

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Технологије прераде пластичних маса

Број индекса: 377/2017

Владимир М. Томић

**Техно-економска анализа израде делова од
полимерних материјала
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

**1. Др Богдан Недић, редовни професор -
ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Мастер студије: **Машинско инжењерство**

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

Име и презиме: **Владимир Томић**

Број индекса: **377/2017**

ПРИЈАВА МАСТЕР РАДА

Тема рада: **Техно-економска анализа израде делова од полимерних материјала**

Задатак: У оквиру мастер рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о технологијама израде делова од полимерних материјала, машинама и алатима за бризгање. У посебном поглављу дати основне карактеристике и својства најчешће коришћених пластичних маса. На крају рада представити прорачун техно-економске анализе израде делова од полимерних материјала у предузећу *SIGIT* Крагујевац.

Мастер рад треба да садржи следеће целине:

1. Увод,
2. Технологије за израду делова од пластичних маса,
3. Машине и алати за израду делова од пластичних маса бризгањем,
4. Својства најчешће коришћених пластичних маса,
5. Техно-економска анализа
6. Закључци,
7. Литература.

Ментор:

Др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 18.09.2019.

Резиме:

У оквиру овог мастер рада описан је процес бризгања пластике, као и пример израде техно-економске анализе у компанији „Sigit“. У првој половини рада објашњени су основни поступци прераде пластичних маса, подела машина за бризгање пластике као и алати који се користе у процесу, укључујући основне слике и шеме. У другој половини рада разматрани су композитни материјали, основе пластичних маса, такође су наведени материјали који се најчешће користе у процесу бризгања. На крају објашњен је процес израде техно-економске анализе са пратећим сликама.

Кључне речи: Техно-економска анализа, бризгање, пластика, машина, алат, материјали.

Summary:

This master thesis describes the process of injection molding of plastics, as well as an example of making a cost analysis at „Sigit“. The first half of the paper explains the basic processes of plastic processing, the division of injection molding machines, as well as the tools used in the process, including basic pictures and schematics. The second half of the paper deals with composite materials, the basics of plastics, and the materials most commonly used in the injection molding process. Finally, the process of making a cost analysis with accompanying pictures is explained.

Keywords: Cost analysis, injection, molding, plastics, machine, tool, materials.

Садржај:

1.	Увод	1
2.	Технологије за израду делова од пластичних маса	2
3.	Машине које се користе у процесу бризгања пластике.....	7
3.1.	Систем за топљење сировина	10
3.2.	Систем за затварање калупа	11
3.3.	Контролно - управљачки систем	12
3.4.	Систем за избијање комада	13
3.5.	Рука робота.....	14
3.6.	Вишекомпонентно бризгање	16
3.6.1.	Двокомпонентно бризгање	16
3.7.	Систем за контролу температуре	17
4.	Алат за бризгање пластике	18
4.1.	Непокретна (<i>Cavity</i>) страна алата.....	19
4.1.1.	Плоче у непокретној страни алата.....	19
4.1.2.	Центрирајући прстен.....	20
4.1.3.	Уливни систем	20
4.2.	Покретна (<i>Core</i>) страна алата	22
4.2.1.	Елементи за темперирање калупа	23
4.2.2.	Систем за вођење алата.....	25
4.3.	Систем за избацивање радног комада	26
5.	Материјали који се користе.....	28
5.1.	Уводна разматрања.....	28
5.2.	Основе пластичних маса	28
5.3.	Пуниоци.....	29
5.4.	Адитиви	30
5.5.	Везивне материје	30
5.6.	Структура полимерних композитних материјала	32
5.7.	Најчешће коришћени полимерни материјали.....	34
5.7.1.	Представници аморфне структуре.....	34
6.	Техно-економске анализе (<i>Cost analyst</i>).....	37
6.1.	Основне информације о компанији „Sigit“ у којој се ради конкретна анализа .	37
6.2.	Принцип рада техно-економске анализе	39
7.	Закључак.....	50
8.	Литература	51

1. Увод

Двадесетих година XX века, почиње револуција у хемијској индустрији када су у питању полимерни материјали. Са интензивним развојем полимерних материјала, јавила се потреба за развојем технологија њихове прераде. Све бројнији полимерни материјали и технологије њихове прераде, омогућавају употребу делова од пластике у: ауто-индустрији, електроници, прехранбеној индустрији, производњи амбалаже, индустрији намештаја, грађевинарству, медицини и тако даље. Укратко речено, данашњи свет је незамислив без производа од полимерних материјала.

Инјекционо бризгање пластомера је једна од технологија којима се прерађују полимерни материјали. Овом технологијом могу се прерађивати само термопластични материјали. То су материјали који се топе под утицајем релативно високих температура, образују растоп, а када се убризгају у калуп очвршћавају услед хлађења и попримају облик калупне шупљине. У временима када се питање очувања животне средине намеће као императив, значајна карактеристика термопластичних материјала је могућност њихове рециклаже.

У оквиру овог мастер рада, у другом поглављу разматрају се технологије за израду пластичних делова, основни поступци израде делова од пластичних маса и на крају се дају илустрационе назнаке на даљи ток мастер рада.

У трећем поглављу описују се машине које се користе за бризгање пластике, од настанка прве машине, па до најсавременијих машина данашњице. Детаљно су описани основни типови машина, функције које могу да обављају, као и елементи сваке машине за бризгање пластике независно од произвођача.

У четвртном поглављу дат је преглед основних елемената алата за инјекционо бризгање пластомера. Наведени су основни подаци о његовој функцији, начинима извођења и препорукама које треба имати у виду при конструкцији алата. Текст је праћен одговарајућим скицама.

У петом поглављу описани су материјали који се најчешће користе у индустрији пластике, заједно са њиховим структурама, везивним својствима и осталим карактеристичним елементима за напоменуте материјале.

У шестом поглављу представљена је компанија „Sigit”, њен историјат и делатност у кратким цртама. Дата је прецизна техно-економска анализа праћена одговарајућим табелама и сликама као и детаљним описом свега наведеног.

На крају дипломског рада дата су закључна разматрања и преглед коришћених ресурса за његову реализацију.

2. Технологије за израду делова од пластичних маса

Прерада пластичних маса обухвата поступке прераде полимера у сировом стању, од којих се добијају полуфабрикати или готови производи. Ови поступци се обично деле према технологији прераде при чему се не узимају у обзир чиниоци као што су физичке и хемијске промене које се дешавају за време прераде.

Постоје два основна поступка:

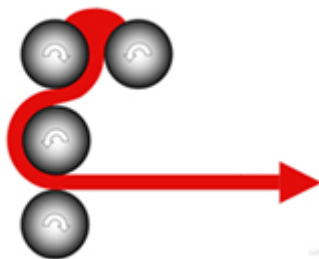
- **Прерада без употребе притиска** – поступци као што су уроњавање, ливење, премазивање итд.
- **Прерада уз употребу притиска и истовременог довођења или одвођења топлоте** – пресовање, ливење под притиском, екструзија, ваљање, савијање итд.

Основни поступци пластичних маса су:

- каландровање;
- пресовање (обично, посредно и инекционо);
- екструдирање (фолија, цеви, трака, и плочастог материјала);
- екструзионо дување шупљих тела;
- производња вештачких пена;
- екструзионо бризгање и
- превлчење металних предмета вештачким материјалима.

Данас, неколико најчешће коришћених начина прераде пластичних маса су:

- Каландровање (слика 2.1.) пластичних материјала је поступак веома сличан ваљању метала, а примењује се за добијање танких фолија. Суштина поступка се састоји у вишеструком пропуштању материјала између загрејаних ваљака тако да се дебљина материјала констатно смањује пропорционално растојању загрејаних ваљака. Због тога што није могуће из материјала веће дебљине добити фолију дебљине од 0,04 до 3mm, само једним пролазом или само једним паром загрејаних ваљака, материјал је потребно провлачити кроз неколико ваљака, чије се растојање (од центра до центра ваљака) постепено смањује. Поступак каландровања се изводи на машини која се зове каландер. Производња на каландеру је континуирана и користи се у масовној производњи код израде великих количина производа. док су три основна каландера:
 - за извлачење фолија,
 - пеглање и
 - утискивање дезена

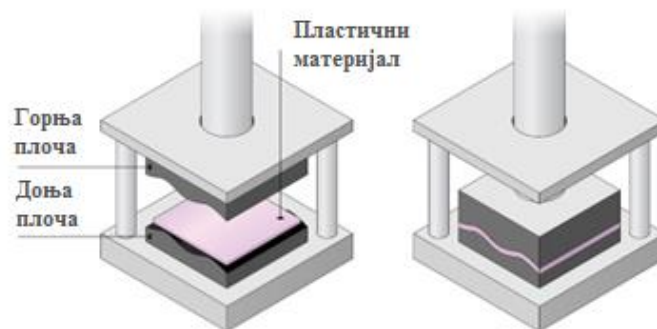


Слика 2.1. Шематски приказ каландровања

- Пресовање (слика 2.2) - у процесу пресовања делова од пластичних маса користе се калупи који могу имати једнако или неједнако профилисана удубљења, са контуром (слично као код ковања метала), која одговара облику дела. Удубљења у калупима се испуњавају пластичном масом, која у зависности од процеса може бити у растопљеном или чврстом стању, па се таква маса под дејством топлоте и притиска обликује унутар калупа. Ова врста производње је погодна за делове великих геометрија једноставне форме.

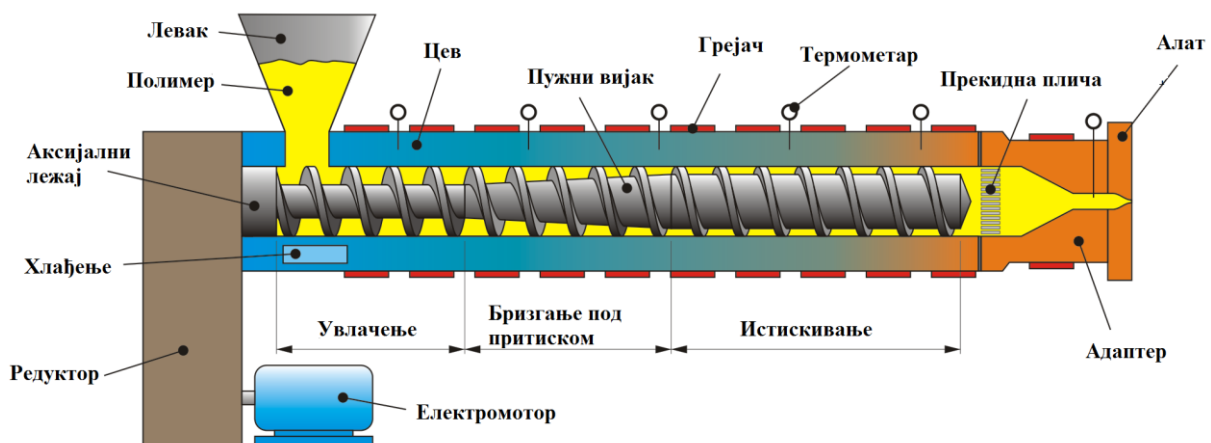
Основни поступци израде делова од пластичних маса за пресовање су:

- компресионо пресовање,
- посредно пресовање и
- инјекционо пресовање бризгањем и ливењем под притиском



Слика 2.2. Процес прераде пресовањем

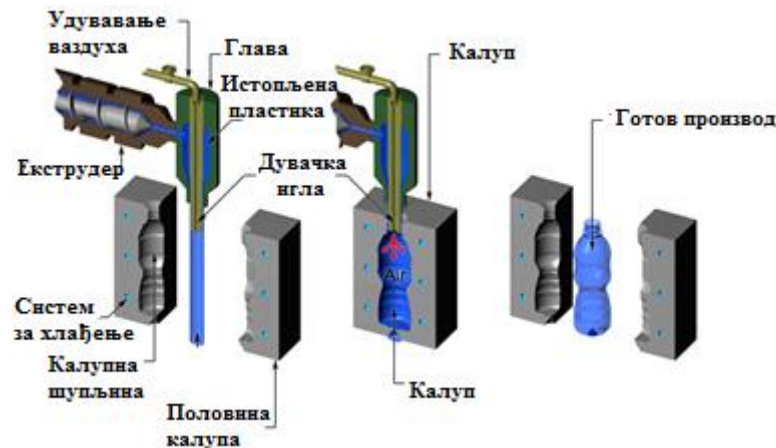
- Екструдирање (слика 2.3) - је поступак прераде пластичних маса који се одвија континуално. Пластична маса као основна сировина, се најчешће у виду праха или гранулата помоћу левка допрема до цилиндра машина у који је смештен један или више пужева, који транспортују у међувремену загрејани материјал, који на крају прелази у течно стање. Деловањем погона за обртање пужа као и савладавањем отпора који настају приликом транспорта растопљене масе, кроз отворе између пужа и цилиндра, маса се пластифицира, хомогенизује на крају се формира у жељени облик унутар алата за формирање делова од пластичне масе.



Слика 2.3. Процес обраде екструдирањем

- Екструзионо дување шупљих тела (слика 2.4) - користи се за израду боца као и других шупљих тела. У екструдеру или преси за ливење, термопласт се топи до

течног стања, а затим се преко коленасте главе вертикално на доле бризга у облику црева. Дводелни калуп обухвата одређену дужину црева, затвара се, а затим се са доње стране удувава ваздух под притиском, који пролази кроз грло шупљег тела. Ваздух под притиском (према Паскаловом закону) делује у свим смеровима једнако, тако да се црево унутар калупа растеже и припија се уз унутрашње површине калупа. Због тога што су зидови калупа хладни, долази до хлађења материјала који поприма облику калупа.

