата који служе за загревање калупа. Грејачи су цилиндричног облика, а израђују се као стандардни делови, различите снаге и пречника.

Пречник грејача најчешће износи од 8 до 16 mm, а смештају се у претходно избушене отворе који се налазе у доњем делу алата. Везују се на управљачку јединицу за контролу температуре.

4.7 Материјали за израду калупа

При изради калупа за израду поклопца инсталације, мора се водити рачуна о материјалима за израду. Материјали морају да испуне следеће:

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

Експлоатациони захтеви су врло строги, нарочито са аспекта обезбеђења тачности мера финалног производа.

Хемијска постојаност представља губитак масе у току једног часа, при чему се подразумева равномерни губитак материјала по целој површини плоче. Обезбеђење ниске осетљивости на оштећење подразумева да материјал мора да испуни одговарајуће захтеве са аспекта тврдоће, а нарочито код механизма за затварање калупа. Најчешће се

за израду гравуре користе нерђајући алатни челици тврдоће 53-54 HRC, као што су *X42Cr13* (Ћ4175) и *X45CrMoV15* (Ћ 4770) тврдоће 56-58 HRC.

Челик *X45CrMoV15* (Ћ 4770) је високо легиран хром— молибденски нерђајући челик који се може побољшати. Веома је отпоран на хабање и има врло високу тврдоћу после каљења. Челик *X42Cr13* (Ћ 4175) је високолегирани 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 код делова код којих је предвиђена накнадна обрада лакирањем иметализацијом. [7]

Избор материјала који се користе за израду алата зависе од избора врсте полимера, услова обраде, расположиви челици и сл. Као материјали се још користе и *40CrMnMoS8-6* (Ћ 4742), *X38CrMoV5* (Ћ4751), *90MnCrV8* (Ћ 3840), *X210Cr12* (Ћ 4150) и *X155CrVMo12* (Ћ 4850). [7]

5. ПРИМЕНА САВРЕМЕНИХ СОФТВЕРА У ИНДУСТРИЈИ ПРЕРАДЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА

С обзиром да је број производа од пластичних маса све већи и да су све израженији захтеви у погледу квалитета уводе се нови софтвери.

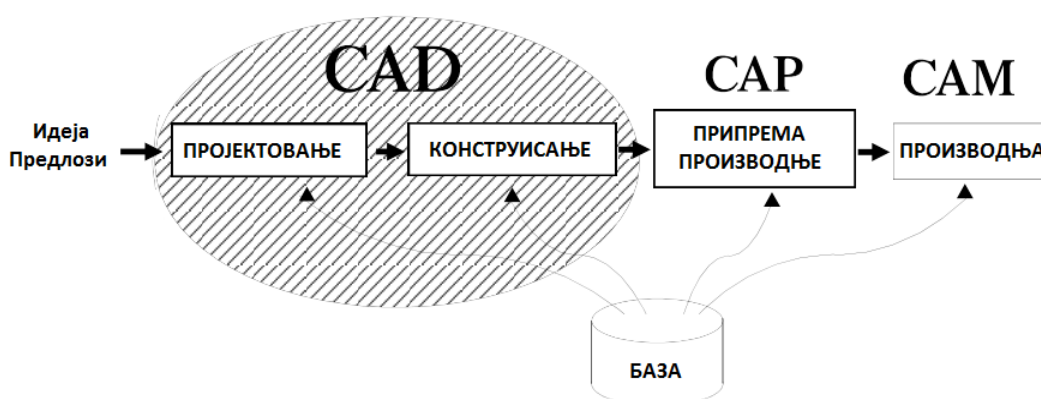
Примена софтвера у индустријској производњи посебно је значајна јер вишеструко скраћује временски период потребан да се од идеје дође до реализације односно готовог производа.

Такође применом софтвера смањује се могућност грешке а самим тим и трошкови развоја који настају као последица примене неодговарајућих режима при изради.

Ови софтвери нам омогућају и да сагледамо реалне могућности производње и евентуалне препреке на које можемо наићи при изради новог производа, као и правовремену измену на конструкцији производа у циљу спречавања евентуалних неправилности. [8]

Софтвере који се користе за развој новог производа, планирање и реализацију производње можемо поделити на следеће групе:

- софтвере који се користе за пројектовање и конструкцију (CAD)
- софтвере који се користе за симулацију процеса обраде и израду програма за машине (CAM)
- софтвере који се користе за симулацију понашања предмета испитивања у различитим условима (CAE)
- софтвере који се користе за припрему производње (CAP)



Слика 5.1 - Софтвери који се користе за развој и реализацију новог производа [8]

5.1 CAD софтвери за пројектовање и конструкцији делова од пластичних маса

На аутоматизован начин, коришћењем рачунара, примена CAD софтвера омогућава много бржи начина пројектовања од раније подразумеваног пројектовања помоћу папира и оловке.

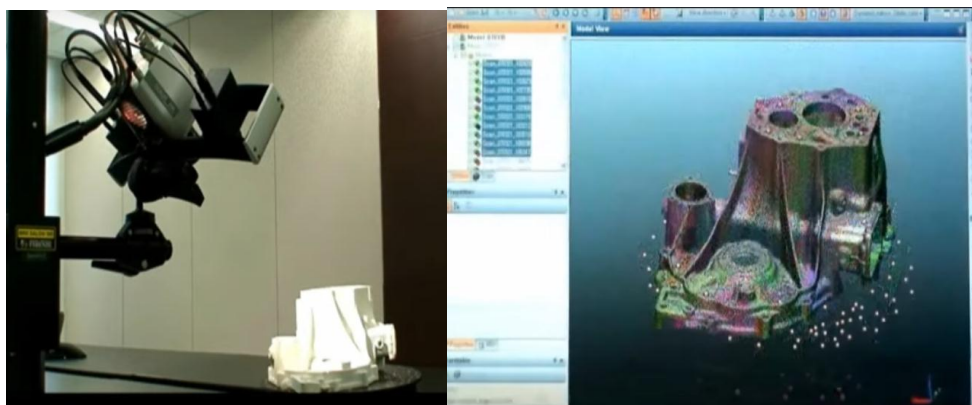
Применом савремених CAD софтверских пакета у индустрији прераде пластичних маса омогућава се брзо пројектовање модела новог производа.

Предности пројектовања коришћењем CAD софтвера огледају се пре свега у:

- Повећању продуктивности (брзине) кроз:
 - аутоматизацију рутинских послова ради повећавања креативности,
 - коришћење модела стандардних делова и облика,
 - rapid prototyping (брза израда прототипова).
- Подршка изменама на конструкцији:
 - нема потребе за поновним цртањем свих делова после сваке промене,
 - чување претходних конструкционих итерација.
- Комуникација:
 - са другим тимовима (инжењерима, произвођачима, добављачима),
 - са другим софтверима (CAD, CAM, CAE,...),
 - са маркетингом (кроз реалистички приказ конструкције). [8]

Данас је брзо пројектовање нових производа у индустрији прераде пластичних маса омогућавају управо савремени CAD софтвери. Главна предност је у једноставном поступку добијања 3D модела и генерисања потребне техничке документације. Такође велика предност је компатибилност са CAE софтверима, јер се извожењем у неки од CAE софтвера могу на једноставан начин извршити све неопходне анализе. На основу резултата анализа и тумачења истих можемо веома лако извршити потребне корекције полазног модела производа. Након се дефинише коначан модел производа може се прећи на пројектовање алата за његову израду.

Такође уз помоћ CAD софтвера, а на основу 3D модела производа врши се пројектовање алата. Поред тога CAD софтвери пружају могућност да се за постојећи производ скенирањем реалног дела формира облак тачака и да се затим реконструкцијом у неком од 3D CAD софтвера добије 3D модел производа неопходан за израду калупа алата.



Слика 5.2 - Сценирање 3D координата и формирање облака тачака

Оно што је битно и што треба истаћи да већина CAD софтверских пакета који се данас користе у индустрији омогућава и коришћење стандардних елемената. Примена стандардних елемената је посебно корисна при изради алата за делове од пластичних маса, јер су осим калупних шупљина већина делова стандардни. Произвођачи стандардних елемената алата израђују базе које се веома лако могу убацивати у CAD софтвере. Коришћењем стандардних елемената при изради алата знатно се скраћује време које је потребно да се алат изради, а да се не поседују овакве базе. Неки CAD софтверски пакети попут CATIE имају и посебно развијене модуле који искључиво служе за израду алата за бризгање пластике. [8]

Постоји веома велики број CAD софтвера који се могу применити у индустрији пластичних маса, али се у последње време као доминантни издвајају софтвери као што су: CATIA, SolidWorks, Autodesk Inventor, PTC Creo, FreeCAD, Siemens NX. Уопштено гледано сви ови софтверски пакети имају:

- Модуле који су намењени дизајну и визуелизацији машинских делова.
- Модул за параметарско моделирање делова. У склопу ове групе налази се и модул за управљање склоповима, пројектовање електричних и процесних инсталација, пројектовање површи, активизацију физичких модела (3D скенирање), генерисање извештаја и техничке документације
- Модуле који су задужени за анализу конструкција. Неке од подржаних анализа су: прорачун сила, померања у појединим тачкама конструкције, кинематска и динамичка анализа склопова.
- У основи сваког CAD система су следећи модови рада:
- **Sketcher** – мод који омогућава дефинисање 2Д пресека који служе као основа за добијање 3D облика. Рад у скечеру је крајње једноставан захваљујући такозваним “constraints” претпоставкама о паралелности, управности, подударности крајних тачака и сл.
- **3D modeler** – основни мод рада у коме је могуће дефинисање елемената са веома сложеним параметарским површинама

- **Assembly** мод подразумева рад на склопу где је могуће дефинисати међусобни положај и однос делова у склопу и радити директно на неком од делова из склопа.
- **Drawing** мод омогућава израду комплетне документације о деловима и склоповима укључујући и саставнице, листе материјала, позиције и сл., а све то у складу са дефинисаним стандардима. [8]

5.2 FreeCAD

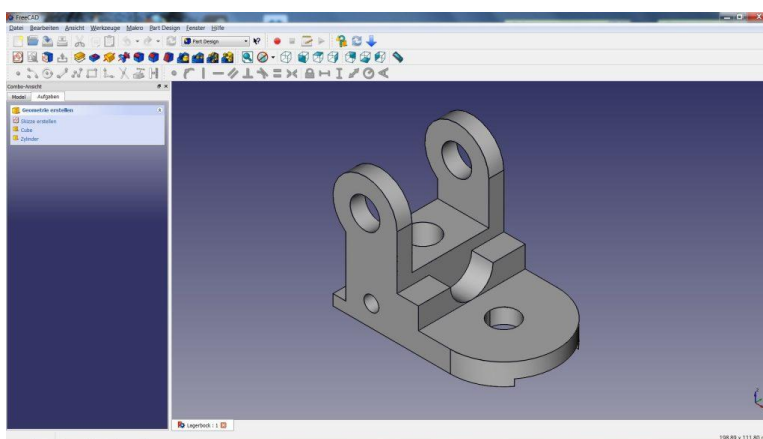
Међу програме који се могу користити у индустрији прераде пластичних маса за израду неких једноставнијих модела спада и FreeCAD. Овај програм је отвореног кода и бесплатан је за коришћење. Последња стабилна верзија носи ознаку 0.17. FreeCAD спада у групу 3D CAD програма који је директно намењен за коришћење у машинском инжењерству.

Неке од главних функција које треба нагласити су:

- потпуна подршка за опен CASCADE технологију која омогућава комплексне 3D операције на сложеним типовима објеката,
- модулarna архитектура која дозвољава додавање нових могућности инсталирањем додатака,
- комплетан приступ макроа и скрипти из Python-a, којим може да се утиче на готово све аспекте FreeCAD-a,
- потпуни параметарски модел, омогућава било коју промену особина објекта, који се чак могу програмирати у Pythonu.
- увоз и извоз разних типова датотека,
- рад у 2D и 3D окружењу[8]

Иако је програм релативно нов, овај програмски пакет има доста тога да понуди. FreeCAD има врло једноставан кориснички интерфејс. Мана овом програм је што нема подршку за DWG формат. FreeCAD може да се покрене на MacOS, MS Windows i GNU/Linux платформи и у свим верзијама се потпуно исто понаша. [8]

Радно окружење FreeCAD-a приказано је на наредној слици.

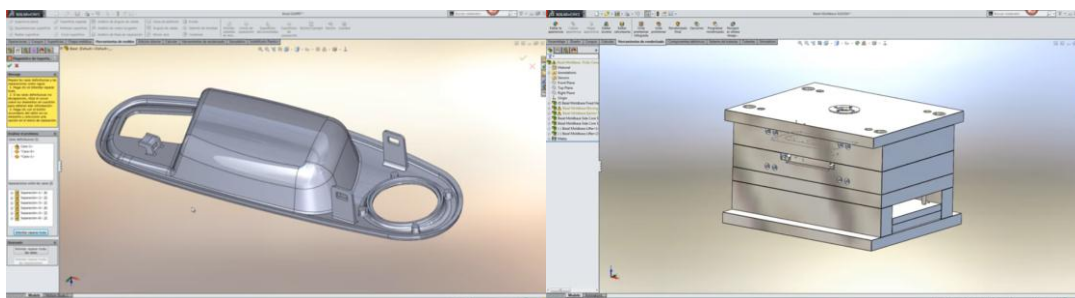


Слика 5.3 - Радно окружење FreeCAD [15]

5.3 SolidWorks 3D CAD

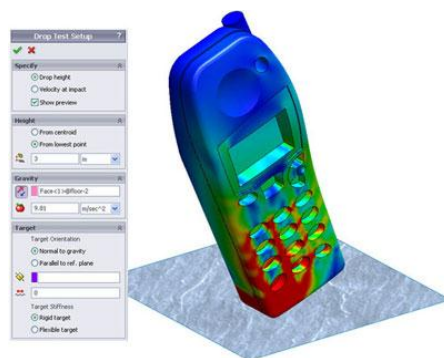
SolidWorks 3D CAD пакет се користи у процесима развоја и пројектовања производа и алата. Из 3D модела производа аутоматизованим поступком лако се долази до радионичких и склопних цртежа, који садрже ортогоналне пројекције, изометрике, пресеке, детаље, излазне спецификације и извештаје, као што су саставнице, листе делова и нормативи. SolidWorks се подједнако успешно користи за израду техничких упутстава, инструкција за монтажу, сервисирање и употребу. Симулације и прорачуни су додатна погодност која омогућава инжењерима да провере чврстоћу, деформације, кинематику и динамику покретних елемената, израчунају производну цену конструкције и одреде еколошки утицај производа. SolidWorks 3D CAD такође представља платформу за комуникацију између извођача, купаца, добављача и подизвођача. [8]

Помоћу овог програма могуће је пројектовати комплетне производе и креирате квалитетну излазну документацију, са смањеним ризиком од прављења грешака. Овај софтвер омогућује коришћење постојеће документације из AutoCAD софтвера и DWG формата. Комуникацију са купцима и подизвођачима може се остварити кроз еДравингс додатак који нам омогућава размену 2D и 3D приказе делова и склопова. SolidWorks омогућава увоз базе стандардних елемената алата тако да је погодан за израду модела алата намењених за пластично обликовање. На слици је приказан модел пластичног дела и склопа алата који је пројектован у SolidWorks-у. [8]