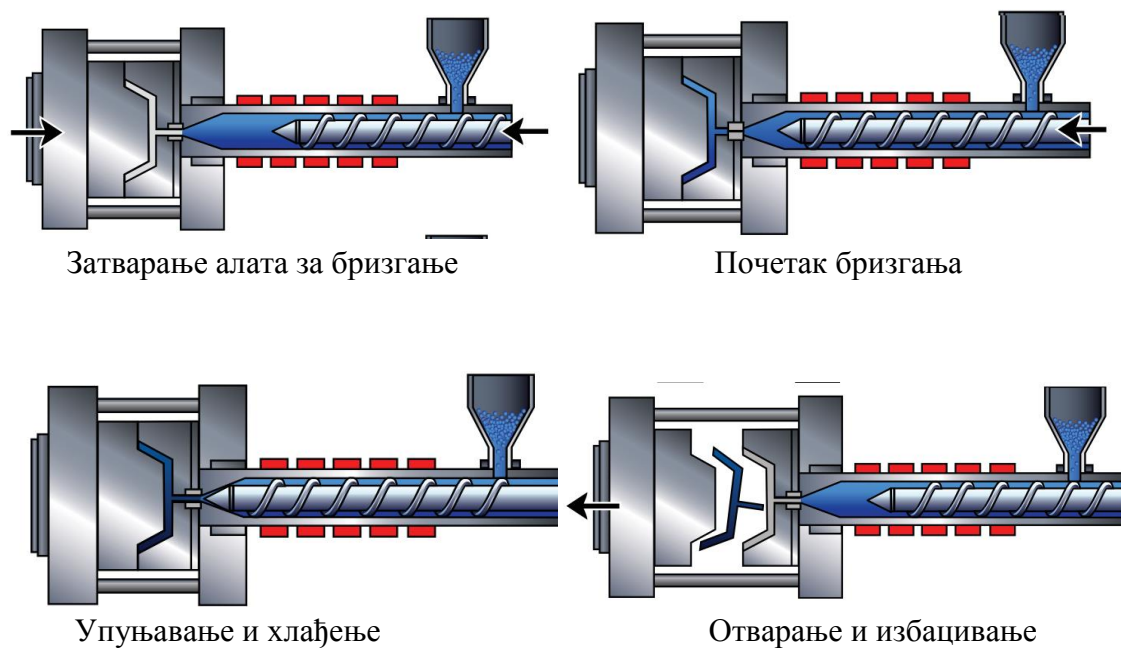


Слика 2.4. Процес прераде дувањем

У ауто-индустрији као и у другим гранама индустрије где се користе пластичне масе, најчешће коришћени процес прераде је процес прераде бризгањем. Џејмс Вотсон је 1946 год. пројектовао прву машину за бризгање са завртњем. На тај начин је било лакше да се контролише брзина убризгавања а тиме и квалитет финалног дела. Са развојем науке и технологије у последње три деценије дошло је до развоја и унапређења процеса бризгања, како у ауто и авио индустрији, тако и у медицини. Сврха процеса бризгања је да се од пластичних гранула које се користе као сировина добије готов, функционалан пластичан производ који има дефинисану геометрију и функцију. Процес прераде бризгањем се заснива на томе да се упуњавањем растопљене пластичне масе у калупну шупљину алата, под контролисаним условима, добије финални производ.

Процес бризгања пластике је илустрован на слици 2.5:

- а) у машину за бризгање пластике је најпре неопходно допремити сировину (пластичне грануле) од које се добија финални производ;
- б) загревањем сировине до одређене температуре она се топи;
- в) истопљена пластична маса се под притиском убризгава у претходно затворен алат за бризгање пластике;
- г) након попуњавања калупне шупљине растопљеном пластичном масом долази до њеног хлађења;
- д) по завршетку хлађења долази до отварања алата и избијања готовог комада.



Слика 2.5. Графички приказ 4 фазе циклуса бризгања

Пре почетка и за време циклуса бризгања неопходно је:

1. Припремити и проверити да ли одабрани пластични материјал треба осушити (важи за материјале који апсорбују влагу из атмосфере);
2. Обезбедити константан доток материјала у машину;
3. Припремити машину, проверити да ли све функционише исправно (грејачи, хидраулика, контрола температуре алата, итд);
4. Постепено повећавати температуре које су неопходне за топљење пластичне масе;
5. Проверити да ли систем за контролу температуре ради и након тога подесити температуру алата;
6. Проверити да ли су притисци бризгања и сила затварања алата одговарајући за стабилан процес бризгања;
7. Проверити да ли избијачки систем функционише.

У даљем тексту пажња ће бити посвећена елементима који су неопходни за комплетан циклус бризгања, то јест за добијање готовог дела од гранулата. Елементи неопходни за комплетан циклус бризгања су:

- Машина за бризгање пластике



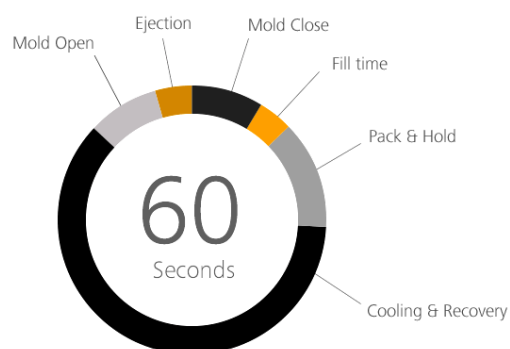
- Алат за бризгање пластике



- Материјал



- Параметри циклуса



3. Машине које се користе у процесу бризгања пластике

Један од најважнијих елемената у процесу бризгања пластике су машине за бризгање пластике. Проналазач Хајат је са својим братом Исаијаном патентирао прву машину за бризгање пластике 1872. године. Ова машина је била једноставне конструкције у поређењу са машинама које се користе данас. Како се индустрија брзо ширила и развијала, са почетком Другог светског рата порасла је потражња за јефтиним производима који би се производили масовно. Амерички проналазач Џејмс Ватсон 1946. године је направио прву машину за бризгање пластике чији се концепт заснивао на коришћењу цилиндра, који се најчешће назива „пуж“ (пужни вијак).

На машину за бризгање пластике се поставља алат за бризгање пластике, затим у један свој део машина прима пластични материјал, након тога долази до његовог топљења и под притиском истопљена пластична маса се убризгава у алат. Након извршеног процеса хлађења, машина отвара алат и готов део избија из алата.

Данас се на тржишту налази много машина за бризгање. Капацитет бризгања се креће од неколико грама до десетак килограма. Ако је капацитет дат у грамима, онда је обично дефинисана количина полистирена мерена у грамима, коју клип може убризгати у алат за један комплетан ход.

Машине за бризгање су предвиђене за вршење неколико функција:

- причвршћивање и држање двеју половина алата;
- затварање алата;
- вођење и загревање пластичне масе;
- отварање алата и
- активирање система за избацивање отпреска.

Са порастом потражње пластичних делова развијале су се и машине које су се користиле у те сврхе. Од тога да су људи управљали машинама и опслуживали их, до тога да се данас користе машине које су потпуно аутоматизоване и роботизоване. Током развоја машина за бризгање пластике издвојила су се два типа машина које се данас користе:

1. Хоризонталне машине за бризгање пластике (слика 3.1);
2. Вертикалне машине за бризгање пластике (слика 3.2).



Слика 3.1. Хоризонтална машина за бризгање пластике

Хоризонталне машине за бризгање пластике имају такву конструкцију да им је читав систем за бризгање, систем за избијање, отварање и затварање алата у хоризонтали.



Слика 3.2. Вертикална машина за бризгање пластике

Код вертикалних машина за бризгање пластике систем за бризгање, систем за избијање, отварање и затварање алата су у правцу вертикале. Ове машине се најчешће користе када имамо потребу за обливањем неких делова. На пример када металне делове или каблове обливамо пластиком. Овакве машине обично имају ротирајући радни сто.

Како је већ напоменуто, развојем технологије која се бави производњом пластичних делова, развијали су се и начини прераде пластичних маса. Маchine за инјекционо бризгање, у односу на врсту материјала који се користи као сировина, могу се поделити на:

- Маchine за инјекционо бризгање пластике – користе се за инјекционо бризгање пластике, па се као финални производ добија пластични део;

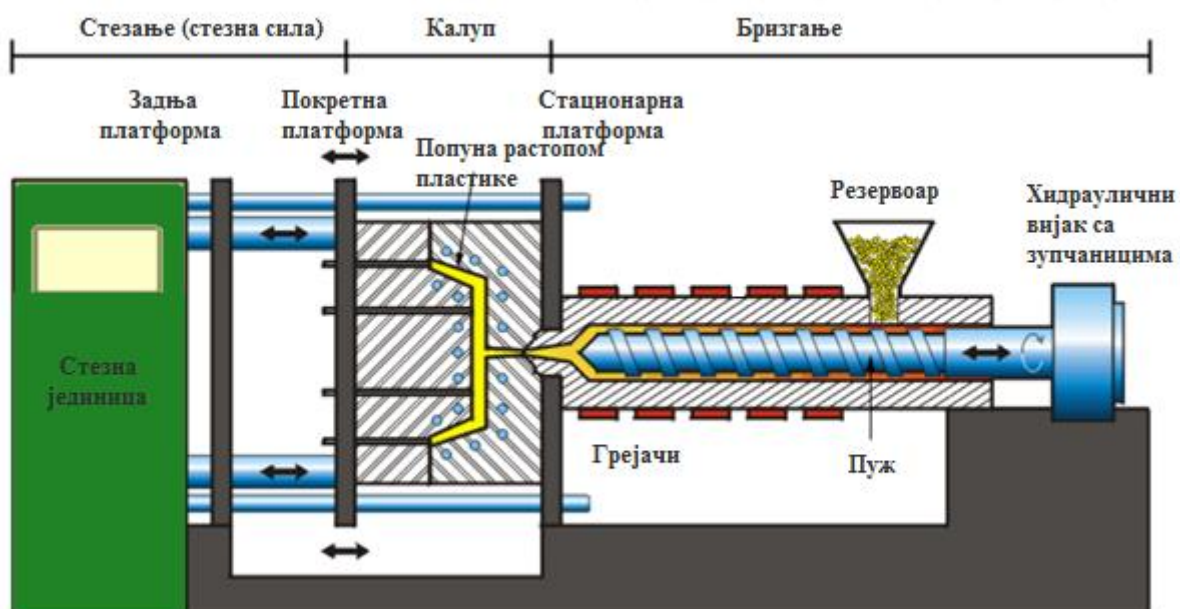
- Машине за инјекционо бризгање гуме – користе се за инјекционо бризгање гуме, па се као финални производ добија гумени део;
- Машине за комбиновано бризгање пластике и гуме (*BI injection machine*) – машине које имају комбиновано бризгање, (слика 3.3). Наиме, прво се у посебном гнезду одбризга “тврда компонента” (пластика), а затим се у другом гнезду око пластике бризга “мека компонента” (гума).



Слика 3.3. Типови двокомпонентног бризгања

Без обзира који је тип машине у питању, као и која се врста материјала користи, машине за бризгање пластике су састављене од три елемента:

1. Елементи отварања и затварања алата и избијачког система;
2. Управљачка јединица;
3. Елементи машине који служе за топљење пластичне масе и њено убризгавање.



Слика 3.4. Основни елементи машине за бризгање пластике

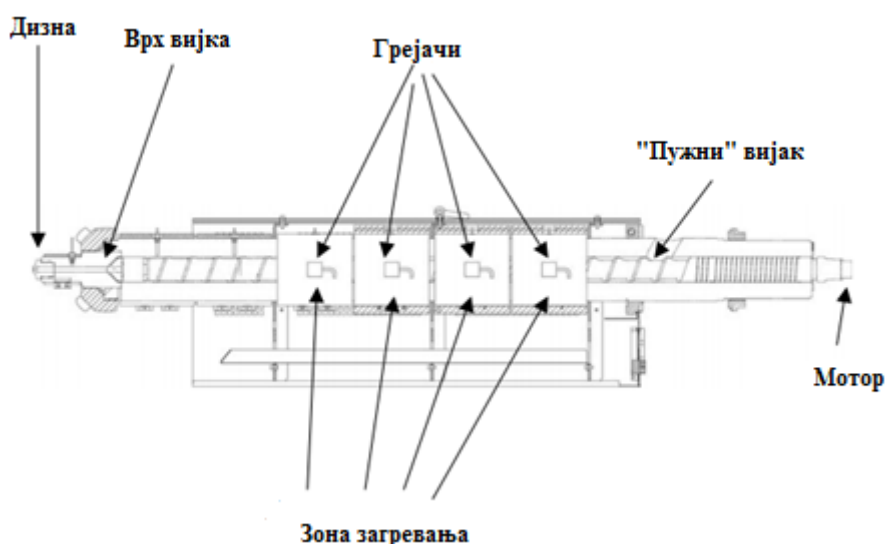
Небитно ко је произвођач машине за бризгање пластике, као ни која врста машине за бризгање пластике је у питању, елементи сваке машине за бризгање пластике су:

1. Елементи за топљење материјала (грејачи, резервоар за материјал, пужно вретено, цилиндар, систем за покретање пужног вретена);
2. Елементи за покретање радног стола машине (радни сто, вођице, систем за покретање радног стола, везивање алата за радни сто);
3. Систем за избијање комада;
4. Рука робота (није увек саставни део машине);
5. Систем за контролу температуре алата;
6. Управљачка јединица.