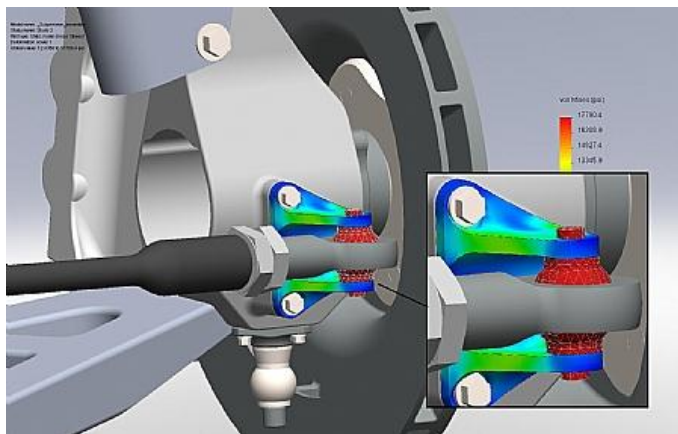
Слика 5.4 - Модели (а-пластичног дела, б-склопа алата) пројектовани у SolidWorks-у

Често је потребно проверити понашање пластичних делова на повишеним температурама, напоне и дилатације које се појављују при његовом оптерећењу, радни век производа итд. За ту сврху се може користити модул SolidWorks Simulation. Структурна анализа у SolidWorks-у обухвата широк спектар проблема од понашања делова који су подвргнути константном оптерећењу па све до напонске анализе покретних склопова изложених променљивим динамичким оптерећењима. [8]



Слика 5.5 - Пример структурне анализе у SolidWorks-у [16]

SolidWorks Simulation помаже конструкторима да сагледају штетне утицаје вибрација на производ. SolidWorks омогућава да се предвиде резонанце, појаве замора и изабере најбољи начин за повезивање делова у склоп. SolidWorks даје потпуну слику вибрација кроз фреквентну и динамичку анализу како би се осигурала исправна функција производа и њихов безбедан рад. [8]

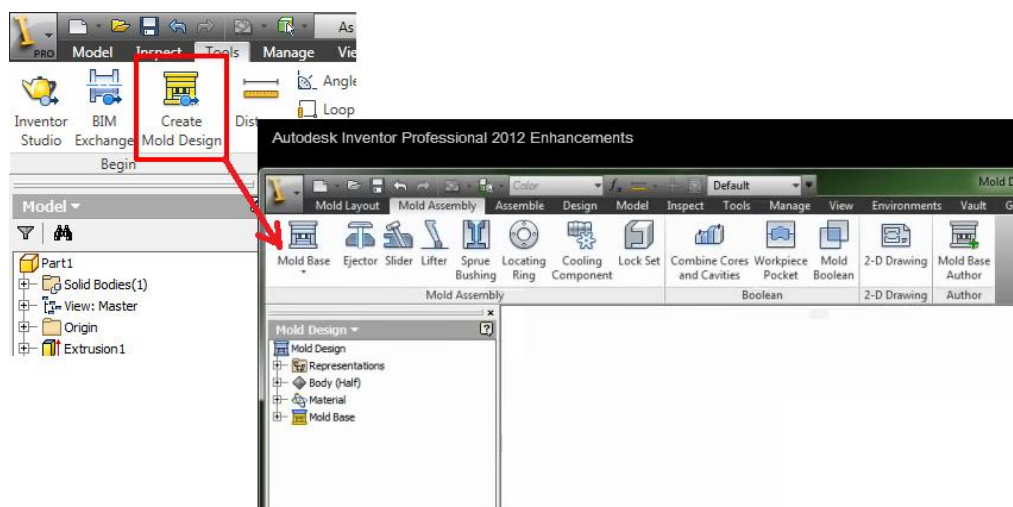


Слика 5.5 - Анализа замора у SolidWorks Simulation модулу [17]

5.4 Autodesk Inventor

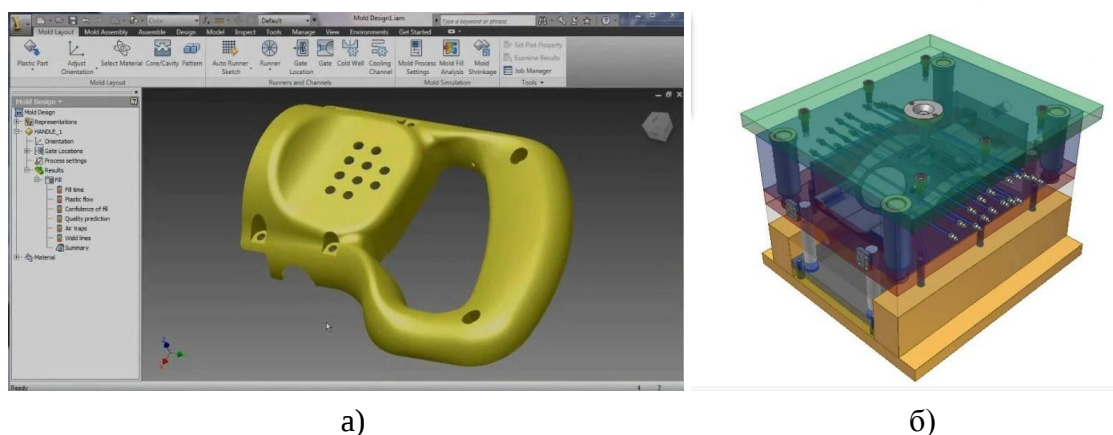
Autodesk Inventor је 3D CAD софтвер за конструисање, израду техничке документације и израду и испитивање дигиталног 3D прототипа. Израдом и тестирањем дигиталног прототипа Инвентор пружа могућност да се производи испитају пре него што се израде. Омогућује да се дође до оптималне конструкције и израде бољи и квалитетнији производи. [8]

Овај програм одликује оптимизован рад са великим склоповима што је посебни значајно код израде сложенијих модела алата за прераду пластичних маса. Програмски пакет Autodesk Inventor Pro поседује модул Create Mold Design која нам омогућује олакшану израду алата за бризгање применом стандардних елемената. [8]



Слика 5.6 - Основне команде модула Mold Design у програму Autodesk Inventor Pro [8]

Пример модела слопа алата који је израђен коришћењем овог програма приказан је на следећој слици.



Слика 5.7- Модели (а-пластичног дела, б-слопа алата) израђени у Autodesk Inventor Pro [18]

5.5 PTC Creo

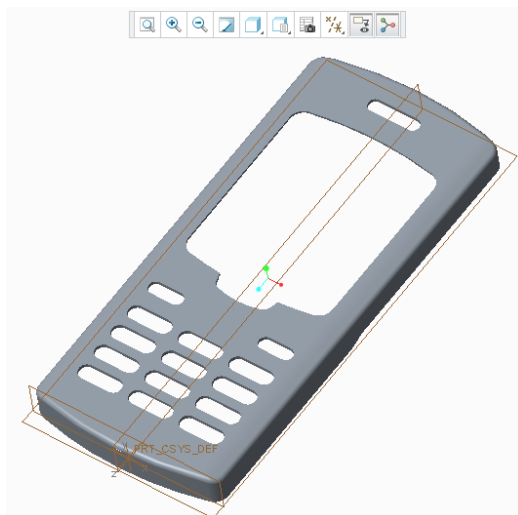
PTC Крео представља унапређену варијанту познатог CAD софтверског пакета Pro Engineer. Као главна предност овог софтверског пакета у односу на друге може се навести то што је могуће извршити измене и над 3D моделима који нису у њему израђени, већ у неком другом CAD софтверском пакету. Такође овај програм омогућава да и модели који се раде у оквиру овог софтвера се сниме у формату који одговара CAD софтверима као што су:

- CATIA V5,
- Inventor,
- SolidWorks,
- SolidEdge i
- Siemens NX

Ово је од посебног значаја са обзиром да се фирме одлучују за различите CAD софтверске пакете па им је размена и измена на тако формираним моделима и склоповима до сада била у великој мери отежана. [8]

Програм се користи у великој мери у аутомобилској индустрији и у конструкцији погонских компонента. Најпознатији корисници PTC Крео-programa су: Audi, BMW, Boing, Bosh, John Deere, Volkswagen, Libher, Motorola, Simens, Toyota и други.

PTC Крео се као и претходно наведени CAD софтвери може користити за пројектовање делова од пластичних маса и алата за њихову израду. Учење овог програма је олакшано јер уз њега иде велики број показних видео снимака. Пример маске телефона која је пројектована у програму PTC Крео дат је на слици. [8]



Слика 5.8 - Модел маске телефона израђене у програму PTC Creo[8]

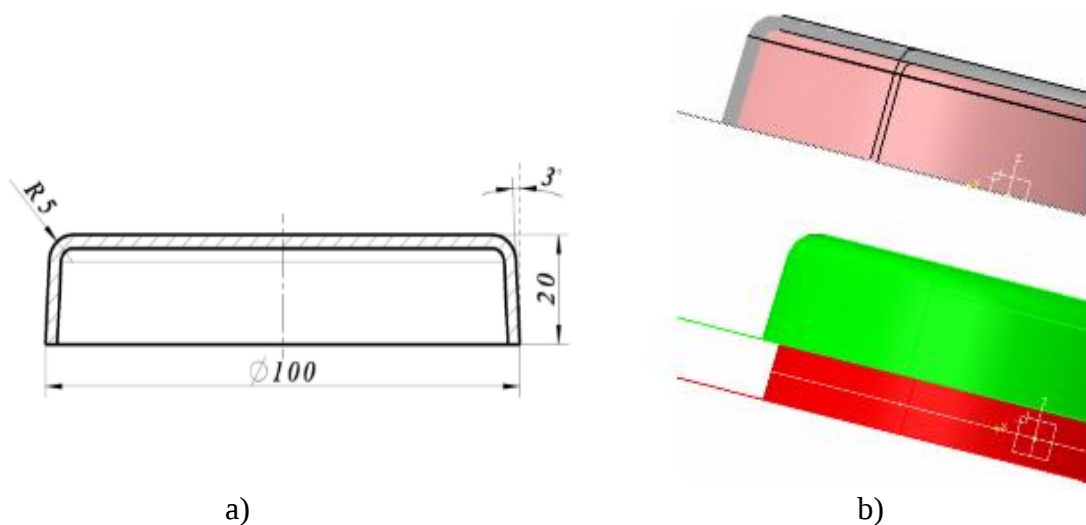
5.6 CATIA V5

CATIA V5 је интерактивни програмски пакет за тродимензионално дизајнирање и производњу. Могућности CATIA-е су огромне, јер осим моделирања машинских делова омогућује и симулацију понашања при оптерећењу, израду NC програма за NC и CNC машине, симулацију обраде и низ других погодности важних у пројектовању одређеног производа и његовој изради.

Хиљаде компанија у разним индустријама широм света користе предности и могућности виртуалног дизајна CATIE како би осигурале успех својих производа. Ништа мање није важна чињеница да CATIA на темељу нацртаних 3D модела генерише технолошку документацију за производњу, те да свака промена на 3D моделу бива аутоматски пропраћена изменама у технолошкој документацији па је изузетно олакшана прерада и дорада модела за нове потребе. Као програм за цртање, CATIA V5 нуди све предности Windows-а и приближена је корисницима који немају обимна предзнања из техничких дисциплина за пројектовање и конструисање, јер програм нуди низ решења којима се до циља долази лакшим путем.

Првенствена и главна намена програма CATIA V5 је за инжењере и пројектанте машинске струке. Постоји велики број опција које могу да користе архитекте и електротехничари, али се цео програм заснива на цртању и испитивању механичких модела и склопова. Пошто је програм модуларно направљен, састоји се из независних целина која, свака за себе, омогућава одрађивање одређеног проблема. Ова модуларност је заслужна за лако шетање по менијима и проналажење одговарајуће функције. За разлику од ProEngineer-а, CATIA менији не иду по 7-8 нивоа у дубину, већ све функције активног модула стају у један тоолбар и на дохват миша су у сваком тренутку.

Да би смо извршили израду алата за бризгање пластике неопходно је да се поседује модел дела којег је потребно добити овим поступком. Пошто се део од пластичне масе при хлађењу скупља потребно је да се модел увећа за величину коефицијента скупљања материјала. Након тога коришћењем команди модула Core/Cavity Desing добива се облик површина горњег и доњег дела калупа (слика 5.9). [8]

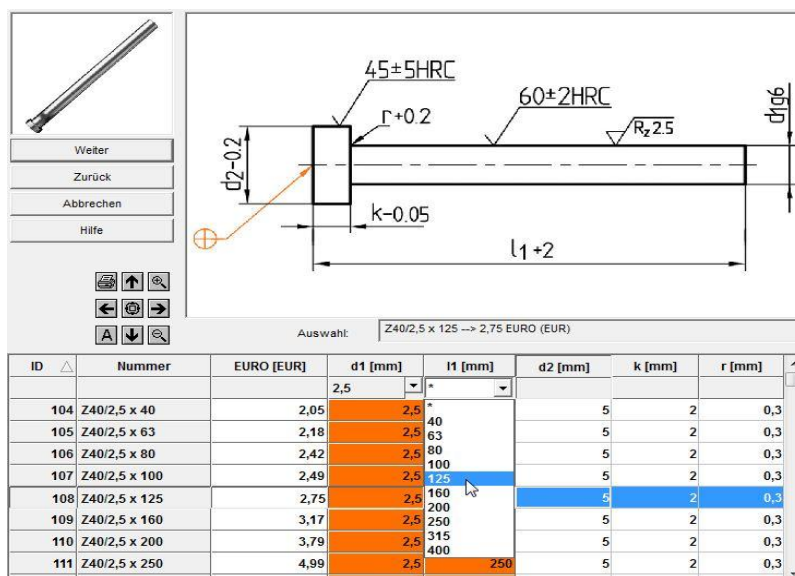


Слика 5.9 - Раздвајање горње и доње површине калупа коришћењем команди модула *Core/Cavity Desing* (а-технички цртеж дела, б-раздвојене површине) [8]

5.7 Примена стандардних делова алата у CAD софтверима

Као што је већ речено применом стандардних елемената алата знатно се смањује цена самом алату, као и време потребно за његову израду. Из тог разлога произвођачи стандардних елемената алата развили су базе са CAD моделима ових елемената и са основним информацијама о њиховим габаритним димензијама, тежини и цени појединих елемената. Каталози односно базе стандардних елемената са CAD моделима се могу интегрисати у CAD софтвере, затим користити при конструкцији новог алата, олакшавајући на тај начин конструктору посао јер не мора да се бави израдом CAD модела стандардних елемената. На овај начин се и смањује време потребно за конструкцију неког алата и даје више времена конструктору да посвети пажње на најзначајнији елемент алата, а то је калупна шупљина. [8]

На слици 5.10 приказана је база стандардних елемената аустријске компаније HASCO. Једноставним селектовањем делова из базе и количине која је потребна веома се брзо може израдити поруџбени лист. Поред сваког дела који је селектован налази се његова цена. Сличне базе података имају и други произвођачи стандардних елемената. [8]



The screenshot shows the HASCO software interface. On the left, there are navigation buttons: Weiter, Zurück, Abbrechen, and Hilfe. Below these are icons for zooming and other functions. The main area displays a technical drawing of a mold part with dimensions: $d_2 \pm 0.2$, $r \pm 0.2$, $k \pm 0.05$, $l_1 \pm 2$, $60 \pm 2 \text{ HRC}$, $R_z 2.5$, and $d_1 \pm 0.6$. The material is specified as 45±5HRC. Below the drawing, the selected part is Z40/2,5 x 125, priced at 2,75 EURO (EUR). A table below lists various standard elements with their dimensions and prices.