3.1. Систем за топљење сировина

Систем за топљење пластике представља компактну целину, која је херметички затворена. У оваквом систему долази до промене агрегатног стања сировине. Сировина, која може да буде пластична или гумена, се убацује у левак за прихватање масе, затим се та маса одводи у пужни вијак (цилиндар), где се врши њено топљење и под одређеним параметрима брзине, времена и притиска убризгава у калупну шупљину. Овај систем се састоји од неколико кључних елемената, који су приказани на слици 3.5:

- левак за материјал;
- зоне грејача;
- „пужно“ вретено;
- дизна;
- агрегат за покретање вретена.

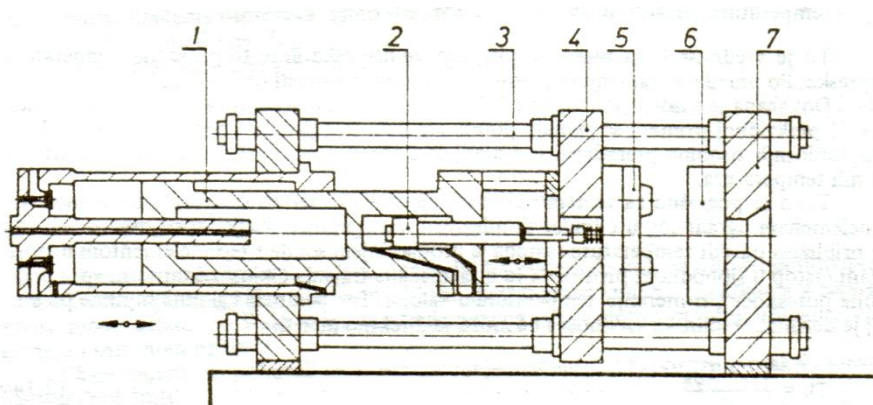


Слика 3.5. Систем за топљење пластике

3.2. Систем за затварање калупа

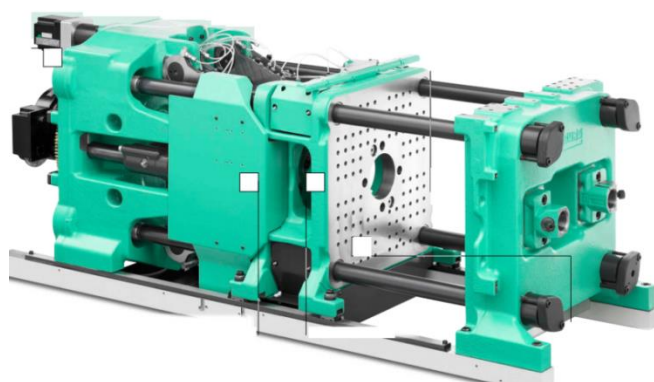
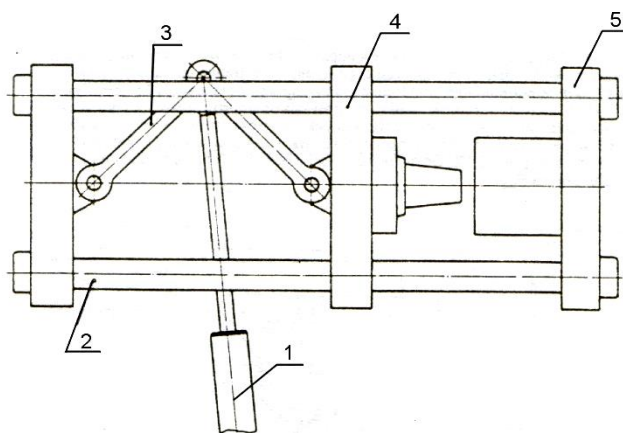
Задатак јединице за затварање калупа је довођење у додир непомичног и помичног дела калупа тј. затварање калупа, одржавање у додиру делова калупа за време убризгавања и деловања накнадног притиска, отварање калупа те потискивање охлађеног отпреска из калупне шупљине.

Затварање калупа може се остварити директно једним или с више хидрауличних цилиндара (слика 3.6) или механичким системима (слика 3.7).



Слика 3.5. Хидраулични систем јединице за затварање калупа

1- хидраулични цилиндар, 2 - хидраулични избијач, 3 - вођице машине
4 - покретна плоча, 5 - покретни део калупа, 6 - непокретни део калупа 7. непокретна плоча



Слика 3.7. Механички систем јединице за затварање калупа

1- хидраулички цилиндар, 2 - вођице машине, 3 - полуга, 4 - помични носач калупа, 5- непомични носач калупа

Хидрауличне и механичке јединице за затварање калупа имају своје предности и недостатке.

Хидрауличке јединице за затварање имају следеће предности:

- бржа и једноставнија уградња калупа;
- ход отварања калупа може се лакше подесити на потребну величину;
- могу се уграђивати калупи различитих висина;
- већа сигурност од прекорачења допуштених напрезања вођица;
- сила држања је позната и
- одржавање сталног притиска је једноставно.

Механичке јединице за затварање пружају следеће предности:

- лакше се остварује полагањено приближавање покретног, непокретном делу калупа а које је потребно из разлога сигурности рада;
- остварује се брже затварање и отварање калупа и
- затварање и брављење је овде јединствено.

Данас се код мањих машина више користе механичке, а код већих хидрауличке јединице за затварање калупа.

3.3. Контролно - управљачки систем

Прве машине имале су електро-механичке управљачке уређаје. Развојем електронских компонената долази до значајних унапређења овог система, што је повећало њихове функционалне могућности и поузданост.

У најновије време користи се микропроцесорска контрола рада и управљања свим уређајима на машини. То је савршени систем који је лак и сигуран за коришћење. Предности овог система су следеће:

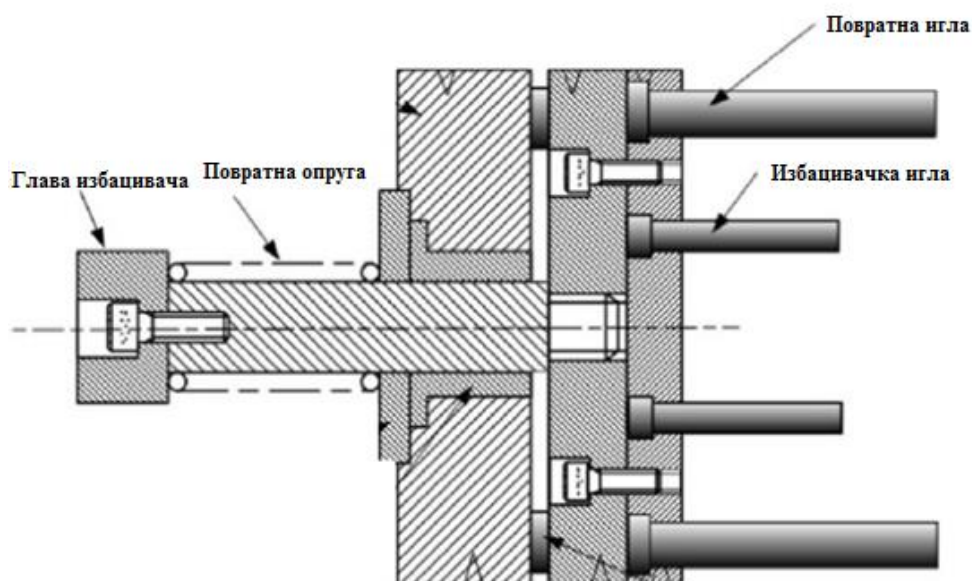
- једноставно и лако подешавање машине помоћу тастатуре и екрана;
- висок степен усавршености контроле машине омогућује лако постизање идеалних параметара подешавања радног циклуса;
- могућност давања додатних информација за програмере и отуда сигурност да ће комбинација машина, материјал, калуп и допунска опрема бити правилно изабрана;
- комплетна документација о подацима за подешавање и тиме "складиштење" свих параметара у процесу подешавања и
- брзо поновно подешавање машине и брза измена калупа.



Слика 3.8. Управљачка јединица

3.4. Систем за избијање комада

У процесу бризгања након завршетка циклуса хлађења дела који се бризга, потребно је исти избацити из покретне стране алата. То се постиже помоћу избијачког система који за машину може бити везан на два начина. Први начин је такозвана “крута” веза, (слика 3.9) односно избијачки систем се помоћу посебне осовине спаја са хидрауличним цилиндром директно за машину.



Слика 3.9. Крута веза везивања избијачког система

Код алата сложеније геометрије, користе се посебни хидраулични цилиндри (слика 3.10.) за које се везује избијачки систем. Тиме се постиже већа стабилност и поузданост при избијању пластичних комада.



Слика 3.10. Хидраулични цилиндар

3.5. Рука робота

У процесу производње свака секунда процеса је прорачуната и битна, па се за узимање комада користе руке робота, (слика 3.11). Рука робота се поставља на машину тако да јој је омогућена функција узимања пластичног дела и његово одлагање, најчешће на покретну траку.



Слика 3.11. Рука робота за узимање готовог комада

Рука робота има функцију да након отварања алата за бризгање пластике прихвати финални пластичан део и након тога га пренесе до покретне траке која се налази уз машину. Комплексност руке робота зависи од комплексности дела који се из алата узима, броја гнезда у алату, али и од тога да ли део има визуелних површина. Рука робота је једна сложена целина која се састоји од великог броја делова. Саставни делови руке робота су:

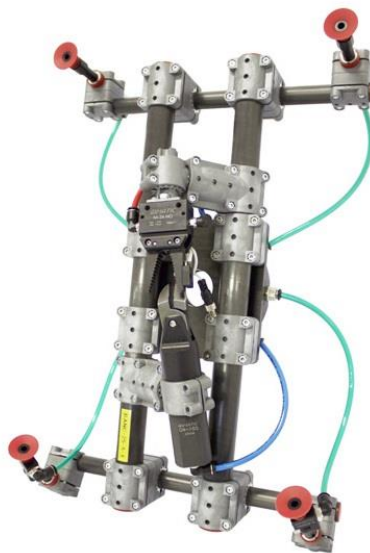
- клизни елементи;
- серво мотор;
- вођице;
- елементи за везивање, итд.

Управљање руком робота се врши преко посебног софтвера који је саставни део система управљачке јединице. Софтвером се врши програмирање кретања руке робота у три осе, њено ротирање око одређених оса и начин узимања пластичног дела из алата. Програмирање се врши помоћу посебне рачунарске јединице, која је приказана на слици 3.12.



Слика 3.12. Панел за контролу руке робота

Готови делови се из алата за бризгање пластике узимају помоћу пипака и штипаљки (слика 3.13), у зависности од геометрије дела. Пипци раде на принципу вакуума и на тај начин узимају пластичан део из алата.



Слика 3.13. Помоћни елементи руке робота

3.6. Вишекомпонентно бризгање

Савремени произвођачи машина већ сада нуде широки спектар машина за специјалне апликације, као што су на пример проблем прераде више компоненти, термосета, еластомера, силикона или прашкастих материјала.

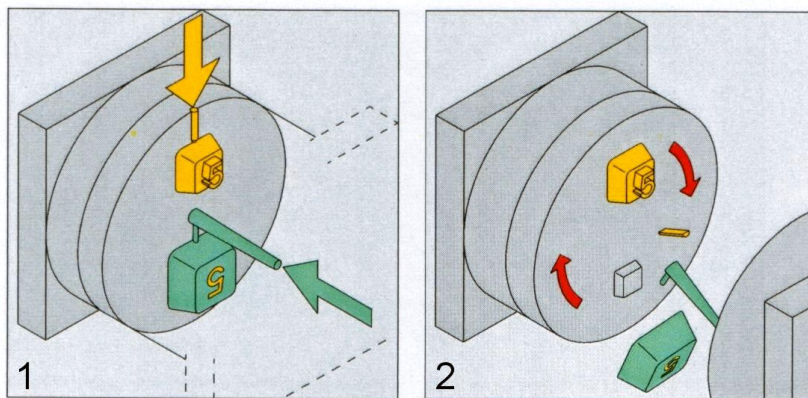
Ова метода прераде пластомера пружа широке могућности израде различитих делова у више боја или од више материјала. Произведени делови су једноставнијег облика и могу бити израђени од више различитих материјала.

Овом методом може се бризгати:

- Двокомпонентно бризгање;
- Трокомпонентно бризгање;
- Четворокомпонентно бризгање;
- Интервал бризгање;
- Сендвич бризгање, итд.

3.6.1. Двокомпонентно бризгање

Машина је опремљена са две независне јединице за бризгање. Обично је друга постављена вертикално мада је могуће другу јединицу за бризгање (за неке специјалне алате) поставити и хоризонтално у Л-позицији.