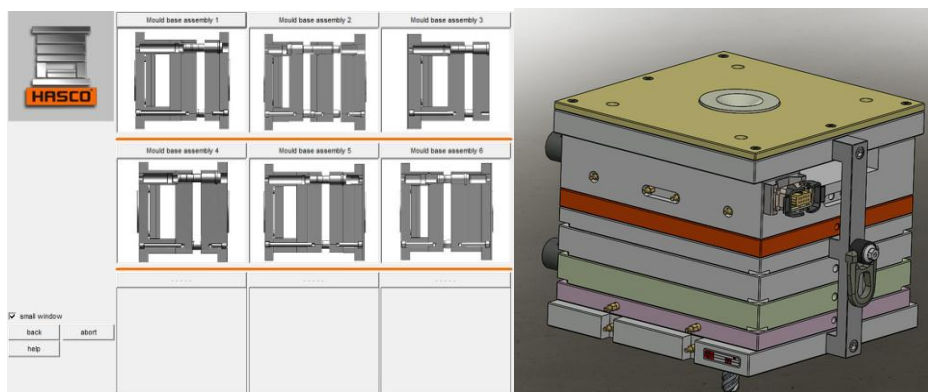
ID	Nummer	EURO [EUR]	d1 [mm]	l1 [mm]	d2 [mm]	k [mm]	r [mm]
			2,5	*			
104	Z40/2,5 x 40	2,05	2,5	40	5	2	0,3
105	Z40/2,5 x 63	2,18	2,5	63	5	2	0,3
106	Z40/2,5 x 80	2,42	2,5	80	5	2	0,3
107	Z40/2,5 x 100	2,49	2,5	100	5	2	0,3
108	Z40/2,5 x 125	2,75	2,5	125	5	2	0,3
109	Z40/2,5 x 160	3,17	2,5	160	5	2	0,3
110	Z40/2,5 x 200	3,79	2,5	200	5	2	0,3
111	Z40/2,5 x 250	4,99	2,5	250	5	2	0,3

Слика 5.10 - База стандардних елемената алата компаније HASCO [8]

HASCO база стандардних елемената може се интегрисати у следеће CAD софтвере:

- CATIA,
- SolidWorks,
- Inventor,
- PTC Creo,
- Solid Edge itd

Hasco је направио и апликацију која иде уз ову базу и која омогућава да се види 3D модел изабраног дела алата или склопа (слика 5.11).



Слика 5.11 - 3D модел склопа стандардних елемената алата компаније HASCO [8]

6. ПРИМЕР ПРОЈЕКТОВАЊА ПОКЛОПЦА ЗА КУТИЈЕ ЕЛЕКТРО ИНСТАЛАЦИЈЕ И АЛАТА ЗА ЊЕГОВУ ИЗРАДУ

У оквиру овог мастер рада поред основног упознавања са пластичним масама и њиховом применом у производној индустрији, било је потребно конструисати алат за израду дела који је у овом случају поклопац инсталације.

Поступак конструисања извршен је у софтверском пакету **CATIA V5R18**. Да би се извршило пројектовање алата за бризгање пластике, као полазна основа креиран је површински тродимензионални (3D) модел.

CATIA V5 је интерактивни програмски пакет за тродимензионално дизајнирање и производњу. Могућности CATIA-е су огромне, јер осим моделирања машинских делова омогућује и симулацију понашања при оптерећењу, израду NC програма за NC и CNC машине, симулацију обраде и низ других погодности важних у пројектовању одређеног производа и његовој изради.

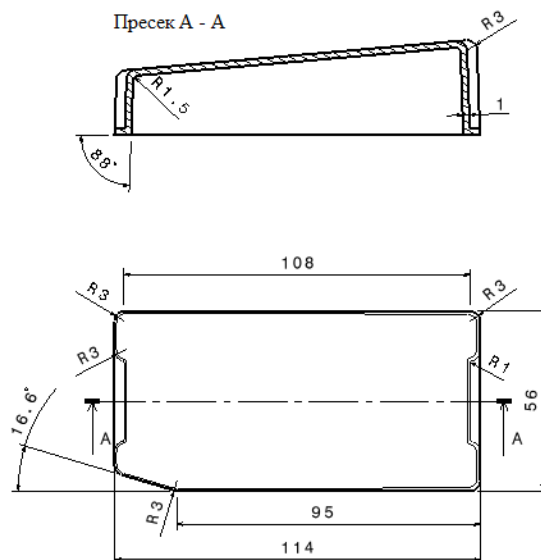
CATIA V5 R18 је софтверски пакет који омогућава:

- коришћење стандардних компонената алата водећих светских произвођача као што су Hasco, Meusburger, Futoba, DMS, непосредно кроз *Mold Base Library*,
- објектно оријентисано једноставно и веома брзо креирање калупа уз помоћ геометријског модела производа,
- непосредно коришћење креираног модела крајњег производа при дефинисању кокила,
- при дефинисању димензија калупних шупљина узима се у обзир фактор скупљања материјала,
- пројектовање алата са више гнезда,
- креирање типских система специфичних за ињекционо пресовање: уливног, система за избацивање отпресака и системи веза и др.
- аутоматско генерисање равни раздвајања кокила,
- симулација секвенци отварања калупа и избацивања отпресака,
- елементи се могу користити за генерисање кода за обраду на CNC машинама,

6.1 Конструисање 3D модела

Као основа за креирање 3D модела од скице употребљен је радионички цртеж дела. Приликом креирања 3D модела посебно је битно водити рачуна о потребним величинама које се третирају као параметарске, како би модел калупа био прилагођен реалном производу. Модел треба да садржи све потребне карактеристике производа као што су геометрија, запремина, маса и др.

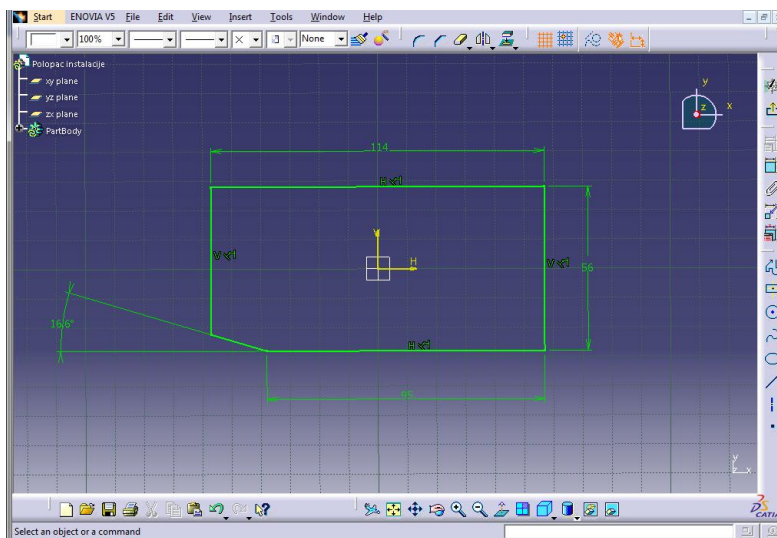
Пре свега потребно је извршити анализу дела, како би се одабрао најбољи начин за конструисање 3D модела. Након извршене анализе приступа се моделирању.



Слика 6.1 - Основна геометрија поклопца инсталације

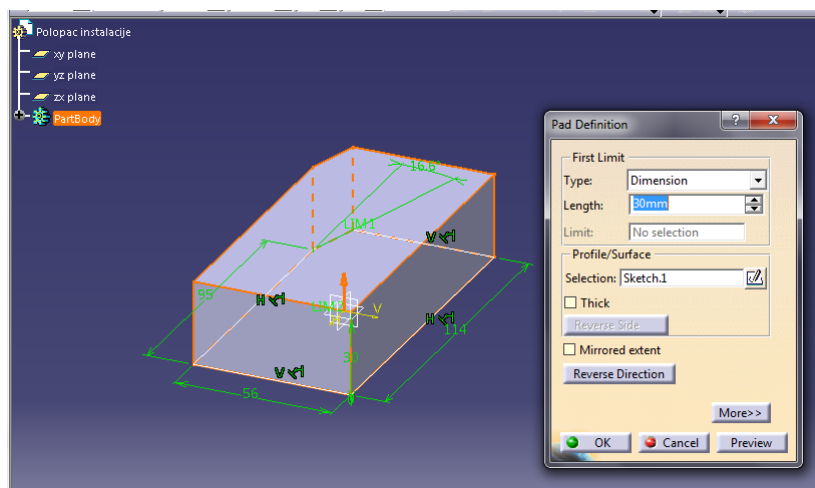
У програмском пакету **CATIA V5R18** моделирање започиње у **Sketch** окружењу и у овом случају у XY равни у којој се помоћу функције **Profile** дефинише почетна скица односно контура модела.

Потом се врши димензионисање контуре (скици се додају ограничења коте и релације) користећи функцију **Constraint**. Контуру је потребно ограничити са довољно параметара како би била потпуно дефинисана односно да сви елементи контуре не буду зелене боје, док се елементи који нису потпуно дефинисани приказују белом бојом. Изглед **Sketch** окружења је приказан на слици.



Слика 6.2 Дефинисање потребне геометрије у Sketch-у

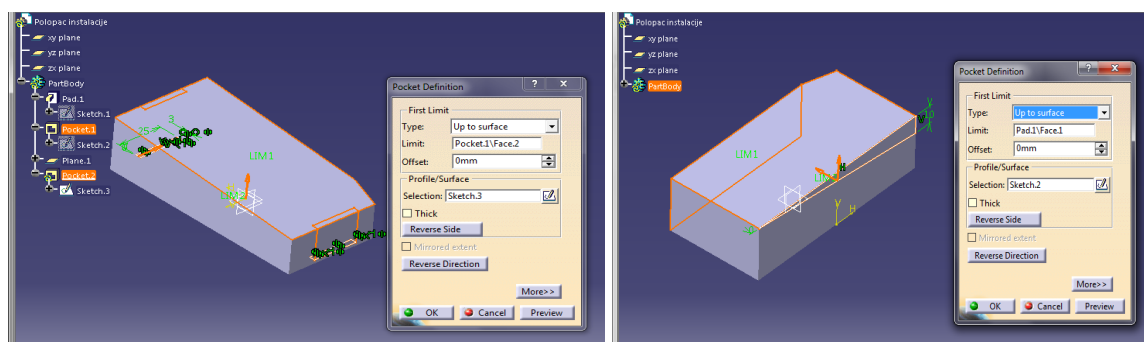
Излак из **Sketch** окружења врши се командом **Exit workbench**. Потом се у радном окружењу **Part design** укључивањем функције **Pad**, дефинише трећа димензија скициране **2D** геометрије и уписује се вредност треће димензије у овом случају **30mm** (слика 6.3).



Слика 6.3 - Полазни 3D модел добијен функцијом **Pad**

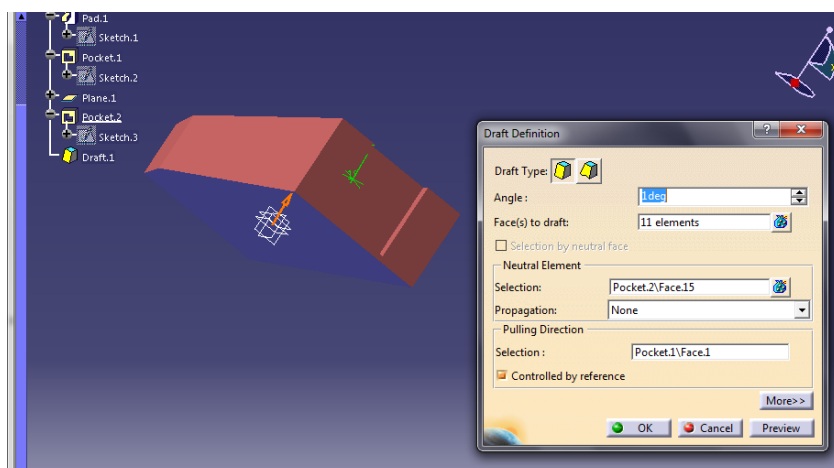
У следећој фази је за уклањање вишка материјала просецањем дефинисане **2D** геометрије коришћена функција **Pocket**.

У **Sketch** окружењу на предходно одабраној равни скицирања се уцрта контура и функцијом **Constraint** прецизно дефинишу димензије. Након изласка из **Sketch** окружења и укључивања функције **Pocket** на екрану се појављује прозор **Pocket definition**, у оквиру ког се одабира команда **Up to next**, као тип, и селектовањем скициране **2D** контуре прореза, дефинише профил (слика 5.4).



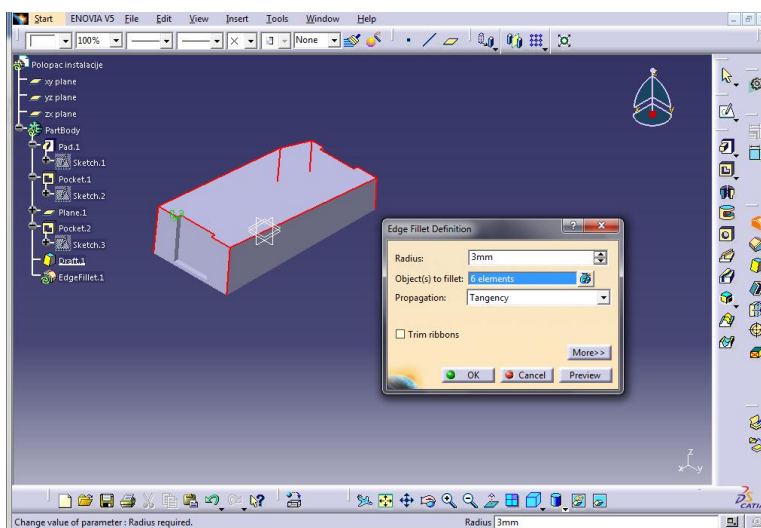
Слика 6.4 - Одсецање функцијом **Pocket**

Потом се у следећој фази користи функција **Draft Angle** која служи како би се закосиле одређене површи и тиме омогућило лакше вађење радног комада из алата за бризгање пластике односно његове калупне шупљине. Активирањем функције **Draft Angle** селекују се површи које се закошавају, а потом и доња (неутрална) површ и унутар дијалог прозора задаје се угао закошења, у нашем случају **Angle = 1deg** за све закошене површине (слика 6.5).