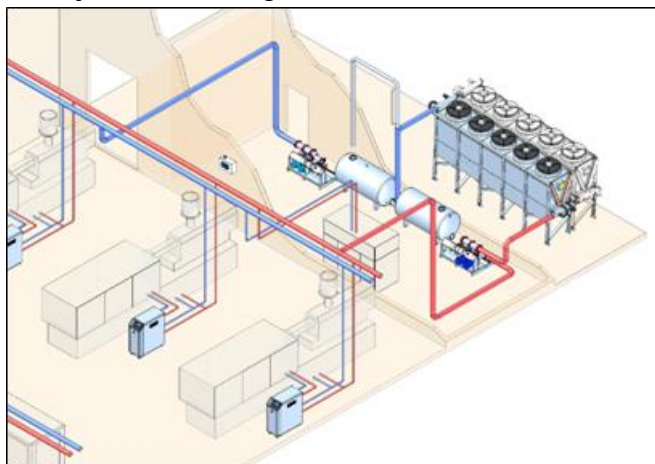


Слика 3.14. Двокомпонентно бризгање

Вертикалном јединицом за бризгање ради се бризгање претформе, док се у исто време на другој позицији алата врши бризгање облоге око претформе из претходног циклуса из друге јединице за бризгање. Када је циклус завршен и алат се отвори испада један готов део а једна претформа остаје у алату који се ротира за 180°.

3.7. Систем за контролу температуре

Код великих постројења која поседују велики број преса, постоји централизован систем за снабдевање расхладним флуидом, којим се касније врши регулација температуре алата. Систем који се користи за регулацију и одржавање температуре алата је приказан на слици 3.15. Овим системом се врши и регулација температуре машине током рада. Овако централизован систем се састоји од великог броја комора за хлађење течности, које су међусобно повезане. Да би расхладна течност кружила потребне су пумпе чији број и позиција зависи од примењеног система.



Слика 3.15. Шематски приказ централизованог система за регулацију температуре

Поред сваке машине неопходан је још један уређај који врши регулацију температуре алата за бризгање пластике. Овакав уређај није саставни део машине за бризгање пластике, већ представља посебну јединицу која се користи да регулише температуру у алату. Сврха овог система је да током процеса бризгања одржава константне температуре у покретној и непокретној страни у алату како се маса не би пре времена захладила. Након попуњавања калупне шупљине пластичном масом, систем за регулацију температуре има улогу да снизи температуре алата до температуре кристализације пластичне масе. Независно од машине на којој се бризга пластика, алат за бризгање пластике се посебно повезује на системе за регулацију температуре.



Слика 3.16. Уређај за регулацију температуре алата

4. Алат за бризгање пластике

Алат (калуп) је неменски део система инјекционог бризгања за производњу једног дела. Основни задаци калупа су:

- прихватање растопа пластомера и његово хлађење до постизања облика отпреска;
- потискивање отпреска из калупне шупљине и
- циклусни рад система инјекционог пресовања.

Функција алата за бризгање пластике је да прихвати истопљену пластичну масу из система за топљење, а затим кроз своје канале спроведе растопљену масу до калупне шупљине. Истопљена пластична маса попуњава калупну шупљину. Каналима за хлађење растопљена пластична маса се хлади до тренутка када је могуће њено избијање из алата. Када се довољно охлади долази до отварања алата и избијања комада.

Саставни део сваког процеса бризгања пластике представља алат за бризгање пластике, пример како изгледа алат приказан је на слици 4.1. Сложеност алата за бризгање пластике зависи од сложености дела који се бризга. Сваки алат за инјекционо бризгање има покретну и непокретну страну алата. Кућиште алата састоји се од више плоча које припадају једној или другој страни. Произвођачи стандардних кућишта предвиђају и одговарајући сет стубних вођица, клизних и центрирајућих чаура и завртњева за везивање плоча.



Слика 4.1. Алати за бризгање пластике

Према сложености алата за бризгање пластике можемо поделити у следеће групе:

- Прости алати;
- Сложени алати;
- Комплексни алати.

Прости алати - представљају групу алата који не садрже никакве додатне елементе. Алати простих геометрија су једноставне конструкције и састоје се само од плоча. Овакви алати имају најчешће једно гнездо.

Сложени алати - имају поред основних компоненти и додатне елементе. У додатне елементе се обично убрајају клизачи који такође имају улогу у формирању дела. Овакви алати најчешће имају два гнезда.

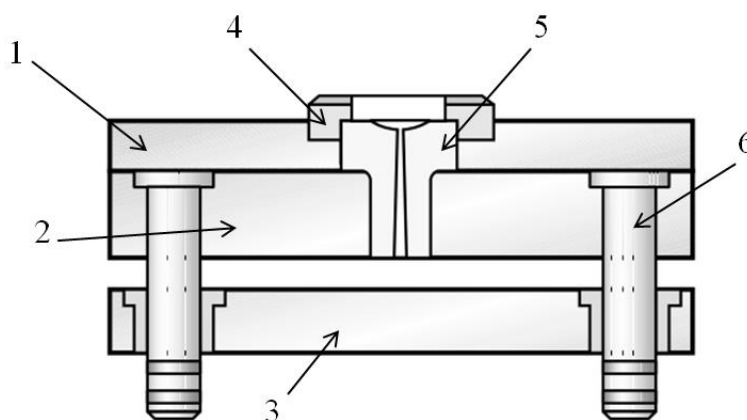
Комплексни алати - састоје се из више додатних елемената, тако да поред клизача могу имати и лифтере (косе клизаче), клизаче са дуплим отварањем, клизаче са хидрауликом. Овакви алати често имају више од два гнезда.

Независно од типа алата, од тога да ли имају додатних елемената, да ли је алат за вертикалну или хоризонталну машину, сваки алат за бризгање пластике се састоји од три групе елемената:

1. Елементи који су саставни део непокретне стране алата;
2. Елементи који су саставни део покретне стране алата;
3. Елементи избијачког система.

4.1. Непокретна (Cavity) страна алата

Непокретна страна алата за бризгање пластике је део алата који се везује за непокретни део машине. Улога овог дела алата је да прихвати растопљену пластичну масу и спроведе је до калупних шупљина. Шематски приказ алата дат је на слици 4.2:



Слика 4.2. Непокретна страна алата: 1.Непокретна стезна плоча; 2.Непокретна међуплоча; 3.Непокретна усадна плоча; 4.Центрирајући прстен; 5.Уливни системи; 6.Вођице;

4.1.1. Плоче у непокретној страни алата

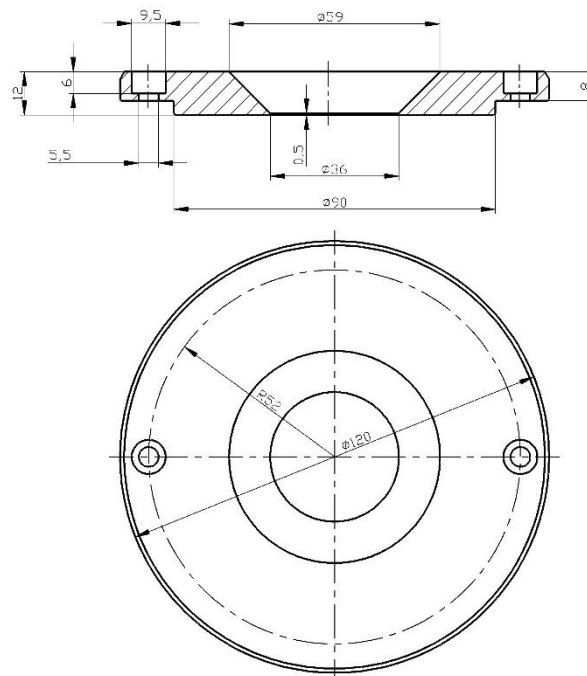
У непокретној страни алата се налазе следећи елементи:

1. Непокретна стезна плоча преко које се алат везује за непокретни део машине. Такође улога ове плоче је да осигура положај и држање усадне плоче и међуплоче.

2. Међуплоча или трећа плоча има функцију да обезбеди постављање и позиционирање уливног система.
3. Непокретна усадна плоча која има функцију формирања дела. Поред тога у њу се могу поставити и додатни елементи који су неопходни за формирање комада.

4.1.2. Центрирајући прстен

Основни задатак прстена за центрирање (слика 4.3), је да обезбеди прилаз и налегање млазнице машине, на млазницу алата. Главну улогу у томе има конусни део унутрашњег отвора. Код избора прстена за центрирање и млазнице алата битно је напоменути да пречник главе млазнице алата треба да буде већи од најмањег пречника средишњег конусног отвора. Таквим избором, обезбеђује се аксијални положај млазнице алата. У супротном, услед великог притиска унутар калупне шупљине, могло би да дође до искакања млазнице алата.



Слика 4.3. Прстен за центрирање

4.1.3. Уливни систем

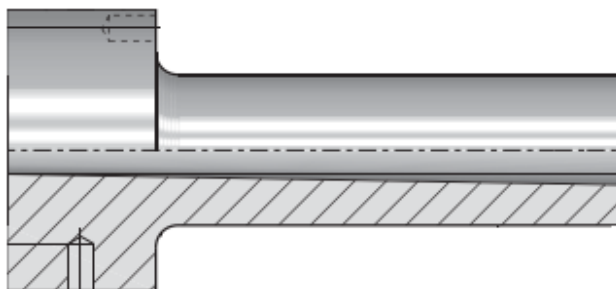
Под уливним системом подразумева се један или више канала повезаних у једну целину. Улога уливног система је да што лакше, брже и без турбуленције спроведе растопљени материјал од млазнице до калупне шупљине у којој се обликује радни комад. Неправилно димензионисани или неправилно постављени канали могу да отежавају рад, а у неким случајевима и да га потпуно онемогуће. Ово нарочито важи за полимерне материјале који брзо прелазе из течног у чврсто стање, као што је случај са полиамидима и ацетатцелулозом.

У начелу уливни систем се састоји од:

- доводног канала;
- разводног канала;
- улазних канала.

Основна подела уливног система је на топли и хладни уливни систем.

Хладни уливни систем - има функцију да истопљену пластичну масу спроведе до уливних канала. Хладан уливни систем (слика 4.4) је такве конструкције да нема могућност додатног загревања и одржавања температуре константном. Због тога, растопљена пластична маса се брже хлади, па се овај систем уливања користи код делова просте геометрије.



Слика 4.4. Хладни уливни систем

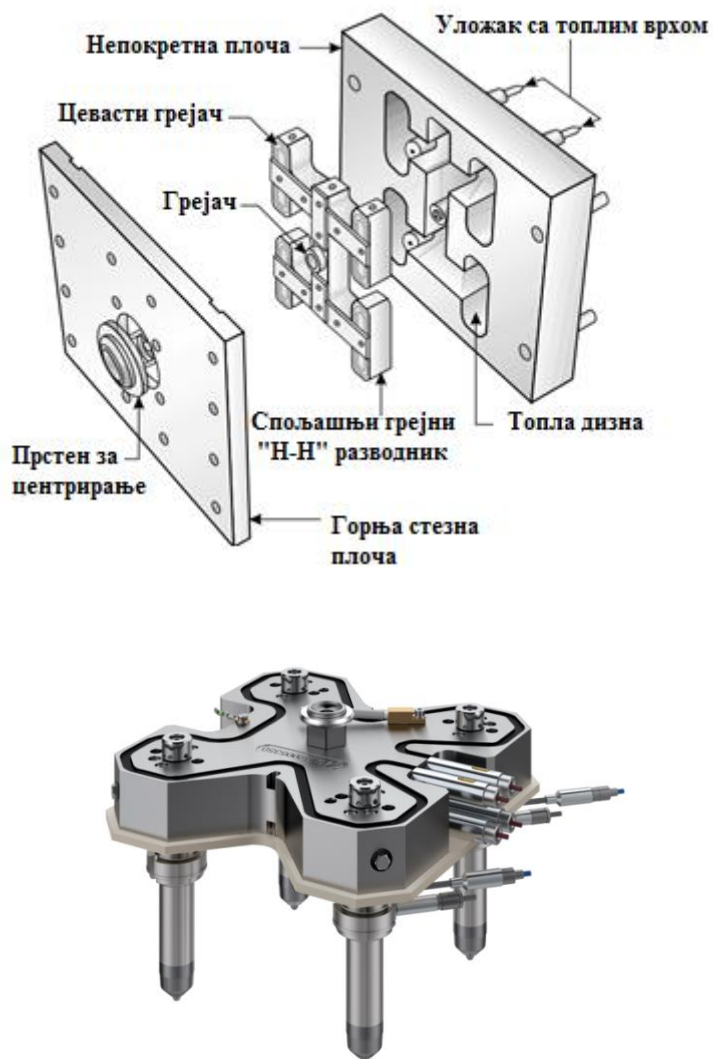
Топла дизна - конципирана је тако да око себе има појасни грејач који је греје и на тај начин одржава температуру константном и успорава процес хлађења пластичне масе (слика 4.5). Као и код топлог блока, преко топле дизне врши се уливање растопљене пластичне масе директно у калупну шупљину. Функција топле дизне је да задржи растопљену пластичну масу у том стању до уливних канала или до убризгавања пластичне масе у калупну шупљину. Топле дизне се користе код делова који имају сложенију геометрију и посебне захтеве по питању естетике.