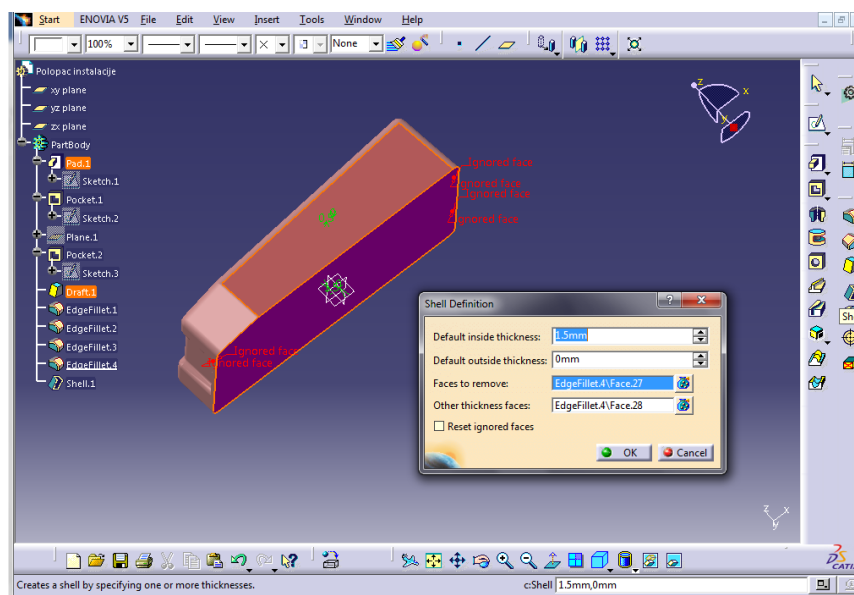
Слика 6.5 - Закошење површи помоћу функције Draft Angle

Након предходне радње активира се **Edge Fillet** команда која служи да се креирају заобљења оштрих ивица. Сходно томе потребно је селектовати ивице и потом у оквиру прозора **Edge Fillet Definition** унети вредност радијуса заобљења 3mm и потврдити дефинисане параметре.

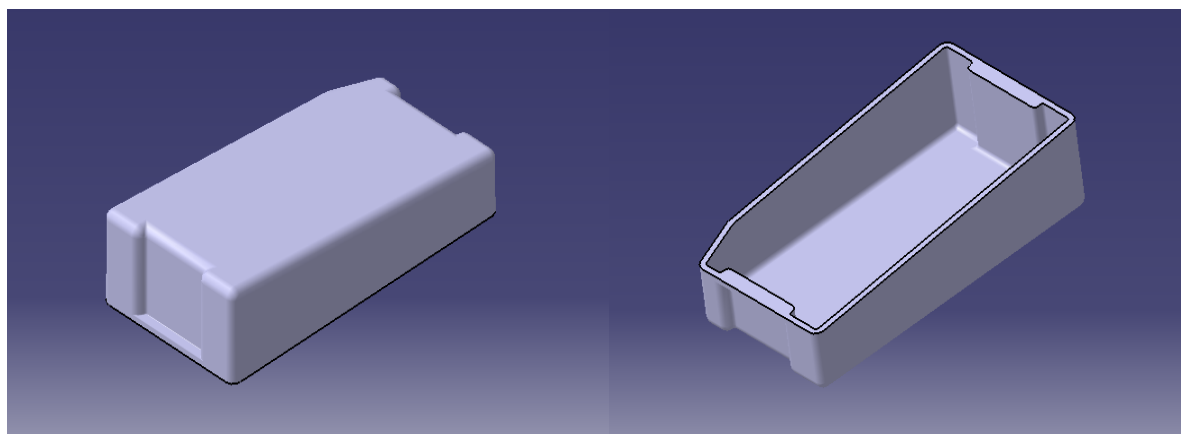


Слика 6.6 - Креирање заобљења помоћу функције Edge Fillet Definition

На крају се врши креирање кутијастог елемента активирањем команде **Shell**. У оквиру прозора **Shell Definition** у пољу **Default inside thickness** уноси се дебелина зида кутијастог елемента односно у овом случају **1.5mm** а у оквиру поља **Faces to remove** потребно је селектовати доњу површ модела и потом потврдити дефинисане параметре.



Слика 6.7 - Креирање кутијастог елемента помоћу функције Shell Definition



Слика 6.8 - Коначан изглед 3D модела поклопца инсталације

6.2 Моделирање алата за израду поклопца инсталације

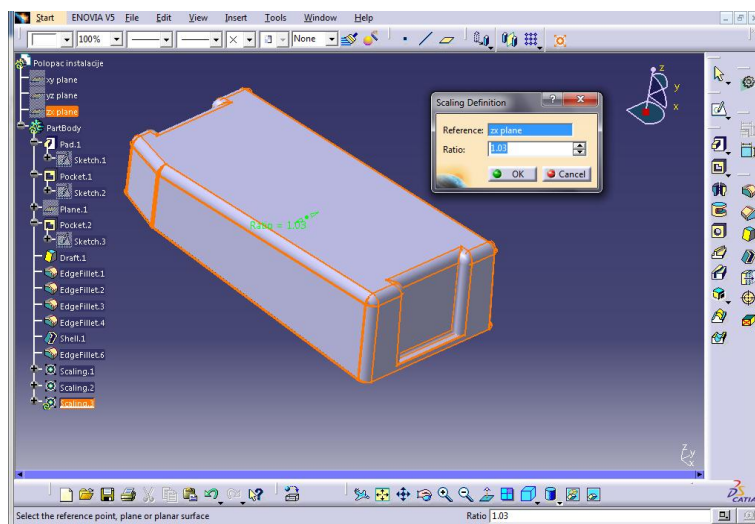
Да би извршили пројектовање алата за бризгање пластике неопходно је да имамо полазни модел дела који се треба добити као крајњи резултат овог поступка. Како се делови од пластичне масе скупљају приликом хлађења потребно је модел увећати за коефицијент скупљања радног материјала.

Коефицијент скупљања претставља највећи проблем у пројектовању алата за бризгање пластике и управо због тога морамо добро познавати материјале јер величина скупљања материјала зависи од много фактора, од којих су најзначајнији:

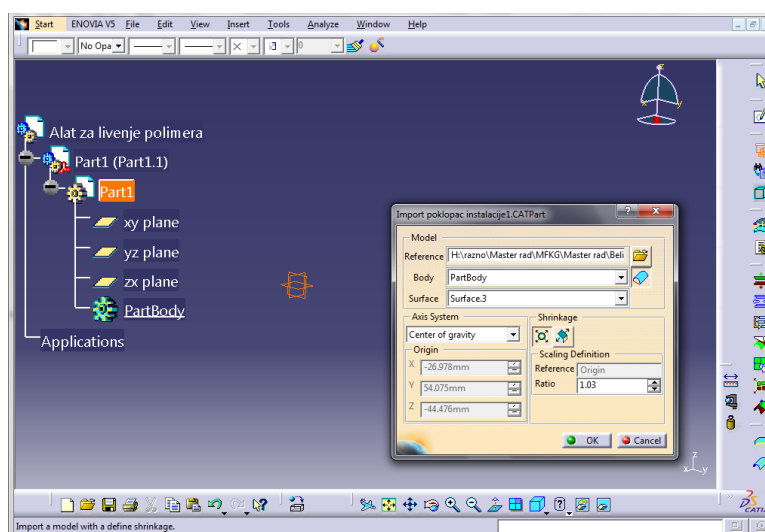
- врста термопласта,
- димензије и облик производа,
- температура растопљеног пластомера,
- врста калупа и уливна места,
- карактеристике машине (притисак и брзина убризгивања).

Приликом одређивања коефицијента скупљања полимера најчешће се користе подаци произвођача, као и искуствени и експериментални подаци.

У овом примеру за израду поклопца инсталације ауто светла коришћен је полипропилен, а коефицијент скупљања за полипропилен је 1%. Ова вредност је дефинисана у оквиру **Part Design** окружења функцијом **Scaling** (потребно је дефинисати коефицијент скупљања за све три координатне осе).



Слика 6.9 - Дефинисање коефицијента скупљања



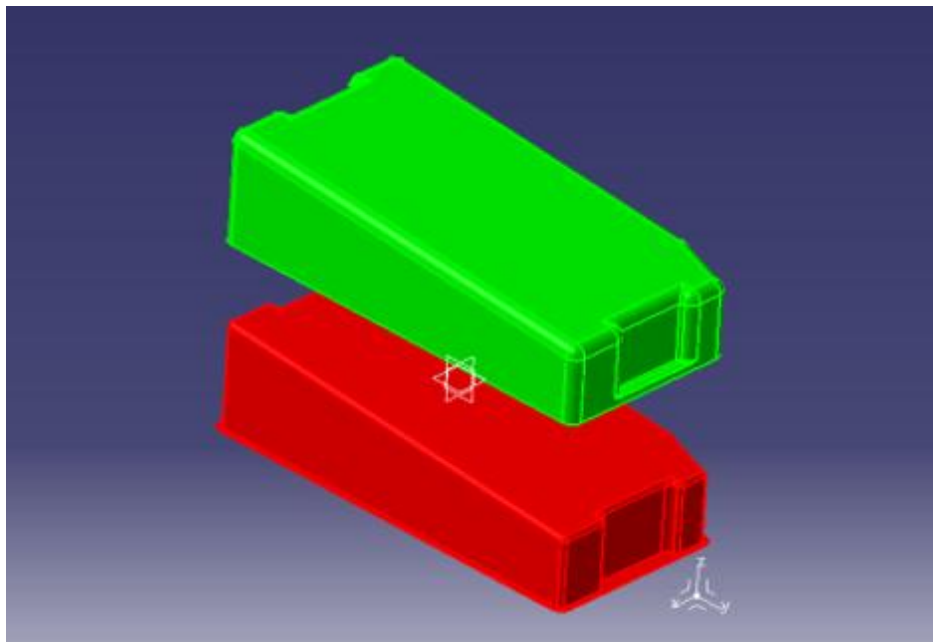
Слика 6.10 - Дефинисање коефицијента скупљања у модулу *Mold Tooling Design*

Као што је већ напоменуто **CATIA** омогућава лако и брзо генерисање подеоне равни уласком у модул **Core&Cavity Design**

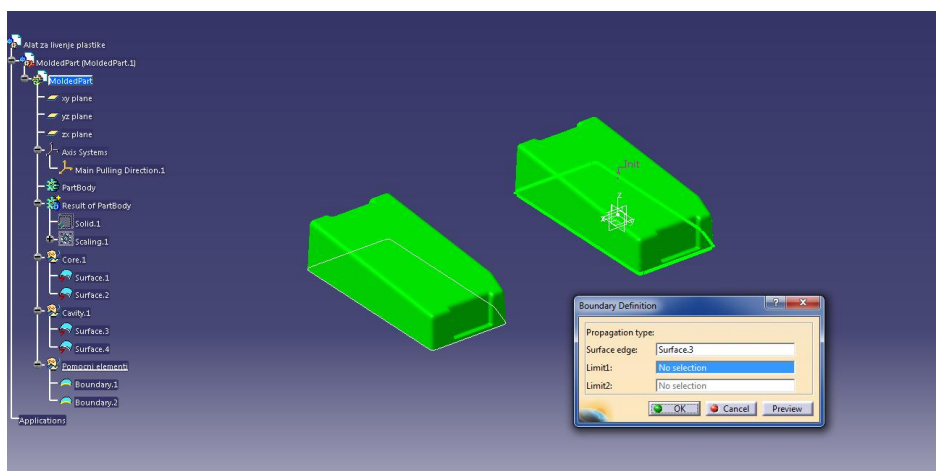
Након коришћења модула **Core&Cavity Desing** добија се облик калупних шупљина односно горњег и доњег дела калупа.

У модулу **Core&Cavity Design** помоћу команде **Defines pulling direction**, омогућен је аутоматски преглед праваца у којима се крећу горња и доња површ алата. При том зеленом бојом означена је горња, а црвеном доња површ алата.

У модулу **Core&Cavity Design** помоћу команде **Defines pulling direction**, омогућен је аутоматски преглед праваца у којима се крећу горња и доња површ алата. При том зеленом бојом означена је горња, а црвеном доња површ алата.



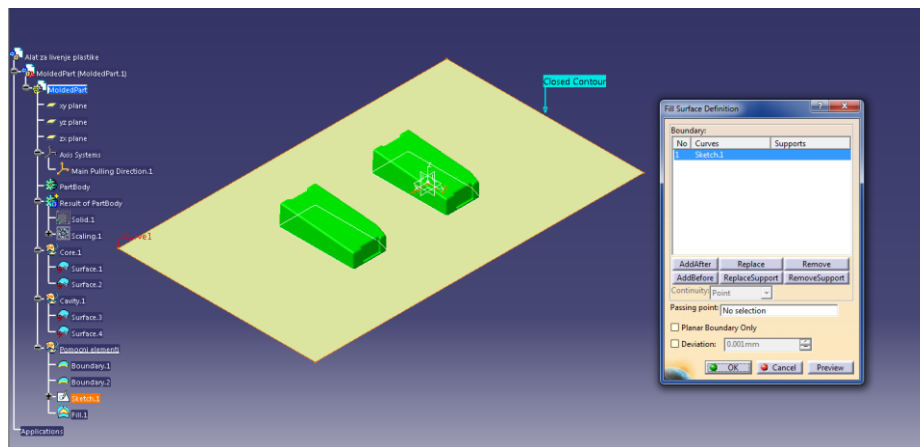
Слика 6.11 - Горња и доња површ алата



Слика 6.12 – Пројектовање границе површи

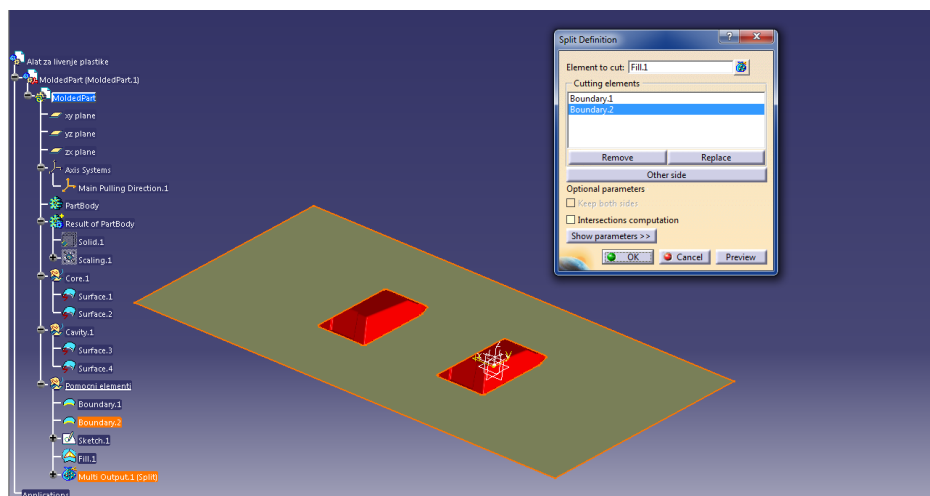
Пројектовање границе површи врши се активирањем команде **Boundary** и селектовањем површи “женске” кокиле (калупне шупњине) у оквиру прозора **BoundaryDefinition**.

Креирање допунских површи врши се помоћу команде **Sketch**. Скица се креира командом **Профиле** а димензиона ограничења се задају командом **Constraint**. Потом се активира команда **Fill** оквиру прозора **Fill Surface Definition** (слика 6.13).



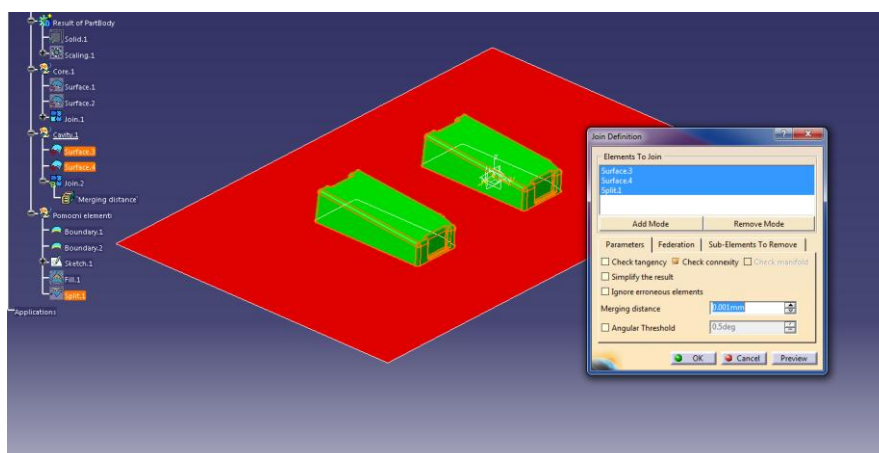
Слика 6.13 - Креирање допунских површи

Исецање површи врши се активирањем команде **Split** у оквиру прозора **[Split Definition]** у пољу **Element to cut** селектовати **Fill.1**, а у пољу **Cutting elements** селектовати **Boundary.1** (слика 5.14).



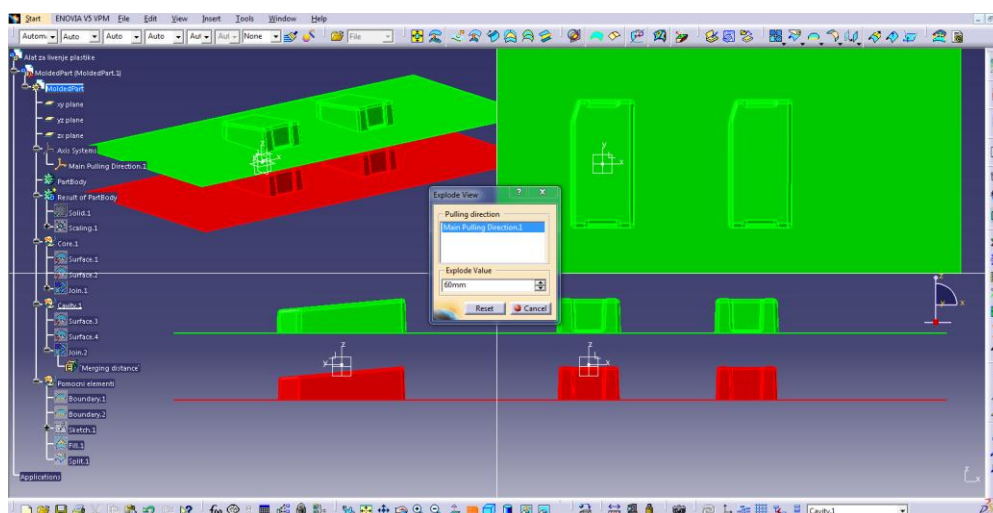
Слика 6.14 - Исецање површи

Након, аутоматског генерисања горњег и доњег дела алата, дефинише се подеона раван (слика 6.15.), што се постиже помоћу функција Parting surface, Extrude и Join.



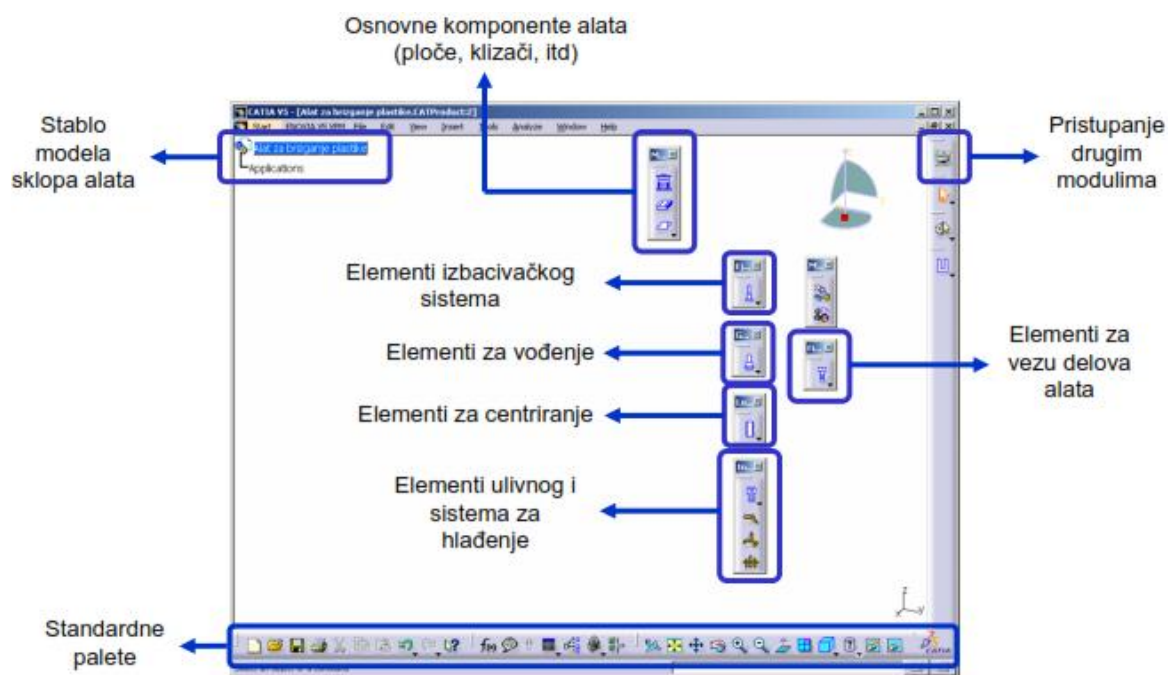
Слика 6.15 - Придруживање допунске површи површи “мушке” кокиле

Овако добијен површински модел, представља површину утискивања у горњи и доњи део калупа, чиме се врши формирање калупних шупљина.



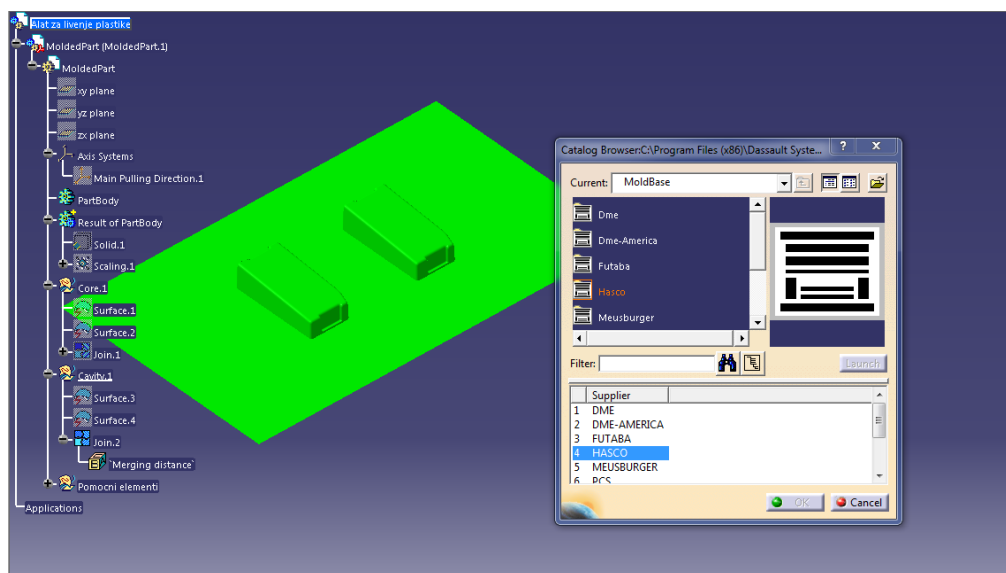
Слика 6.16 - Раздвајање површи “мушке” и “женске” кокиле

Преласком у модул **Mold Tooling Desing** у **CATIA V5R18** се помоћу стандардних елемената алата, а на основу већ формираних површина калупа може израдити модел склопа алата. Основне групе команди овог модула дате су на следећој слици.

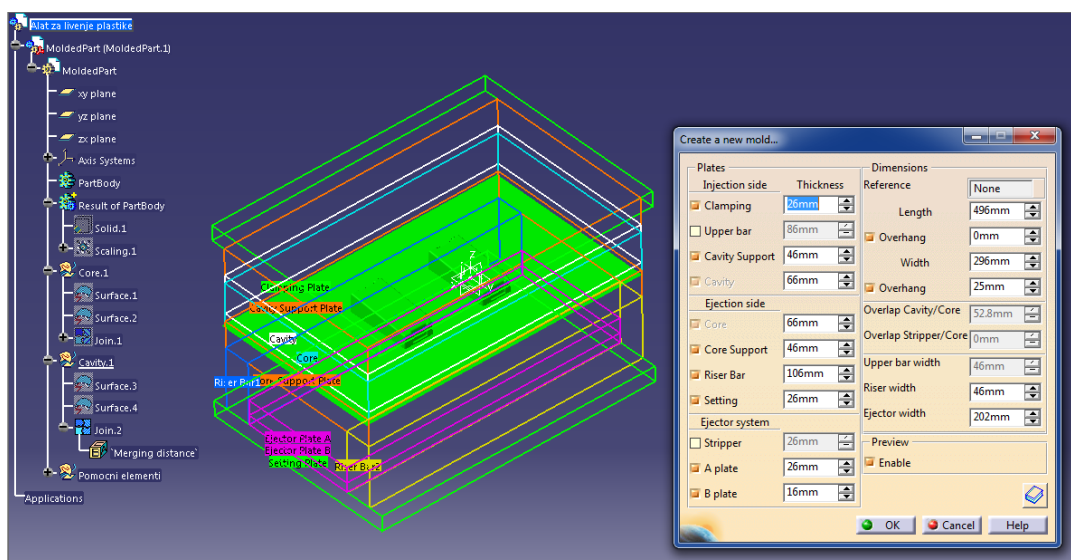


Слика 6.17 - Команде модула Mold Tooling Desing programskog paketa CATIA V5 [8]

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 V5R18** 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 6.18).



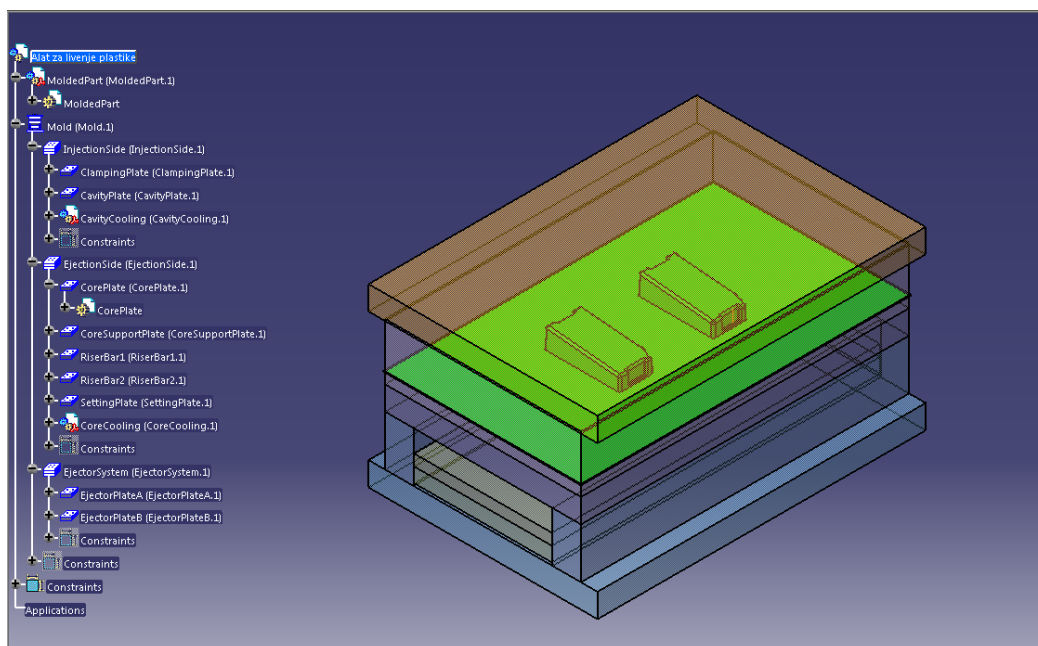
Слика 6.18 - Избор стандардних елемената



Слика 6.19 - Дефинисање димензија алата

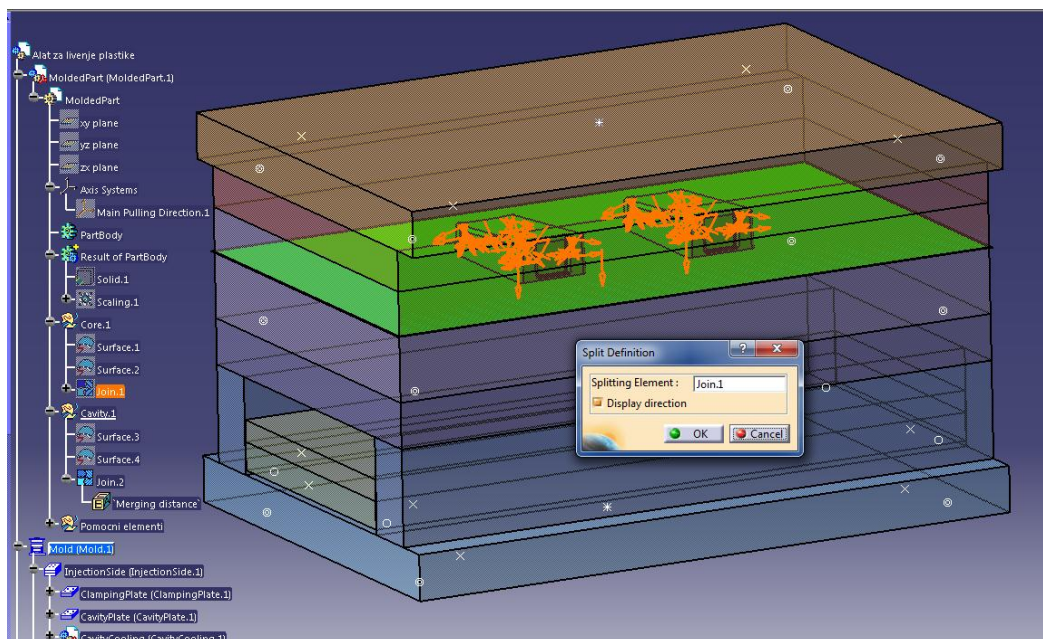
Овако генерисан алат није довољно димензионисан, па се оптимизација његових димензија врши у дијалог прозору који се активира упоредо са приказом алата.