Слика 4.5. Топла дизна

Топли блок - представља посебну врсту уливног система (слика 4.6). Овакав тип уливног система представља једну посебну целину која се састоји из више елемената,

као што су топли блок са топлим каналима, топле дизне, итд. Улога топлог блока је да одржи температуру растопљене пластичне масе константном од тренутка убризгавања у алат до тренутка попуњавања калупне шупљине. За разлику од претходна два типа уливног система, топли блок може да улива масу директно у калупну шупљину у више тачака, више уливних места. Сложеност и конструкција топлог блока зависи од сложености алата за бризгање пластике. Топли блокови се користе код алата веома сложене геометрије у којим се бризгају делови који имају посебне захтеве по питању квалитета и дизајна.



Слика 4.6. Топли блок

4.2. Покретна (Core) страна алата

За разлику од непокретне стране алата, овај део алата има могућност аксијалног померања. Покретна страна алата (слика 4.7) се поставља на покретни део машине за бризгање пластике. По завршетку једног циклуса бризгања долази до померања покретне

стране алата, алат се отвара и тада је могуће извршити избацивање готовог дела из алатне шупљине. Покретна страна алата се састоји од знатно већег броја елемената, из разлога што је та страна алата изложена великим притисцима и силама током процеса бризгања. Потреба за већим бројем елемената је из разлога постизања што веће крутости и тачности система. Покретну страну алата чине два система:

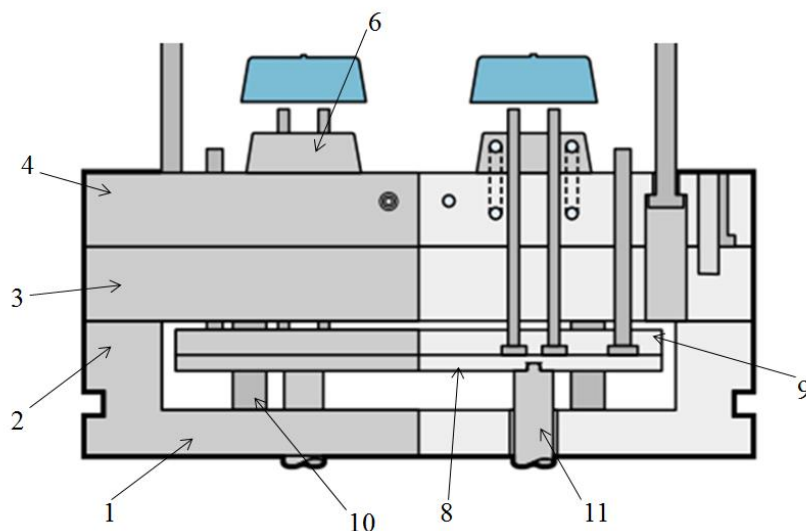
1. Систем основних и дистантних плоча;
2. Систем плоча за избијање.

Делови система основних и дистантних плоча су:

1. Покретна стезна плоча;
2. Дистантне плоче;
3. Помоћна међу плоча;
4. Усадна покретна плоча;
5. Системи за клизаче;
6. Усадне кокиле;
7. Коси клизачи (лифтери);

Делови система за избијање су:

8. Доња избијачка плоча;
9. Горња избијачка плоча;
10. Чауре за вођење;
11. Елемент за круту везу;



Слика 4.7. Покретна страна алата

4.2.1. Елементи за temperирање калупа

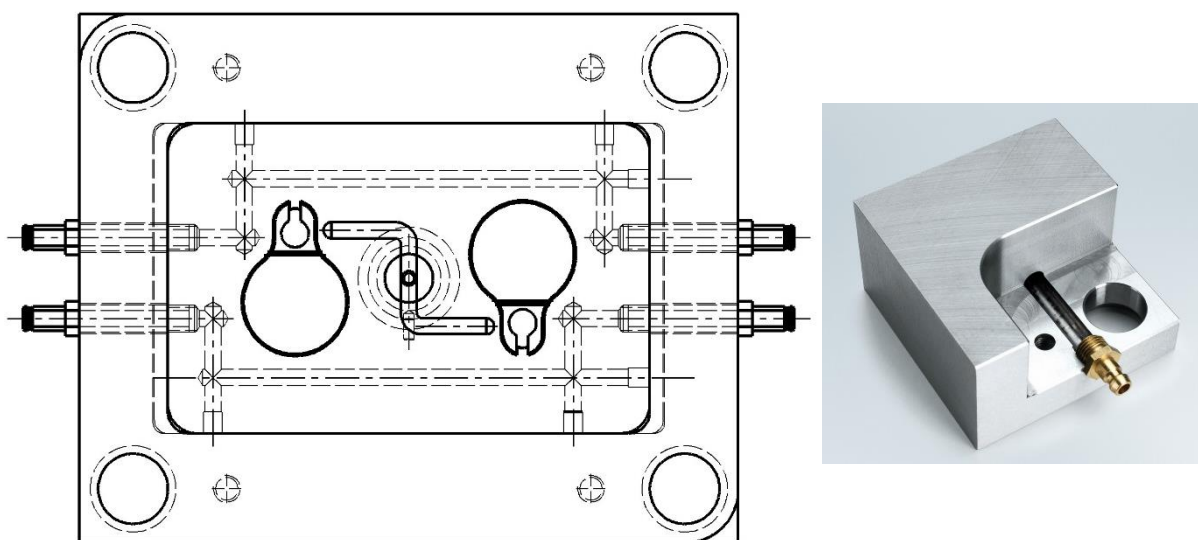
Да би се постигао жељени квалитет производа и самог процеса инјекционог бризгања, потребно је одржавати одговарајућу температуру алата. У зависности од врсте материјала, алат се хлади или загрева. Да би се успешно регулисала температура алата, конструктивно решење мора да садржи одређене елементе.

У највећем броју случајева, потребно је обезбедити хлађење алата. По убризгавању у калуп, растопљени материјал предаје топлоту металном кућишту алата, хлади се и очвршћава. Основни задатак система за хлађење калупа, јесте одвођење топлоте коју растоп предаје зидовима калупне шупљине. На тај начин скраћује се циклус бризгања и спречава се лепљење материјала за зидове кокила.

У највећем броју случајева, алат се хлади водом, која протиче кроз канале избушене у плочама или уметцима алата. Ретко се употребљава ваздух за хлађење алата.

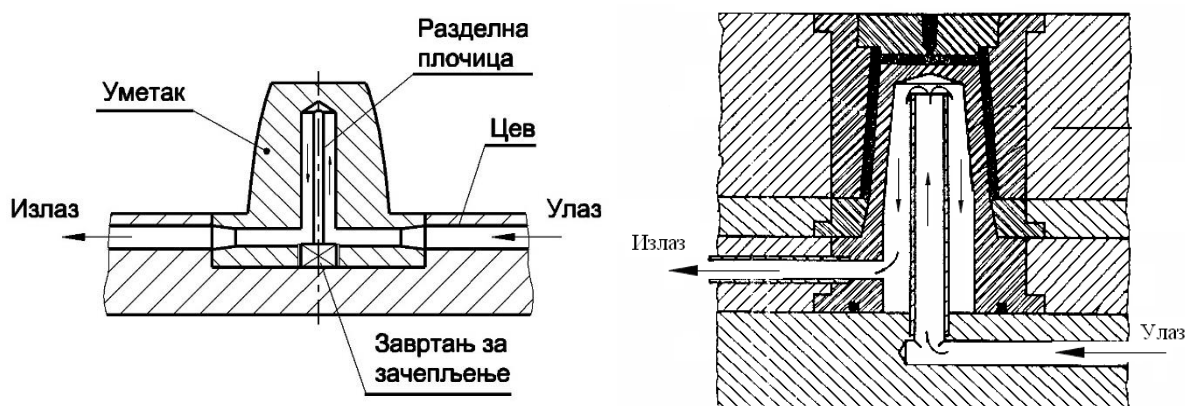
Већина машина за инјекционо бризгање поседује уређаје за хлађење који скраћују радни циклус за 30 до 40 процената. Када вода прође кроз алат, враћа се у уређај за хлађење, предаје топлоту и поново се враћа у алат.

Температура воде за хлађење алата креће се од 23°C до 57°C. Температура зависи од величине и облика радног комада, као и од врсте пластомера који се користи. Пречник канала за хлађење се креће од 6 mm до 20 mm, а зависи од величине алата, односно радног комада. На слици 4.8, приказано је извођење канала за хлађење алата, као и повезивање прикључака за воду.



Слика 4.8. Канали за хлађење са прикључцима за воду

У случају бризгања дубоких кутијастих делова (релативно велике димензије металног уметка који образује отвор), потребно је обезбедити хлађење унутрашњости металног уметка. На слици 4.9, приказана су два решења којима се обезбеђује хлађење унутрашњости уметка.



Слика 4.9. Хлађење унутрашњости металних уметака

4.2.2. Систем за вођење алата

Систем за вођење алата, има задатак да центрира и обезбеди паралелност хода покретног и непокретног дела алата. Такође систем за вођење обезбеђује положај плоча у равни отварања калупа. У супротном долази до оштећења производа, а врло често и до лома калупа.

Систем вођења код калупа за инјекционо бризгање пластомера, базира се на стубним вођицама. Задатак стубних вођица и клизних чаура је да центрирају и осигурају међусобну паралелност хода обе стране алата, пре него што гнезда калупа дођу једно до другог. Стубне вођице не смеју бити оптерећене бочним силама. Дужина стубних вођица мора бити довољна да осигура захватање и улажење у чауру за вођење пре него што језгра калупа дођу у захват. Дужина водеће чауре обично је једнака 1,5-2 пречника стубне вођице.

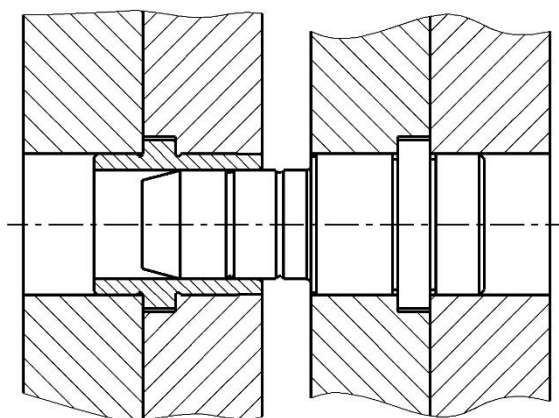
Материјал за израду стубне вођице и чауре је алатни челик, термички обрађен на тврдоћу 58-60 HRC за стуб и 56-58 HRC за чауру. Код великих алата, са више међуплоча, стубне вођице не смеју бити оптерећене тежином међуплоча. Стубне вођице могу обезбедити прецизно вођење, само уколико нису оптерећене бочним силама. Да би се код дубоких радних комада обезбедило прецизно вођење и налегање обе стране алата, користе се додатни конусни клинови. Веома је важно обезбедити стално подмазивање стубних вођица због њиховог клизног кретања и прецизног налегања између стубне вођице и чауре за вођење. Налегање између стубне вођице и клизне чауре је најчешће налегање типа H7/f6 или H7/g6. Положај стубова за вођење мора бити такав да не омета вађење радног комада из калупа, па су стубне вођице смештене у угловима плоча.

Прецизно вођење калупа је веома важно и због хабања вођица машине за бризгање у току експлоатације, што негативно утиче на тачност кретања радних столова машине.

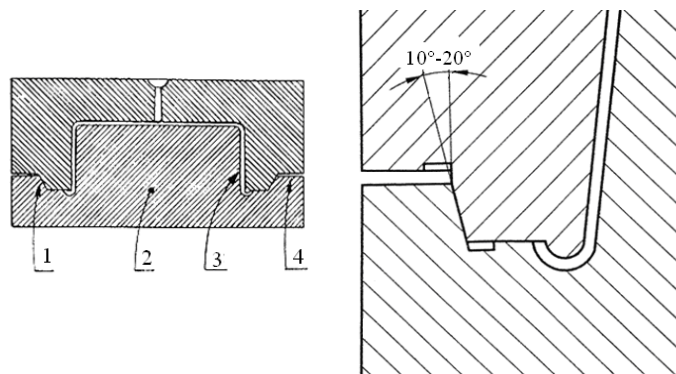
Према врсти вођења, алати се могу поделити на:

- алате са паралелним вођицама;
- алате са конусним вођењем;
- алате са косим вођицама.

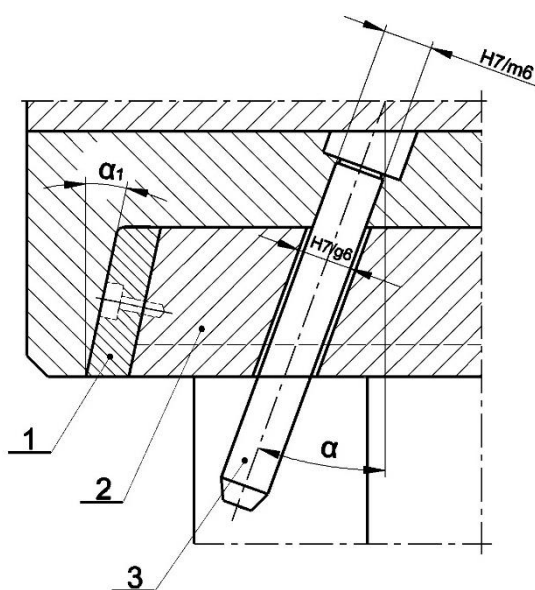
На следећим сликама могу се видети типови вођица.