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



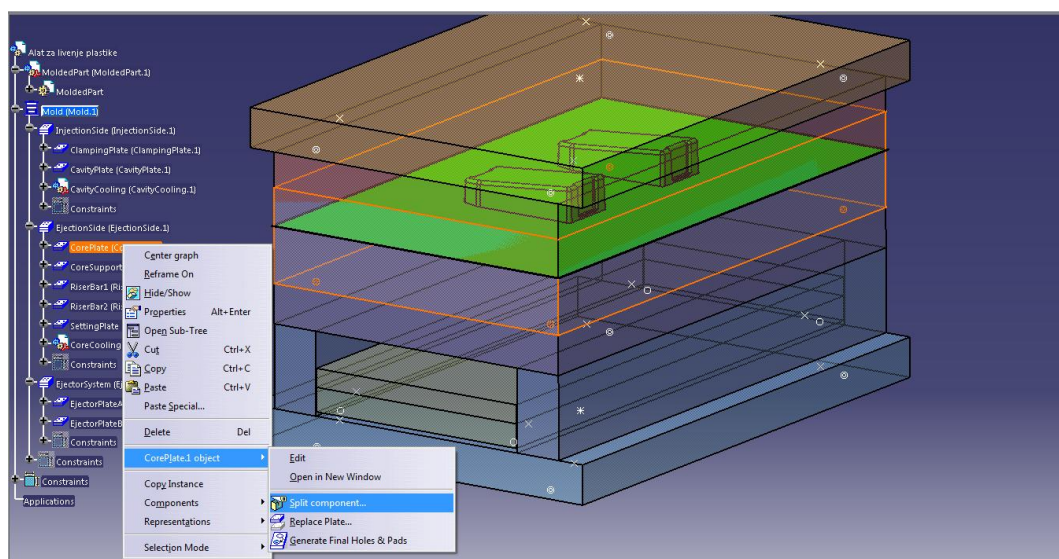
Слика 6.20 - Изглед алата у почетној фази моделирања

У следећој фази приступа се изради калупних шупљина, користећи површински модел урађен у оквиру модула **Core&Cavity**



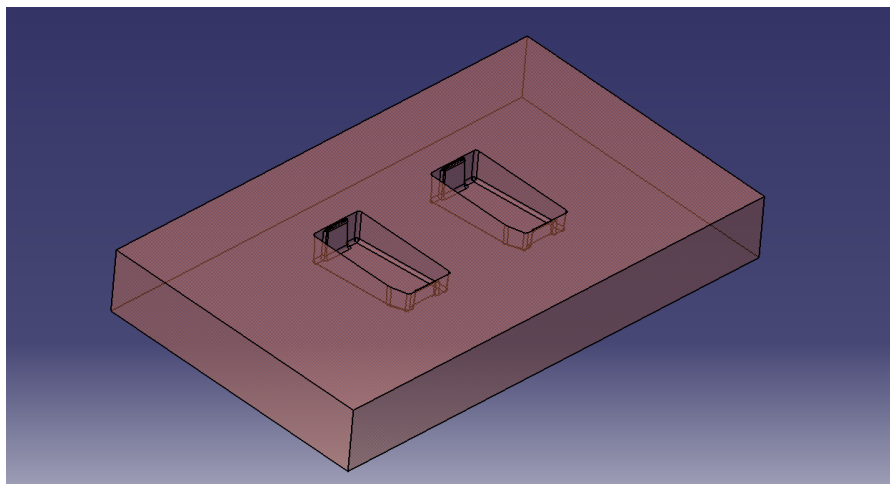
Слика 6.21- Генерисање гравуре “мушке” кокиле

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.



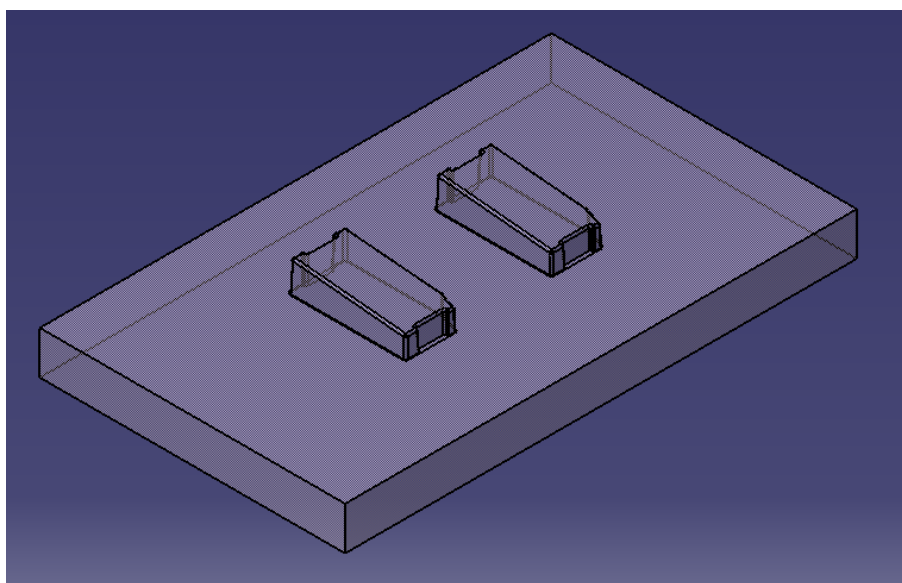
Слика 6.22 - Дефинисање калупне шупљине у доњем делу алата **Core Split Element**

Генерисање гравуре “женске” кокиле врши се тако сто се десним тастером миша селекује **CavityPlate (CavityPlate.1)/ CavityPlate.1 object/Split component**, а потом се у оквиру прозора **Split Definition** селекује Join.2 iz grane Cavity.1 стабла модела отпреска (MoldedPart). Изглед “женске” кокиле приказан је на следећој слици.



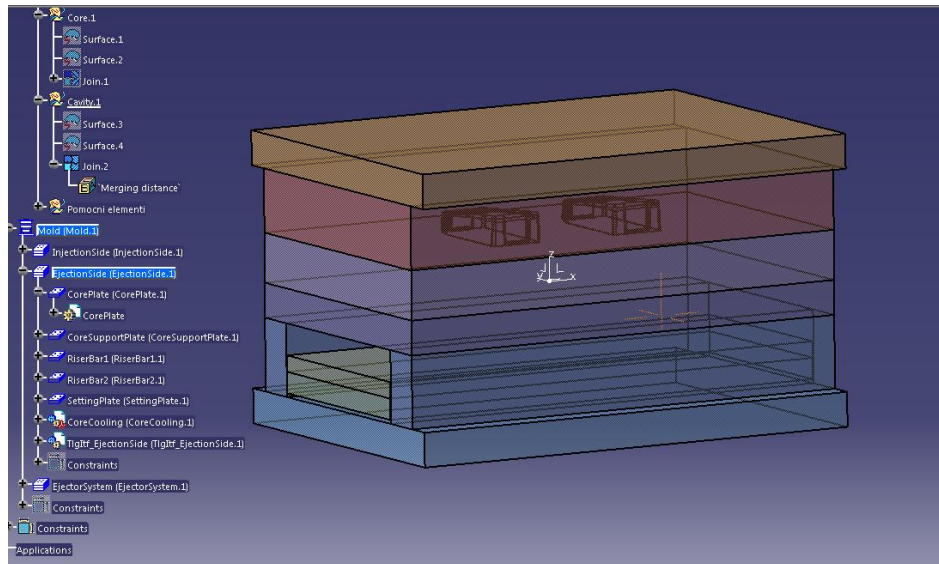
Слика 6.23 - Изглед “женске” кокиле

Генерисање гравуре “мушке” кокиле врши се тако сто се десним тастером миша селекује **CorePlate (CorePlate.1)/ CorePlate.1 object/Split component**, а потом се у оквиру прозора **Split Definition** селекује Join.1 из гране **Core.1** стабла модела отпреска (MoldedPart). Изглед “мушке” кокиле приказан је на следећој слици.



Слика 6.24 - Изглед “мушке” кокиле

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

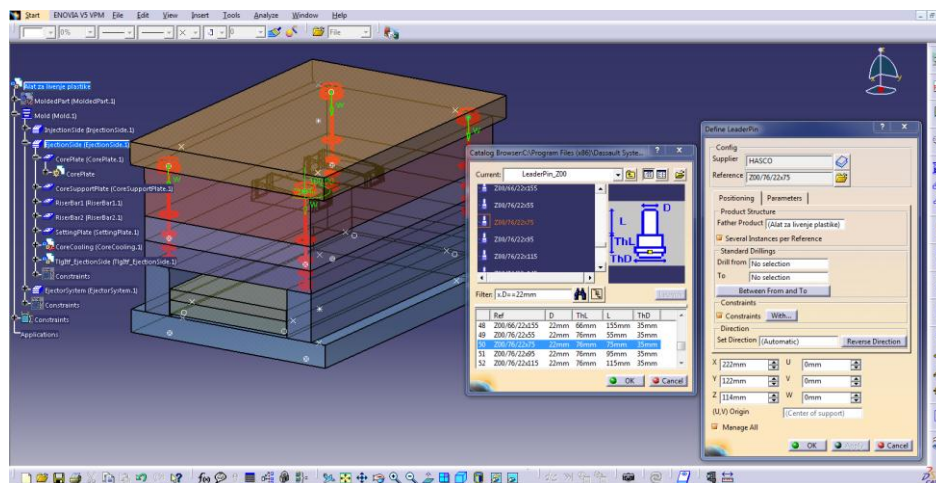


Слика 6.25 - Положај калупних шупљина у алату

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.

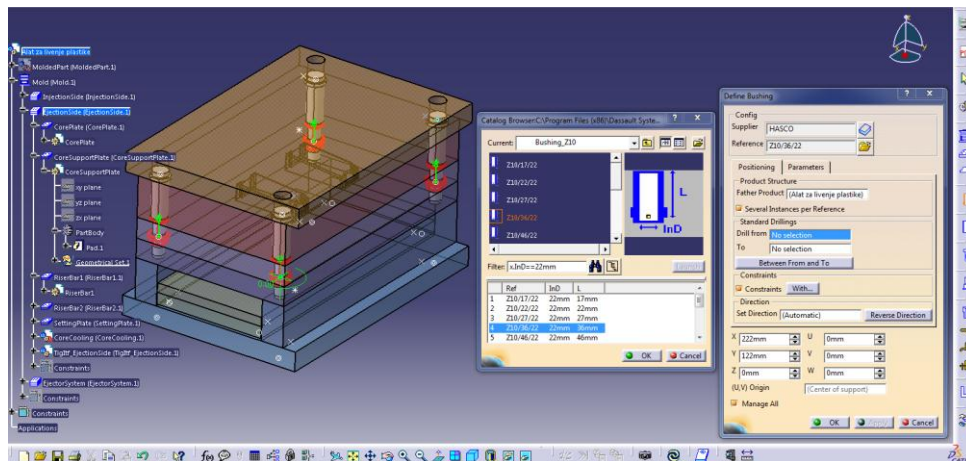
Положај стубних вођица се у програмском пакету CATIA генерише аутоматски, а постоји и могућност задавања положаја стубних вођица.

Командом **Lider Pin** отвара се дијалог прозор у оквиру кога се врши избор стандардних (**Hasco**) стубних вођица са одговарајућим димензијама (слика 5.27).



Слика 6.26 - Дефинисање стубних вођица

Као систем за центрирање и вођење алата су из базе података којом располаже CATIA употребљени четири стубне вођице са чаурама и прстеновима за вођење.



Слика 6.27 - Дефинисање чаура за вођење

Код дефинисања уливног система програмски пакет **CATIA** пружа могућност избора места, као и потребног облика уливника.

Врсте стандардних уливника:

- централни-директни,
- тунелни,
- бочни уливник,
- уливни систем са разводним каналима итд.

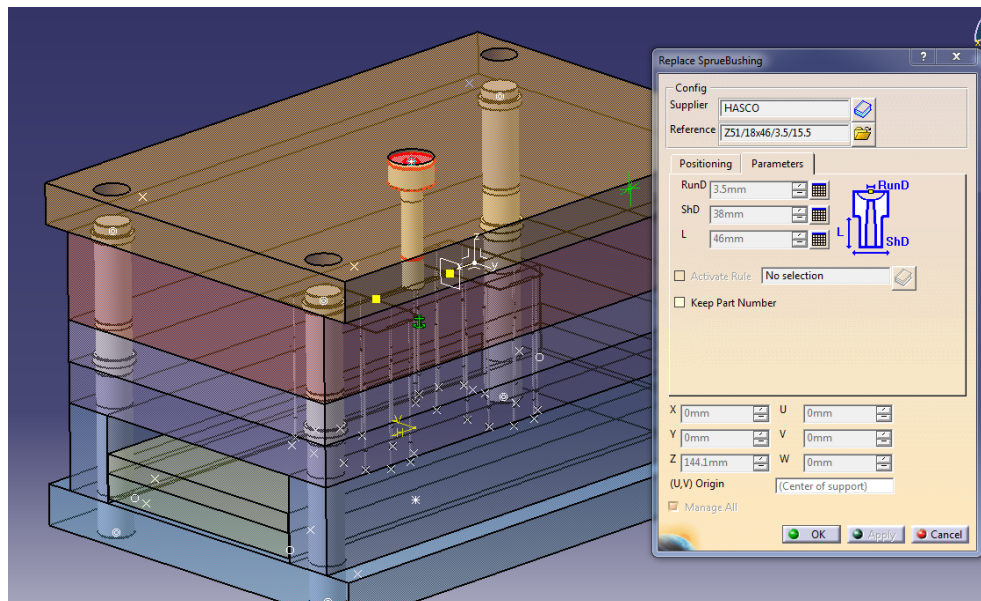
Веома је битно одредити правилан положај и тип уливника, јер и сам квалитет производа, у највећем броју случајева, зависи од њиховог правилног дефинисања.



Слика 6.28 – Каталог стандардних уливника

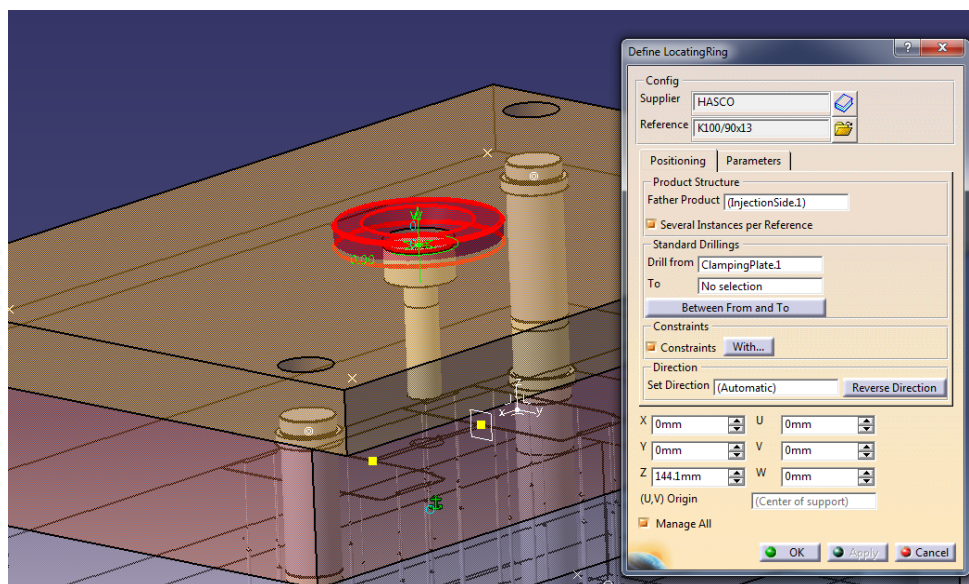
Да би уливни систем пројектованог алата био комплетан неопходно је дефинисати уливну чауру и уливни прстен.

Функцијом **Sprue Bushing** дефинише се уливна чаура.



Слика 6.29 - Избор уливне чауре (Sprue Bushing)

Функцијом **Clamping Center** врши се избор облика, као и димензија уливног прстена, а као веза са горњом плочом користе се вијци M8.



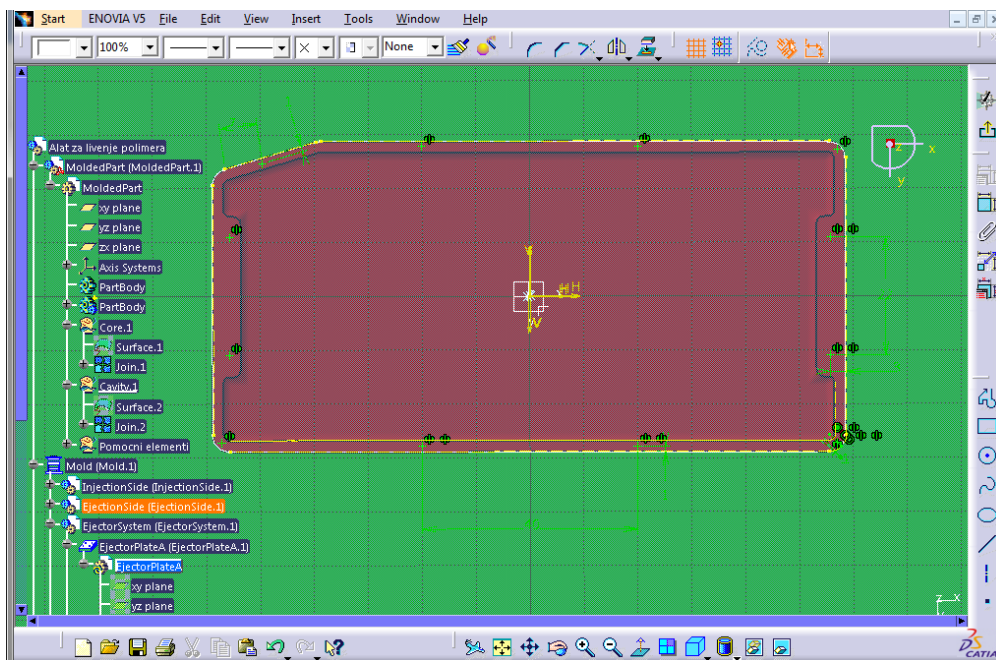
Слика 6.30 - Избор уливног прстена (Clamping Center)

За конструкцију овог алата користе се игличасти избаивачи, који су већ приказани.

Потребно је пре свега скицирати тачке које означавају положај и то на начин да се уклони доњу избаивачка плоча **EjectorPlateB** избором опције **Hide/Show**.

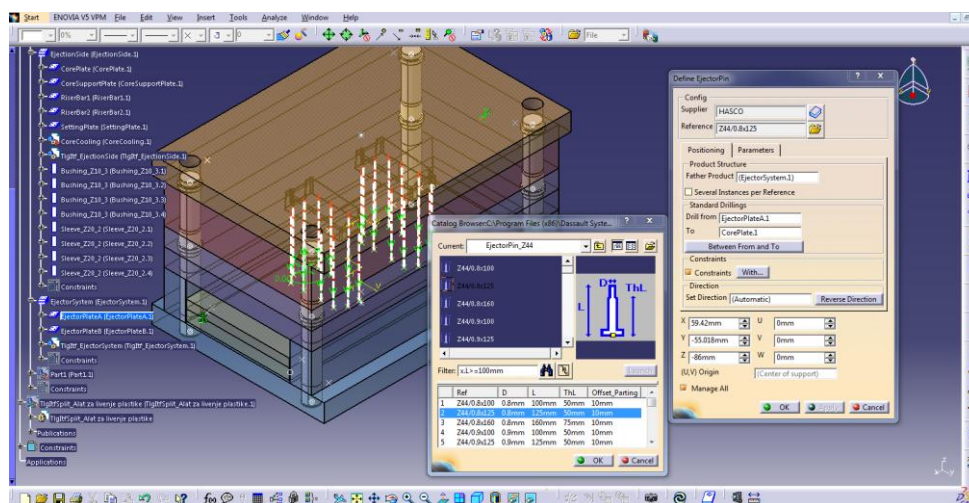
Потом се двоструким кликом активира горња избаивачка плоча **EjectorPlateA** и отвори **Part Design** модул.

Са доње стране плоче **EjectorPlateA** скицирају се тачке положаја избаивача унутар контуре.

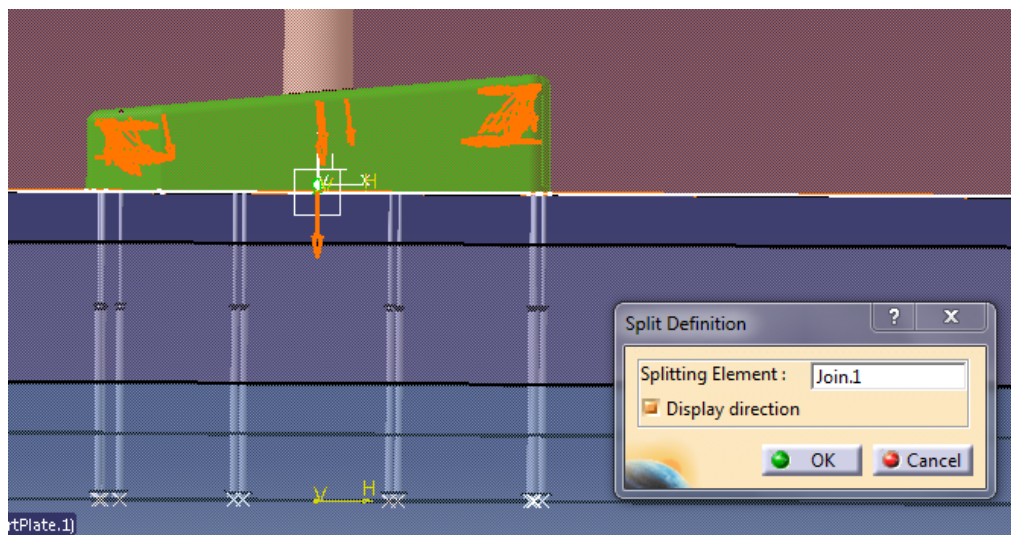


Слика 6.31 - Скица положаја избаивачких игли

Кликом на икону **Define Ejector Pin** врши се избор, као и дефинисање положаја и димензија, избаивача.

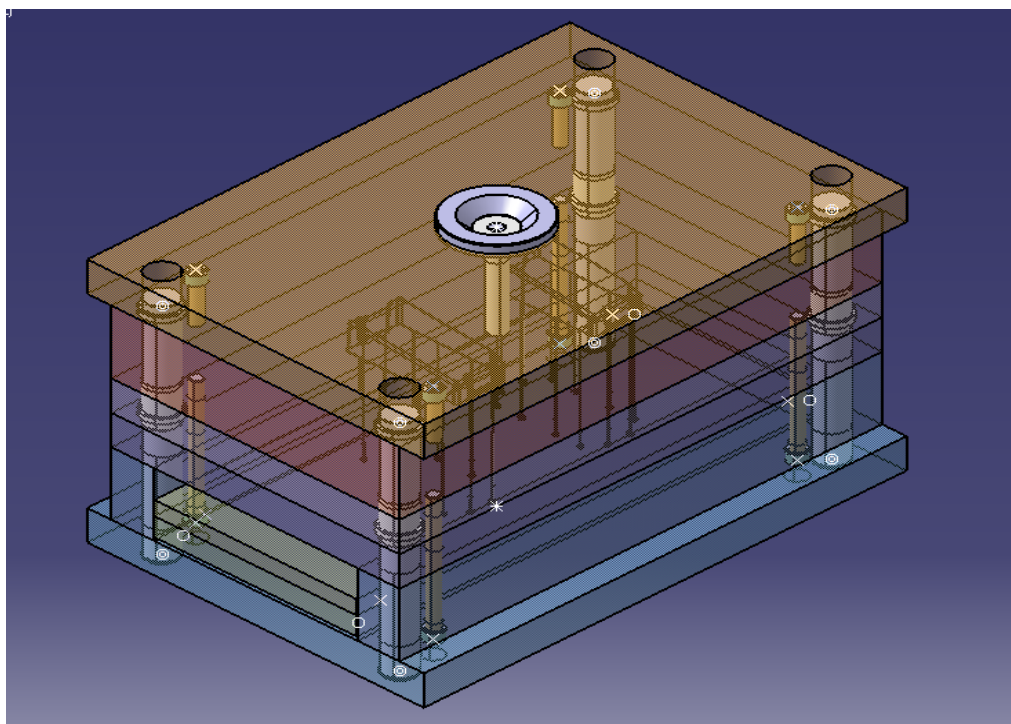


Слика 6.32 - Генерисање избаивачких игли



Слика 6.32 - Дефинисање система за избацивање отпресака

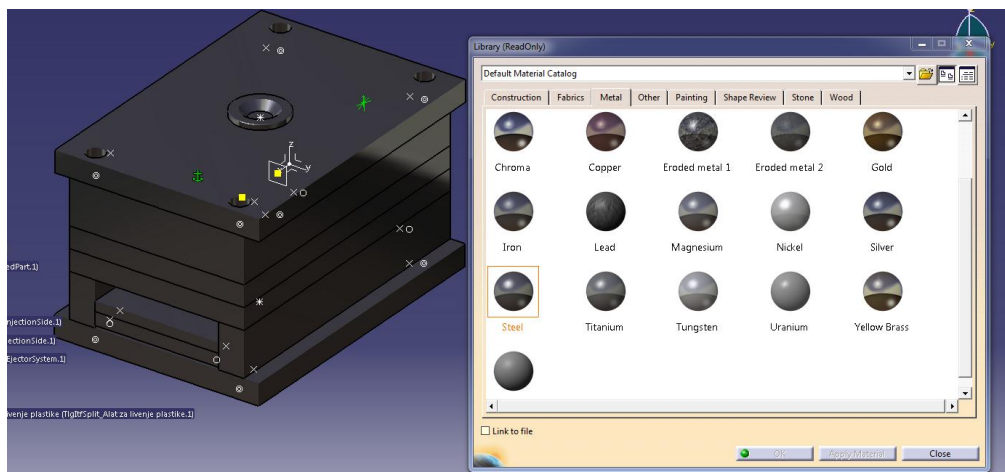
На слици је коначан изглед моделираног алата за бризгање поклопца инсталације.



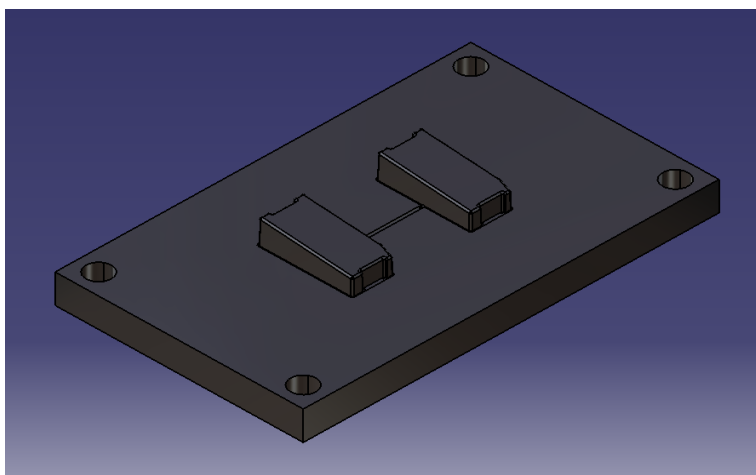
Слика 6.33 - Модел алата

Тиме је завршено моделирање алата. За крај је још остало одређивање врсте материјала. То се дефинише селектовањем иконе **Apply Material**.

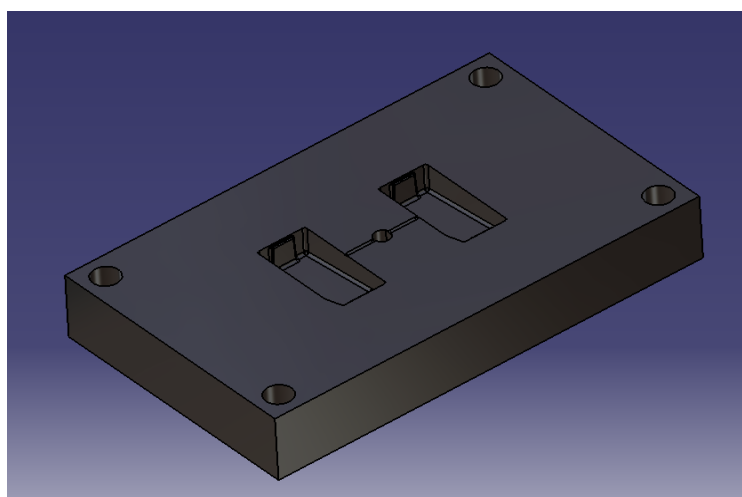
Из каталога се изабира тражени материјал и превлачењем односно поступком **Drag&Drop** преноси на модел (слика 5.35).