Слика 4.10. Стубна вођица и клизна чаура



Слика 4.11. Конусно вођење



Слика 4.12. Коса вођица: 1. Тврда плочица, 2. Бочни клизач, 3. Коса вођица

4.3. Систем за избацивање радног комада

По завршетку убризгавања растопљеног пластомера у калупну шупљину, наступа хлађење масе и њено очвршћавање. Током хлађења материјал се скупља, па се радни комад стеже око избочених (конвексних) делова калупне шупљине, а одваја се од површина које су удубљене (конкавне). Отварање алата не обезбеђује испадање радног комада из калупне шупљине. Зато је неопходно постојање такозваног система за избацивање (избијање) радног комада из алата. Готово увек, осим у специјалним случајевима, калупна шупљина се прави тако да радни комад остане у покретној страни алата. Тиме се олакшава избијање радног комада, јер се кретање избијачког система заснива на кретању дела машине на којем се налази покретна страна алата.

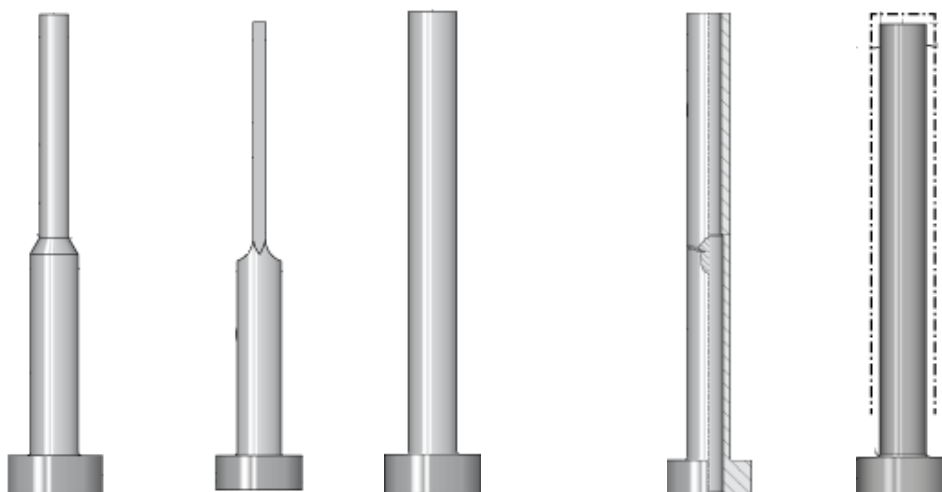
На врсту система за избијање радног комада утиче више фактора:

- облик радног комада;
- број делова који се бризгају у алату;
- врста пластомера;
- ниво аутоматизације рада алата и
- врста и могућност машине.

Важно је изабрати такав систем избацивања готовог дела из калупа, који не доводи до застоја у раду алата и што је најважније, који обезбеђује добијање отпреска са незнатним траговима избацивача.

Најчешће се користе следећи системи за избацивање:

- игличасти избацивачи;
- избацивачки прстенови;
- цевasti избацивачи и
- системи са ваздушним избацивањем.



Слика 4.13. Различите врсте избацивача

5. Материјали који се користе

5.1. Уводна разматрања

Композитним материјалима се називају материјали састављени од две или више компоненти, па и сама реч „композитни“ потиче од латинске речи *Compositum* што значи састављено. Неки од најранијих композитних материјала које је човек направио састојали су се од блата и прућа, и помоћу таквих материјала човек је успео да створи релативно сложене конструкције које су у великој мери утицале на рану појаву архитектуре, што је изменило комплетан начин живота човека. Током историје, која је пролазила кроз различите периоде у којима је човек откривао различите материјале и технологије, дошло се до употребе савремених материјала који се могу комбиновати како би се постигле одређене механичке, физичке и друге карактеристике које појединачни материјали немају. У архитектури, најчешће коришћен композитни материјал је управо армирани бетон, који се састоји од матрице коју чини мешавина песка и цемента, и ојачања кога чине челичне шипке негаранованог квалитета. Овде се може повући паралела са предходним примером, код кога матрицу чини блато, а ојачање пруће.

Савремени композитни материјали какви се најчешће користе у различитим гранама индустрије, а највише у ваздухопловству, бродоградњи и астронаутици, такође се састоје од матрице и ојачања, и они се могу класификовати према различитим критеријумима као што су: врста матрице, врста ојачања и геометрија ојачања:

- *према врсти матрице*: пластична, карбонска, метална и керамичка.
- *према врсти ојачања*: у виду влакана (стаклена, угљенична, борна, арамидна, итд.)
- *према геометрији ојачања*: ојачања кратким или дугим влакнима, ојачања честицама итд.

Полимерни композити припадају групи композитних материјала ојачаних влакнима, која су по геометрији најчешће: кратка влакна (вискери), дуга континуирана влакна или различите тканине добијене ткањем снопова континуираних влакана. Матрицу чине различите врсте полимерних смола које се након сушења стврдњавају, али постају знатно еластичније (дуктилније) у односу на влакна.

Комбинацијом одређених врста влакана, оријентисаних у одређеном смеру, са матрицом од одговарајуће полимерне смоле, могуће је добити веома широк спектар најразличитијих материјала који се међусобно разликују по карактеристикама као што су: затезна чврстоћа, модул еластичности, отпорност на високе температуре и различите хемикалије, итд.

5.2. Основе пластичних маса

Пластичне масе су материјали који као основу садрже неки природни или синтетички полимер велике молекуларне масе. У пракси се врло ретко користе "чисти"

полимери због њихове високе цене. Хемијски елементи који се најчешће користе у производњи пластичних материјала су угљеник, водоник, азот, хлор, сумпор. Ови елементи се могу добити из ваздуха, воде, гаса, нафте, угља, итд. Модификовањем својстава полимера добија се врло широк спектар материјала, чије се особине, које их карактеришу, прилагођавају условима у којима ће се тај материјал користити. Па тако имамо пластичне масе које се могу користити и при температурама од -50°C па све до 450°C . Овакве врсте материјала се једним именом називају пластичне масе.

Све пластичне масе можемо да класификујемо у две групе:

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

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

Пластичне масе које се данас користе су грађене претежно од:

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

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

5.3. Пуниоци

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

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

- *прашкasti* (дрво, кварцно брашно, креда, талк, чађ);
- *влакнасти* (стаклена и органска вуна, азбест);
- *листасти* (хартија, тканина, дрвени фурнир).

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

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

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

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

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

5.4. Адитиви

Адитиви су материје које се додају како би материјал добио одређене карактеристике које је иначе овако тешко добити. Неке од тих карактеристика су смањење апсорције влаге, побољшање пластификације, порозност структура (код делова код којих се захтева транспарентност).

Најчешће коришћени адитиви који се додају пластичним масама су: пластификатори, стабилизатори, катализатори, боје, супстанце за формирање порозне структуре, итд.

- Пластификатори су супстанце које се додају пластичним масама са циљем повећања пластичности масе на нормалним температурама. Они олакшавају прераду пластичних маса, снижавајући температуру преласка полимера у чврсто стање. Садржај пластификатора у пластичним масама може да износи и до 50% у односу на масу полимера;
- Стабилизатори су супстанце које се додају пластичним масама у циљу спречавања њиховог старења, а тиме продужавају век трајања производа;
- Катализатори су супстанце чијим се коришћењем смањује време очвршћавања пластичне масе, а тиме се постиже да готов производ добије што савршенију структуру и геометрију;
- За бојење пластичних маса употребљавају се разни пигменти или органске боје. Садржај ових додатака обично износи 3–5% у односу на масу полимера. Све пластичне масе су претежно црне боје, па је додавање ових адитива неопходно како би готов производ имао неопходну боју.
- Порозна структура пластичних маса постиже се довођењем полимера у пенасто стање или увођењем у полимер супстанци које развијају гасове услед којих долази до експанзије масе.

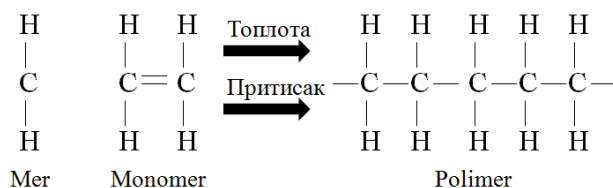
5.5. Везивне материје

Везивне материје или мономери представљају основу сваког полимера. Полимери су хемијска једињења која могу бити природног или вештачког порекла, и састоје се од великих молекула, које опет чине серија поновљених малих молекула односно мономера. За потребе израде полимерних композитних материјала најчешће се користе синтетичке смоле, и припадају групи високомолекуларних једињења чији се молекули састоје од неколико хиљада молекула. Синтетички полимери се добијају реакцијом полимеризације и поликондензације.

- *Полимеризација* – је реакција спајања више молекула истог мономера у полимер без издавања нуспроизвода реакције;

- *Поликондензација* – је реакција спајања најмање два различита мономера при чему се издвајају мањи молекули (као што су то нпр. молекули воде);
- *Полиадиција* – реакција раздруживања разноврсних молекула и спајање атома у полимере без излучивања нуспродуката.

Полимери (слика 5.1) припадају категорији високомолекуларних једињења, чији се молекули састоје од неколико стотина или неколико хиљада атома међусобно спојених валентним везама. Овако велики молекули називају се макромолекулима. Макромолекули се састоје у највећем броју случајева од великог броја структурних јединица које се вишеструко понављају.



Слика 5.1. Формирање полимера

Полимери се могу поделити према врсти молекула у макромолекулу:

- *Хомополимери* – полимери код којих је макромолекул састављен од исте врсте молекула.
- *Кополимери* – су полимери код којих макромолекул чини веза два или више различитих мономера, и могу се разликовати по начину слагања појединачних мономера у макромолекулу

nasumični kopolimeri	naizmjenični kopolimeri	blok-kopolimeri	cijepljeni kopolimeri

Они се такође могу поделити према структури:

- *Линеарну структуру* – чини ланац неразгранатих молекула (полиетилен, поливинил-хлорид итд.)
- *Разгранату структуру* – која је има бочне ланце молекула и карактеристична је за полимере који нису термостабилни
- *Мрежасту структуру* – код које су ланци молекула повезани ковалентним везама, и тако чине мрежу ланаца молекула



Особине синтетичких полимера се веома разликују у зависности од врсте полимера, али поседују нека заједничка својства као што су:

- мања густина у односу на густину воде
- добри су топлотни и електрични изолатори
- поседују отпорност на киселине и базе
- већина полимера је отпорна на атмосферске услове као што су: влажност ваздуха, атмосферски притисак, промене у спољашњој температури итд.

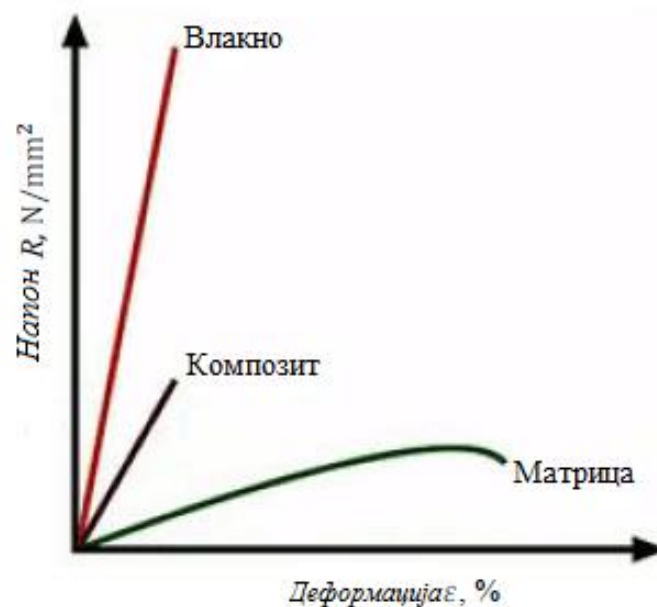
5.6. Структура полимерних композитних материјала

Композитни материјали се састоје од два основне компоненте **матрице** и **ојачања**, од којих у великој мери зависе механичке особине материјала. У широј примени, нарочито код полимерних материјала, као ојачање унутар полимерне матрице користе се влакна као што су: стаклена, угљенична и арамидна (кевлар).

Ојачање полимерних матрица је обично израђено у виду кратких дисконтинуираних влакана (вискера) или дугих односно, континуираних влакана. Ткањем влакана у одређеним смеровима добијају се плетива, који се полажу у калуп, након чега се наноси слој матрице у виду течне преходно припремљене смоле.

У пракси се често користе (нарочито у ваздухопловству) полимерни композитни материјали у комбинацији са танким алуминијумским лимовима. Овакви композитни материјали називају се ламинатним комозитним материјалима, а чине их наизменични слојеви влакнима ојачаним полимерни композити и слојеви танких алуминијумских лимова.

Комозитни материјали код којих се ојачање састоји од влакана, долазе до изражаја механичке особине као што су побољшање чврстоће, жилавост материјала, крутост, као и повећања односа између чврстине и густине због уградње чврстих, крутих и кртих валакана у мекшу дуктилнију матрицу. Дуктилност представља способност материјала да се под утицајем напрезања пластично деформише односно истеже пре него што дође до лома материјала. Границе еластичности у случају композитних материјала ојачаних влакнима се могу приказати дијаграмом приказаним на слици 5.2.