Слика 6.34 - Врсте материјала за избор

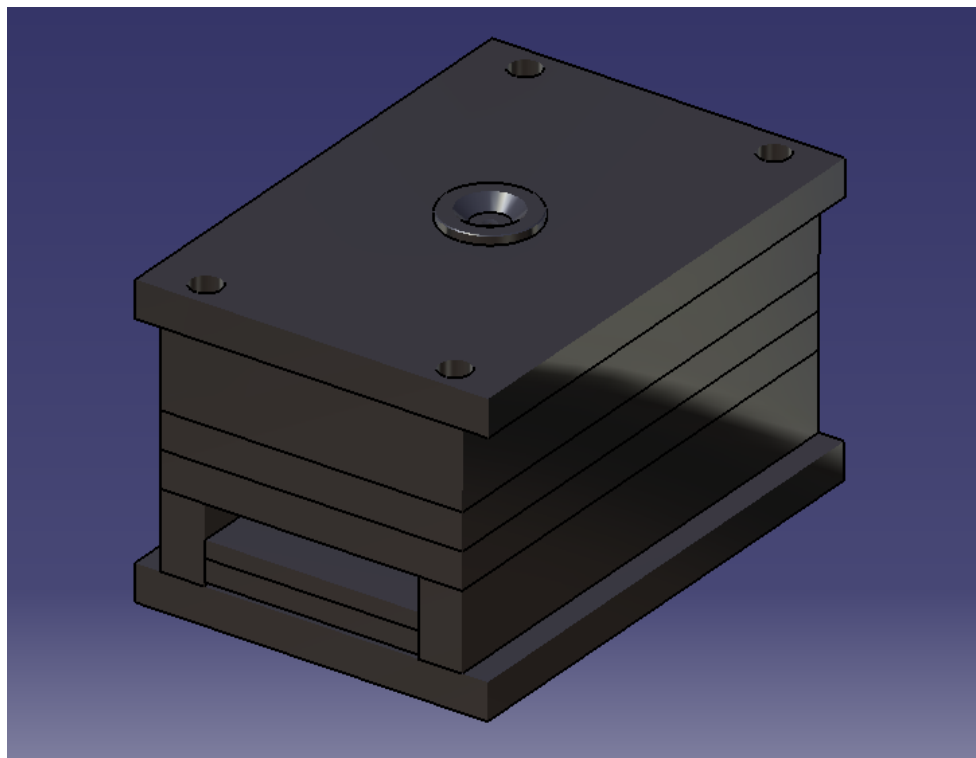


Слика 6.35 – Коначан изглед “мушке” кокиле



Слика 6.36 - Коначан изглед “женске” кокиле

Коначан модел алата за бризгање поклопца инсталације приказан је на слици:



Слика 6.37 - Коначан изглед алата

Основне карактеристике алата за бризгање:

- Ширина алата: 29646mm
- Дужина алата: 496mm
- Висина алата: 195mm
- Належуће или клизне површине брусити (N6)
- Површине у додиру са пластиком полирати (N5)
- Оштре габаритне ивице оборити 0.5/45°

Приликом израде алата за бризгање пластике користити следеће материјале за следеће делове: покретна и непокретна стезна плоча (материјал: E335 (Č 0645)), горњи (непокретни) део алата (материјал: 42CrMo4 (Č 4732), поб. HRC56), доњи (покретни) део алата (материјал: 42CrMo4 (Č 4732), поб. HRC 56), прстен за центрирање 90×16mm (материјал: E295 (Č 0545)), стубне вођице 22×75mm (материјал: 1C15 (Č 1220), каљ. HRC 58-60), чаура (материјал: 1C15 (Č 1220), каљ. HRC 58-60), централни избацивач (материјал: 90MnCrV8 (Č 3840), каљ. HRC58-60), избацивач 0,8×160mm (материјал: 90MnCrV8 (Č 3840), каљ. HRC 58-60), уливна чаура (материјал: X38CrMoV5 (Č 4751), каљ. HRC 48-50), усадна плоча избацивача (материјал: E335 (Č 0645)) и ослона плоча избацивача (материјал: C45 (Č 1530), поб. HRC 56)

7. ЗАКЉУЧАК

Сведоци смо наглог развоја индустрије за производњу и прераду пластичних маса. У данашње време готово да нема гране индустрије која у мањој или већој мери нема потребу за производима од пластичних маса, а посебно у производњи:

- електронске опреме за широку потрошњу,
- рачунара,
- телекомуникационе опреме,
- медицинске опреме,
- аутомобила др.

Како због изврских особина тако и због ниже цене пластичне масе данас замењују већину природних материјала.

Основна компонента пластичних маса су полимери који приликом загревања, односно на вишим температурама прелазе у течно агрегатно стање па се због те своје особине могу формирати трансформацијом или прскањем. Овакви типови синтетичких полимера се могу рециклирати што је јако битна одлика због очувања животне средине.

Полимери су управо због ових карактеристика основ за развој многобројних технологија прераде пластичних маса и огромног спектра производа широке примене.

С обзиром да захтеви тржишта који се постављају пред производе од пластичних маса стално расту, како са аспекта квалитета тако и са аспекта скраћења времена испоруке посебна пажња се придаје процесима повезаним са самим процесом ињекционог пресовања (бризгања). Ови процеси могу узроковати значајна кашњења у производњи а самим тим повећане трошкове и губитак конкурентности на тржишту.

Ињекционо пресовање (бризгање) је најраспрострањенији поступак прераде пластичних маса, којим се израђују велике серије производа због па се због тога много значаја придаје управо конструкцији и квалитету израде алата.

Процес ињекционог пресовања је сам по себи прилично аналитички комплексан због читавог низа фактора који утичу на производњу од којих су посебно важни: карактеристике материјала, комплексност геометрије производа, карактеристике алата и процеса производње, искуства итд.

Све ово намеће потребу за инжењерским алатом који би инжењерима пружио подршку у свим фазама развоја производа, од дефинисања геометрије производа, преко развоја алата до коначног процеса производње.

Управо из овог разлога уведени су софтвери планирања, пројектовања и производње односно CAD/CAM/CAE системи који вишеструко олакшавају бризгање пластичних маса и којима је омогућена производња веома сложених конфигурација калупних шупљина (гравура).

Још једна велика предност CAD/CAM система је аутоматизована контрола и рано откривање евентуалних грешака.

Коришћењем CAD софтвера се постижу значајна повећања продуктивности (брзине) и то кроз: аутоматизацију рутинских послова, коришћење модела стандардних делова и облика и брзу израду прототипова.

Веома је велики број CAD софтвера који се примењују у индустрији прераде пластичних маса, али тренутно се од софтвера за управљање процесом пројектовања и производње посебно издвајају софтвери као што су: CATIA, SolidWorks, FreeCAD, PTC Creo, Autodesk Inventor, Siemens NX и др.

Задатак је реализован у програмском пакету за тродимензионално дизајнирање и производњу са интерактивним окружењем CATIA V5. Могућности CATIA програмског пакета су огромне, јер осим моделирања делова омогућује и симулацију понашања материјала приликом оптерећења, генерисање NC програма за CNC машине, симулацију обраде и огроман низ других погодности важних за пројектовање одређеног производа и његову израду.

Јако битна чињеница је да CATIA омогућава генерисање технолошке документације за производњу на темељу 3D модела. Сака промена на 3D моделу бива аутоматски измењена у технолошкој документацији па то драстично олакшава прераду и дораду модела на основу нових потреба. Као програм за моделирање, CATIA V5 нуди све предности Windows окружења и приближена је корисницима који немају обимна предзнања из техничких области, јер нуди низ решења која омогућавају да се до циља дође лакшим путем.

На основу свега наведеног може се закључити да процес прераде и израде делова од пластичних маса има добру перспективу због низа предности као што су нижа улагања у алате и опрему, флексибилна производња и могућност брзог обрта капитала, с обзиром да су предмет производње делови из асортимана за широку потрошњу.

САДРЖАЈ СЛИКА:

Слика 2.1 - Линеарна структура полимера.....	9
Слика 2.2 - Рразграната структуру полимера.....	9
Слика 2.3 - Међусобна веза полимерних ланаца код еластомера.	9
Слика 2.4 - Испитивање савијањем [1]	15
Слика 3.1- Шема поступка убризгавања пластичних маса [3]	17
Слика 3.2 - Шема поступка екструдирања пластичних маса [19].....	17
Слика 3.3 - Једнопужни екструдер	18
Слика 3.4 - Пластични делови добијени екструдирањем [20].....	19
Слика 3.5 - Екструдирање дуваних фолија [2].....	19
Слика 3.6 - Извлачење фолија високог сјаја [2].....	20
Слика 3.7 - Облагање подлога помоћу екструдера са широком млазницом [2]	21
Слика 3.8 - Шема поступка пресовања пластичних маса [2].....	22
Слика 3.9 - Посредно пресовање: одозго а- пуњење, б- пресовање, ц- избацивање [2] .	23
Слика 3.10 – Фазе процеса екструзионог дувања [7]	24
Слика 3.11 – Шема каландровања [2]	26
Слика 3.12– Различите дебљине и боје делова од пластике добијени каландровањем [21].....	26
Слика 4.1 - Делови јединице за бризгање [11]	27
Слика 4.2 – Пример алата за израду делова бризгњем [12]	28
Слика 4.3 - Изглед стандардног кућишта компаније Hasco. [14].....	29
Слика 4.4 - Елементи уливног система.....	29
Слика 4.5 - Облици попречних пресека разводних канала [5]	30
Слика 4.6 – Врсте уливака [2].....	32
Слика 4.7 - Купасти централни уливак [5]	33
Слика 4.8 - Бочни уливак [5].....	33
Слика 4.9 - Лепезасти уливак [5].....	34
Слика 4.10 - Филм уливни систем [5]	34
Слика 4.11 - Изведбе тачкастог уливака [5].....	35
Слика 4.12 - Тунелни уливак [5].....	36
Слика 4.13 - Диск уливак [5].....	36
Слика 4.14 - Избацивачки прстен [4]	38
Слика 4.15 – Равна игла [9]	38
Слика 4.16 - Избијач са стањеним врхом [9].....	39
Слика 4.17 - Цевасти избијач [5]	39
Слика 4.18 - Ваздушно избацивање	40
Слика 4.19 – Систем за вођење калупа [7]	40
Слика 4.20 - Канали за хлађење калупа [7]	41
Слика 5.1 - Софтвери који се користе за развој и реализацију новог производа [8].....	43
Слика 5.2 - Скенирање 3D координата и формирање облака тачака.....	45
Слика 5.3 - Радно окружење FreeCAD [15]	46
Слика 5.4 - Модели (а-пластичног дела, б-склопа алата) пројектовани у SolidWorks-у	47
Слика 5.5 - Анализа замора у SolidWorks Simulation модулу [17].....	48

Слика 5.6 - Основне команде модула Mold Design у програму Autodesk Inventor Pro [8]	48
Слика 5.7- Модели (а-пластичног дела, б-склопа алата) израђени у Autodesk Inventor Pro [18]	49
Слика 5.8 - Модел маске телефона израђене у програму PTC Creo[8]	50
Слика 5.9 - Раздвајање горње и доње површине калупа коришћењем команди модула Core/Cavity Desing (а-технички цртеж дела, б-раздвојене површине) [8]	51
Слика 5.10 - База стандардних елемената алата компаније HASCO [8]	52
Слика 5.11 - 3D модел склопа стандардних елемената алата компаније HASCO [8]	52
Слика 6.1 - Основна геометрија поклопца инсталације	54
Слика 6.2 Дефинисање потребне геометрије у Sketch-у	54
Слика 6.3 - Полазни 3D модел добијен функцијом Pad	55
Слика 6.4 - Одсецање функцијом Pocket	55
Слика 6.5 - Закошење површи помоћу функције Draft Angle	56
Слика 6.6 - Креирање заобљења помоћу функције Edge Fillet Definition	56
Слика 6.7 - Креирање кутијастог елемента помоћу функције Shell Definition	57
Слика 6.8 - Коначан изглед 3D модела поклопца инсталације	57
Слика 6.9 - Дефинисање коефицијента скупљања	58
Слика 6.10 - Дефинисање коефицијента скупљања у модулу Mold Tooling Design	58
Слика 6.11 - Горња и доња површ алата	59
Слика 6.12 – Пројектовање границе површи	59
Слика 6.13 - Креирање допунских површи	60
Слика 6.14 - Исецање површи	60
Слика 6.15 - Придруживање допунске површи површи “мушке” кокиле	61
Слика 6.16 - Раздвајање површи “мушке” и “женске” кокиле	61
Слика 6.17 - Команде модула Mold Tooling Desing programskog paketa CATIA V5 [8]	62
Слика 6.18 - Избор стандардних елемената	62
Слика 6.19 - Дефинисање димензија алата	63
Слика 6.20 - Изглед алата у почетној фази моделирања	63
Слика 6.21- Генерисање гравуре “мушке” кокиле	64
Слика 6.22 - Дефинисање калупне шупљине у доњем делу алата Core Split Element	64
Слика 6.23 - Изглед “женске” кокиле	65
Слика 6.24 - Изглед “мушке” кокиле	65
Слика 6.25 - Положај калупних шупљина у алату	66
Слика 6.26 - Дефинисање стубних вођица	66
Слика 6.27 - Дефинисање чаура за вођење	67
Слика 6.28 – Каталог стандардних уливника	67
Слика 6.29 - Избор уливне чауре (Sprue Bushing)	68
Слика 6.30 - Избор уливног прстена (Clamping Center)	68
Слика 6.31 - Скица положаја избацивачких игли	69
Слика 6.32 - Дефинисање система за избацивање отпресака	70
Слика 6.33 - Модел алата	70
Слика 6.34 - Врсте материјала за избор	71
Слика 6.35 – Коначан изглед “мушке” кокиле	71

Слика 6.36 - Коначан изглед “женске” кокиле	71
Слика 6.37 - Коначан изглед алата	72

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Богдан Недић, Владислав Ђукић - Пластичне масе, скрипта, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2004.
- [2] Богдан Недић - Технологије прераде пластичних маса, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2004.
- [3] Мирослав Нађ - Полимерни материјали - Научна књига, Загреб 1991.
- [4] Горан Девеџић - CAD/CAM tehnologije, Kragujevac 2006.
- [5] Бошко Перошевић, Калупи за инјекционо пресовање пластомера (термопласта), Научна књига, Београд, 1995.
- [6] Предраг Стевановић - Пројектовање производа од пластичних маса и алата за њихову израду, Дипломски рад, Крагујевац 2005.
- [7] Душан Туцаковић - Специфичности технологије израде специјалне светиљке од полимера, мастер рад, Крагујевац 2013.
- [8] Семинарски из дигиталне производње
- [9] Иван Симић – Примена стандардних елемената фирме "meusburger" за пројектовање алата за израду делова од пластичних маса, Дипломски рад, Крагујевац 2005.
- [10] <http://gavraplastika.com/proizvodi.html> (15.11.2017.)
- [11] <http://orpal.si/hr/usluge/o-tehnologiji-brizganja> (15.11.2017.)
- [12] http://www.como.rs/wp-content/uploads/2017/01/JK_Mold.jpg (17.11.2017.)
- [13] <https://si.openprof.com/wb/polimerizacija?ch=712> (17.11.2017.)
- [14] <http://www.plasticportal.eu/image/firmy/352/3550.jpg> (15.11.2017.)
- [15] <https://i.materialise.com/blog/freecad-tutorial-review/> (20.11.2017.)
- [16] <http://www.solidworks.com/sw/products/simulation/drop-test-analysis.htm> (15.11.2017.)
- [17] <https://www.cati.com/blog/2009/03/showing-hidden-parts-in-simulation-plots/> (20.11.2017)
- [18] <http://www.cadsell.com/autodesk-inventor-professional-2013-p-100.html> (20.11.2017.)
- [19] http://www.wikiwand.com/fr/Extrusion_d%27un_plastique (21.11.2017.)
- [20] <http://www.elitemadzone.org/t371696-4> (21.11.2017.)
- [21] http://www.textilefinish.com/products/China-Textile-Calendering-Machine_28086.html (21.11.2017)