Слика 5.2. Дијаграм дуктилности композитних материјала

Према слици 5.2, може се уочити да је матрица знатно еластичнија у односу на ојачање које поседује извезсну затезну чврстоћу, у зависности од врсте влакана које се користе као ојачање. Крањи производ (композитни материјал), се налази на граници између еластичности матрице, и затезне чврстоће влакана. Према томе, може се

закључити да је код овог типа композита ефикасност ојачања већа у односу на друге врсте композитних материјала (композити са металном или керамичком матрицом), јер материјал од кога је израђена матрица ефикасније преноси оптерећења на влакна која су крута у односу на знатно еластичнију матрицу. Тиме се постиже висока живавост полимерних композитних материјала.

Овакви композити могу бити изотропни (што значи да су механичке особине једнаке у свим правцима), ортотропни (код којих су механичка својства различита према различитим ортогоналним смеровима), или анизотропни (код којих механичка својства варирају у зависности одправаца).

Ојачања код композитних материјала ојачаним влакнима су најчешће у облику кратких влакана тзв вискера, који чини монокристално влакно пречника од 0,5 до 30 μm и дужине до 20 mm, изузетно високе чврстоће која је чак и до десет пута чвршћа од челичних нити истог пречника, са тачком топљења између 2000°C и 4000 °C. Вискер се најчешће израђују од: угљеника, силицијум -карбида, силицијум -нитрида и алумуинијум –оксида. И ако вискере одликује висока чврстоћа, они нису заступљени у већој мери из економских разлога. Првенствено због саме цене ових материјала, а затим и због сложенијег технолошког поступка уградње вискера у матрицу.

Осим њих, као ојачање користе се и влакна која су релативно равномерно распоређена у правцу уздужног пресека материјала и најчешће се користи у облику ткања. Влакна су аморфна или поликристална па имају мали пречник. Овакви материјали су полимерни или керамички као што су: стакло, угљеник, бор, арамид итд.

Код полимерних композита матрице су најчешће полимерне и углавном су у облику полимерних смола, које су велике молекуларне масе које је потребно ојачати влакнима. У зависности од врсте полимерних смола и различитих влакана који се употребљавају као ојачање, добија се широк спектар полимерних композитних материјала ојачаних влакнима, са различитим механичким особинама. Приликом добијања ових материјала треба узети у обзир чињенице као што су:

- намена материјала – од чега зависе механичке и друге особине материјала који ће се употребити у одређене сврхе.
- економска оправданост –коју такође треба узети у обзир, јер поједини композитни материјали као и начин њихове израде могу превазилазити у смислу трошкова, стварне потребе материјала. Према томе је економски неоправдано користити одређену врсту композитних материјала ако нема стварне потребе за механичким и другим особинама које тај материјал поседује. У том случају треба извршити одабир материјала који ће задовољити потребе производа без излагања непотребним трошковима.

Полимерни композити израђују се, као што је већ речено, у најширем могућем спектру, и карактерише их велика разноликост, ако се узме у обзир примена, механичка и друга својства, начин производње и цена.

5.7. Најчешће коришћени полимерни материјали

Поједини материјали имају карактеристику упијања влаге из атмосфере. Таква појава у материјалу може изазвати бројне потешкоће приликом прераде пластике и у великој мери може утицати на естетски изглед готовог производа. Из тог разлога је неопходно материјал, пре употребе, најпре осушити у уређајима који се називају сушаре. Температура и време сушења зависи од врсте материјала и за сваки материјал за који је потребно овакво третирање, произвођачу техничкој документацији даје информације о томе.

5.7.1. Представници аморфне структуре

- **АБС (ABS)**

Акрилнитрид Бутадиен Стирен (ABS) је материјал који је често у употреби појединачно или у комбинацији са неким другим материјалом. АБС је широко примењиван материјал и користи се у разне сврхе. За израду делова за полице, пластичних производа свакодневне употребе, делова који се користе у белој техници, ручни алат, бушилице, у телекомуникацији, електро индустрији, итд.

У ауто-индустрији се претежно користи за израду инструмент табли, наслона за руке, појасева за везивање, кућишта за вентилацију у колима, фарове, итд.

Основна својства АБС су:

- Велика ударна отпорност (жилавост) и крутост;
- Добра димензионална стабилност;
- Велика чврстоћа.

- **ПС (PS)**

Полистирен (PS) је пластомер линеарних макромолекула опште формуле $[-CH(C_6H_5)-CH_2-]$, врло је важан полимер због својих добрих својстава и ниске цене. Примену има у електроници, палетама и кутијама за транспорт, спорт, медицина, итд.

Основна својства ПС су:

- Добра ударна чврстоћа;
- Мала запаљивост;
- Отпорност на хабање;
- Висока топлотна отпорност;
- Добра димензионална стабилност;
- Добра електрична својства.

- **ПВЦ (PVC)**

Поливинил – хлорид (PVC) је назив за групу пластомера који садрже ланац макромолекула типа $-CH_2-CHCl-$. Својства основног полимера могу се лако мењати процесима модификације, тако да је познато преко стотину врста полимерних материјала на основи винил-хлорида. Они се разликују по процесима производње, врсти и количини

присутног пластификатора. Захваљујући доброј компатибилности са пластификаторима и другим додацима, лаганој прерадљивости и ниској цени, ПВЦ се често употребљава и има широко подручје примене.

Примењује се у изради цеви, прозора, врата, конструкцији зграда, спортске опреме, паковања и медицинске опреме.

У ауто-индустрији се користи за панеле на вратима, пресвлаке, наслоне за руке, централну конзолу, патоснице, итд.

Основна својства ПВЦ су:

- Могућност обраде свим поступцима прераде пластичних маса;
- Одлична отпорност на воду и водене растворе;
- Добра отпорност на атмосферске утицаје;
- Димензионална стабилност;
- Релативно ниска цена;

• ПА (РА)

Полиамид (РА) је пластомер линеарних макромолекула општеформуле – $\text{NC}(\text{CH}_2)_5\text{CO} - \text{NC}(\text{CH}_2)_5\text{CO} - \text{NC}(\text{CH}_2)_5\text{CO} -$. Полиамид је хомополимер који се користи у широком спектру технологија прераде екструдирања и бризгања пластике.

Главни атрибут и због којих је употреба полиамида широка су изузетне механичке особине, чврстоћа, одлична хемијска и отпорност на абразију, мали коефицијент трења, отпорност на хабање. Утицај модификација полиамида као резултат даје низ полимера који садрже различите нивое појачане чврстоће (ударне жилавости) и флексибилности у комбинацији са одличном хемијском и термичком отпорношћу. На основу наведеног полиамид је подељен у више група, од којих свака садржи велики број типова полиамида, па тако имамо Полиамид 6, Полиамид 66, Полиамид 610 и 612, Полиамид 11 и 12. Стаклом (стакленим влакнима) ојачан полиамид даје веома велику жилавост, велику постојаност облика, изврсну постојаност на повишеним температурама (до 150 °C).

Полиамид 6 и полиамид 66 се користе код производа од којих се тражи велика тврдоћа, крутост и велика отпорност на хабање. Од ових материјала се најчешће израђују зупчаници, лежишта, клизни елементи, такође се користи у радио и телефонској индустрији, делови за ауто-индустрију, рачунаре.

Полиамиди 11 и 12 су карактеристични по томе што имају мали степен упијања влаге, па одатле има добру постојаност облика, температура течења му је око 185°C. Полиамид 12 је сличан претходном, осим што му је температура течења око 175°C. Примена ових полимера је за израду нарочито оптерећених делова високих захтева, за израду лежајева, озубљених летви, ременица, вођица, клизача.

Најзначајније карактеристике полиамида су следеће:

- Велика чврстоћа и крутост;
- Добре еластичне особине;
- Изванредна отпорност на хемикалије;
- Димензиона стабилност;
- Изузетна клизна својства, мало трење;
- Једноставна обрада.

ПА је пронашао веома широк дијапазон употребе. Користи се у транспорту за израду гајбица и контејнера за транспорт, код делова код којих је потребна велика прецизност израде, а уједно и издржљивост, па се ПА користи и за израду зупчаника. Такође се користи и у електроници и електрици, телекомуникацији. У ауто-индустрији се користи за делове који раде на високим температурама, или за делове код којих је потребна велика издржљивост на хабање, ударце, итд.

– **ПП (PP)**

Полипропилен (PP) је пластомер линеарних макромолекула опште формуле $[-CH(CH_3)-CH_2-]$. Полипропилен један од најлакших полимерних материјала са густином од 0,90 до 0,91 g/cm³. Висока тачка топљења омогућава употребу полипропилена у релативно широком температурном подручју. Полипропилен се одликује добром уравнотеженошћу својих механичких, топлотних и електричних својстава. Многа својства су слична својствима полиетилену ниске густине. Међутим, полипропилен има већу тврдоћу и затезну чврстоћу, еластичнији је, прозирнији и сјајнији уз једнаку пропустљивост према гасовима.

Најзначајније карактеристике полипропилена су следеће:

- Висока тачка топљења (165-195°C);
- Добра хемијска отпорност на угљоводонике, алкоhole;
- Добра отпорност на замор;
- Обрадив свим термопластичним методама;

Полипропилен своју примену налази у индустрији кућних апарата, посуђа, електроници, ауто-индустрији.

6. Техно-економске анализе (Cost analyst)

6.1. Основне информације о компанији „Sigit“ у којој се ради конкретна анализа

Доласком „Fiat“-а у Крагујевац, као један од компоненташа основана је и компанија „Sigit Srbija“ августа 2011 године, а први производи отпремљени су средином 2012 године. Компанија се простире на 36.000 квадратних метара, од чега 10.000 квадратних метара заузима производни погон. Постоји могућност проширења производног погона на још 10.000 квадрата.

„Sigit“ у Крагујевцу производи милион и по делова месечно. Има око 300 алата и 400 готових производа.



Слика 6.1. Зграда компаније Sigit у Крагујевцу

Компанија „Sigit“ је највећи „Fiat“-ов компоненташ у свету у области пластичних делова. Примарно се раде делови за Fiat, али то није једина фабрика аутомобила са којом сарађује Sigit, већ су ту и Audi, BMW, Mercedes, Jaguar, LandRover, Seat, Renault, Škoda а од ове године и са Porscheom.

Компанија запошљава око 220 радника у Крагујевцу. „Sigit“ послује на 15 локација, и то у:

Италији	Скочову
Шпанији	Њу поланду
Лацедонији	Пољсци
Атеси	Казану
Гамбину	Танджерију
Сан густину	Кенитри
Монте сан виту	Крагујевцу
Куђиру	

Компанија „Sigit“ поседује три реда преса поређане по зонама, и то:

- Пресе првог реда: од 130t до 250t;
- Пресе другог реда: од 250t до 650t;
- Пресе трећег реда: од 650t до 2000t притискајуће силе.

На слици 6.2. дат је изглед једне од наведених преса.



Слика 6.2. Преса за бризгање пластике

Компанија је сређена по највишим светским стандардима, по „LEAN“ концепту, чиме се може похвалити, као и освојено прво место за безбедност на раду. Из тог разлога, све је подељено по зонама, означена места за складиштење као и уцртан (означен) пут за пешаке као и за саобраћај (виљушкаре). Опасност по раднике сведена је на минимум.

Поред преса за бризгање пластике које су смештене у посебним зонама, постоје и зоне за складиштење алата, зоне за складиштење готових делова, отпремање и сушење материјала за бризгање, зоне за оправку алата, зоне за паковање и качење додатних делова на основни (готов) комад, зоне за накнадно фарбање и гумирање одређених делова, зоне за контролу квалитета, зоне за CNC струг, зоне за складиштење готових производа. Неке од наведених зона дате су на следећим сликама.



Слика 6.3. Зона за складиштење алата и зона за сушење материјала

С обзиром на највиши достигнути степен поузданости, у "Sigit Srbija" се, поред производње пластичних делова, сада већ налазе и одељења која раде за целу " Sigit " групу у свету, попут Канцеларије за техно-економске анализе (Cost analyst), одељења за симулацију кретања пластике током бризгања (mold flow software office), радионице за израду контролника који се користе приликом контроле пластичних делова. Овај податак говори да је " Sigit " постао модел зона за целу групу, после само 7 година постојања фирме у Србији.

6.2. Принцип рада техно-економске анализе

Анализа се ради у програму „Microsoft office excel“ у коме је већ направљена табела (софтвер) по којој се ради свака анализа, са Dicomm- има (картицама) у којима се налазе све цене: сатница радника у зависности од земље у којој се израђује део, цене сатнице преса, цена додатних роботских руку, цена паковања делова, димензије кутија у које се пакују готови комади, итд.

Након добијених потребних података, од стране надређеног, креће се у израду анализе. Прво је потребно унети је:

- Име пројекта (добијен податак);
- Име фабрике у којој ће се израђивати део;
- Име клијента;
- SAP број (уколико је познат).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
2																										
4																										
5																										

Слика 6.4. Изглед табеле коју треба попунити

Када смо унели основне податке у табелу, програм препознаје фабрику у којој се израђује део и усваја цене потребне за прорачун. Следеће што је потребно урадити је унети основне информације о делу:

- Име дела који се израђује (податак који је познат);
- Шифра дела који се израђује (податак који је познат);
- Слика цртежа 3D или 2D (податак који је познат);
- Максималан број делова који ће се произвести у току године (податак познат);
- Просечан број делова који ће се произвести у току године (податак познат);
- SAP број (уколико је познат).

На слици 6.5 дат је изглед попуњене табеле подацима који су горе наведени.

DATI RELATIVI AI PRODOTTI					
DESCRIPTION PRODUCT	DRAWING CODE	IMAGE	MAX PARTS FOR YEAR	AVERAGE PARTS FOR YEAR	N° SAP PROJECT
Dashboard Channel	1017156		485,000	485,000	

Summary
Calculation Sheet
Tooling Cost
OVERHEAD
Men Cost

Слика 6.5. Изглед попуњене табеле основним подацима о комаду

Следећи корак, је унос података о материјалу, комаду, као и о додатним компонентама (ако их има). Табела се увек попуњава с лева на десно, ради бољег прегледа и сигурности. Подаци који се уносе у табелу су:

- Слика комада и додатних компоненти;
- Врста материјала који се користи, боја, информација одакле је узета маса дела;
- Маса дела;
- Цена за килограм;
- Име добављача;
- Преса на којој се израђује комад.

Програм сам прорачунава поља која су обојена жутом бојом, након унешених података. У овом случају, та поља претстављају масу шкарта коју сваки комад има, као и цену материјала по делу, за до сада унете податке (сиво поље). Изглед табеле дат је на слици.

RAW MATERIALS							
DESCRIPTION INJECTION PARTS	RAW MATERIALS TYPE	COST FOR KG	WEIGHT (KG)	SPRUE WEIGHT (KG) - +10% on NET	SUPPLIER	CoW	COST FOR PART
 Corps principal	>PP< Comercial name: Moplen EP 3307 Color black. Material and color from document: 1017156_spec_X52_dashboard_channel_indOR Weight from 3D model: OCl6746531_Goulotte	1.914	0.194	0.2037	Ultrapolymers	MA-650	0.0117 0.40158
 Patte soude 1	>PP< Comercial name: Moplen EP 3307 Color black. Material and color from document: 1017156_spec_X52_dashboard_channel_indOR Weight from 3D model: OCl6746531_Goulotte	1.914	0.0122	0.0134	Ultrapolymers	MA-250	0.0005 0.02624
 Patte soude 2_V2	>PP< Comercial name: Moplen EP 3307 Color black. Material and color from document: 1017156_spec_X52_dashboard_channel_indOR Weight from 3D model: OCl6746531_Goulotte	1.914	0.0123	0.0135	Ultrapolymers	MA-250	0.0005 0.02633

Слика 6.6. Изглед попуњене табеле

Следећи корак је веома важан у изради анализе. Подаци који се уносе у табелу су:

- Опис калупа (број гнезда, број клизача, од ког материјала су израђене калупне плоче, тип бризгања, 3D или 2 D модел који се користи);
- Преса на којој се израђује комад;
- Број гнезда;
- Време циклуса;
- Број радника потребних за рад на преси и паковање делова;
- Време потребно за стартовање пресе.

Жута поља представљају:

- Цену пресе по сату;
- Број израђених комада по сату;
- Шкарт;
- Минимални број комада за производњу;
- Сетурацију пресе (заузетост пресе, која по правилу мора бити мања од 30% (на годишњем нивоу) да би била исплатива, у неким случајевима толерише се 5% више)

MOLDING PROCESS													
DESCRIPTION MOLD	PRESS	PRESS COST (€/h)	Pcs/ Hour	N° CAVITIES	MOLD CYCLE TIME (")	SCRAP	N° OF WORKER	COST FOR PART	TIME FOR START PRODUCTION	MINIMUM LOT for PRODUCTION	COST FOR START PRODUCTION FOR PART	% SATURATION PRESS by QMAX (3shift and 5wd)	% SATURATION PRESS by QAVE (3shift and 5wd)
Mold with 4 cavities. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: OC16746531_Goulotte	MA-650	25.7	250	4	55	0.0036	1	0.124424	2	1875	0.023306667	34.5	34.5
Mold with 4+4 cavities. Common for Patte soude 1 and Patte soude 2_V2. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: OC16746531_Goulotte	MA-250	13.5	676	8	40	0.0005	0.5	0.023765	1	5070	0.002218935	12.8	12.8
Mold with 4+4 cavities. Common for Patte soude 1 and Patte soude 2_V2. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: OC16746531_Goulotte	MA-250	13.5	676	8	40	0.0005	0.5	0.023765	1	5070	0.002218935	12.8	12.8

Слика 6.7. Изглед попуњене табеле калупног процеса

Избор пресе, број гнезда као и време циклуса, израчунава се уз помоћ посебне литературе, у којој постоје посебне табеле за израчунавање свега наведеног. Време циклуса је такође табеларно наведено у литератури, и нема потребе за израчунавањем, већ се на основу изабране пресе врши избор. Изабир броја радника је такође дат, и у табелу је могуће унети 0,25 радника, 0,5 радника и 1 радник.

- 0,25 радника – део је малих димензија, није визуелан и за време циклуса радник може да опслужује 3 пресе;
- 0,5 радника – део је малих димензија и радник за време циклуса може да опслужује још једну пресу;
- 1 радник – део је габаритан, врло често визуелан и за време циклуса радник стиже да прегледа комад и запакује.

У програму „Kister“ на основу 3D цртежа можемо видети да ли има клизача на делу, такође можемо израчунати и масу дела, као и његове димензије.

Картица коју следећу попуњавамо говори о додатним компонентама које се уграђују на комад (део). Додатне компоненте се наручују од добављача и могу бити од ситних шrafoва до лимених жабица за качење у зависности од комплексности дела. У табелу се уносе следећи подаци:

- Опис додатне компоненте (ако је има);
- Цена дела који наручујемо од добављача;
- Број додатних компоненти;
- Начин уграђивања дела (ручно, мануелно или уз помоћ неке машине);
- Име добављача.

Жуто поље претставља шкарт, који програм сам прорачунава. Сиво поље претставља цену дела, коју такође програм сам израчунава. Конкретна картица дата је на слици 6.8. За конкретан део који је представљен у овом раду нема додатних компоненти.

PROCURED PARTS						
DESCRIPTION OF COMPONENTS	COST by supplier	N° FOR PART	CoW	SUPPLIER	SCRAPT	COST FOR PART
NO ADDITIONAL PARTS	0	0	MANUAL		0	0

Слика 6.8. Изглед табеле додатних компоненти

Наредна картица која је приказана на слици 6.9 говори о склапању и паковању дела. У табелу се уносе следећи подаци:

- Опис посла (визуелно прегледање дела, уграђивање додатних компоненти (ако их има) и паковање дела (уколико је део визуелан пакује се у кесицу, па онда у кутију));
- Тип склапања;
- Број комада који се може склопити и запаковати за један циклус;
- Време циклуса;
- Време за стартовање;
- Број радника који је потребан за обављање датог посла.

Жуто поље представља:

- Цена машине за склапање (ако се не склапа ручно);
- Број комада који се склопе у једном сату;
- Шкарт;
- Цена радника;
- Сетурацију пресе.

Сиво поље представља цену склапања дела, коју програм сам израчуна на основу задатих параметара.

ASSEMBLY												
DESCRIPTION JOB	CoW	CoW COST	Pcs for cycle	CYCLE TIME	Pcs / Hour	SCRAP	TIME FOR START UP	WORKER COST	N° OF WORKER	COST FOR PART	% SATURATION PRESS by QMAX (3shift and 5wd)	% SATURATION PRESS by QAVE (3shift and 5wd)
Visual chacking + assembling parts + final packaging	MANUAL	0	4	55	257.9	0.0000	0	5	0	0	34	34

Слика 6.9. Изглед табеле за склапање делова

Наредна картица говори о цени паковања дела (слика 6.10). У овој картици морамо посебно обратити пажњу на кутију коју бирамо. Кутија се бира у посебном „Disomm”-у (картици) на дну табеле (слика 6.11). Избор кутије директно утиче на цену као и на број делова који стаје у њу. Прво је потребно у програму „Kyster“ израчунати димензију дела (слика 6.12), а после на основу те димензије потражити погодну кутију у фабрици у којој се производи део. У свакој земљи фабрика располаже различитим димензијама кутија, па се из тог разлога мора погледати земља у којој се део производи. Подаци који се уносе у табелу су:

- Димензије дела;
- Тип (име) кутије;
- Уписује се да ли је кутија картонска или рентирана (означава се словима N и P);
- Димензије кутије;
- Колико дана остаје у фабрици (кутија);
- Тип кесице (део се пакује у кесицу ако је део визуелан);
- Број кесица
- Тип сепаратора (картон који предваја редове делова, уколико су делови габаритни или уколико купац захтева сепаратор (тип сепаратора се бира у истој картици као и кутија)).

PACKAGING																				
PART DIMENSIONS				TYPE BOX	RENT or CARTON (N=RENT : P=CART)	BOX DIMENSIONS			Pcs for BOX	COST (for RENT or BOX)	DAY IN SIGIT (for RENT)	TOTAL COST FOR RENT	TYPE BAG	Pcs for BAG	TYPE OF SEPARATOR S	N° SEPARATO RS	BOX FOR PALLET	Pcs for PALLET	PALLET FOR MINIMUM LOT	COST FOR PART
156	454	311		S040	P	1195	945	400	14	€ 3.4800	1	€ 3.4800	NOBAG	1	NOTHING	1	3	42	44.6	0.360476
87	85	23		SM136	P	585	385	185	192	€ 0.5000	1	0.5	NOBAG	1	TRAMEZZ3 5X350	8	40	7680	1	0.005591
90	65	61		SM039	P	585	385	385	180	€ 0.6700	1	0.67	NOBAG	1	TRAMEZZ3 5X350	6	20	3600	1	0.007022
									#VALUE!	#N/A		#N/A				#VALUE!	#N/A	#N/A	#VALUE!	

Слика 6.10. Изглед табеле пакова

Жута поља представљају следеће:

- Број кутија који је потребан;
- Цена рентирања кутије;
- Број сепаратора;
- Број кутија које стану на једну палету;
- Број палета.

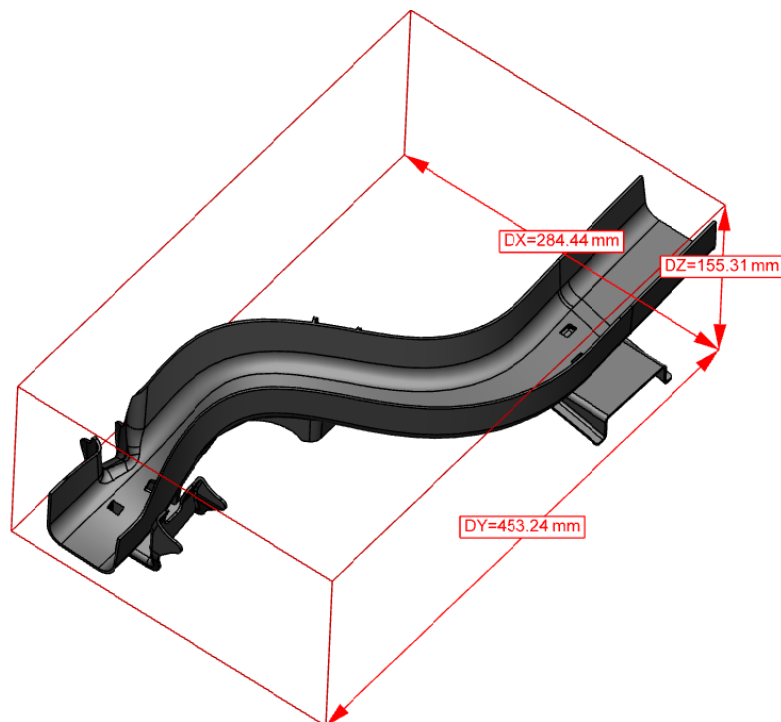
Зелено поље претставља минимални број палета који је потребан.

Сиво представља коначну цену паковања.

StandardLight	€ 100.00000		1	1200x1000x1200	52	Plastic box foldable - included in the cost the Cover and the Pallet
PedanaODETTE12x8			1	1200x800x150		Pallet for plastic box ODETTE
PedanaODETTE12x10			1	1200x1000x150		Pallet for plastic box ODETTE
CoperchioKLT Little	€ 14.77870		1	1000x600		Cover for plastic box KLT
PedanaKLT Little	€ 9.97450		1	1000x600		Pallet for plastic box KLT
CoperchioKLT Large	€ 27.44988	€ 0.08330	1	1200x1000		Cover for plastic box KLT
PedanaKLT Large	€ 19.96656	€ 0.08330	1	1200x1000		Pallet for plastic box KLT
P062-CASSETTA	€ 0.00000	€ 0.00000	4			PLASTIC BOX FOR PORSCHE
2325-PEDANA	€ 0.00000	€ 0.00000	1			Pallet for plastic box PORSCHE
1208-COPERCHIO	€ 0.00000	€ 0.00000	1			Cover for plastic box PORSCHE
DELPHIMET	€ 0.00000	€ 0.00000	1	900x800x950	90	Metallic Box specific for DELPHI
FUTURAMDR	€ 0.00000		1	360x640x510		Plastic box - included in the cost the Cover and the Pallet - FOR INDESIT
GRIGLIATOIND	€ 0.00000		1	1120x730x810		METALLIC BOX FOLDABLE FOR INSEDIT
CA420	€ 82.00000		2	1000x600x670		Plastic box
TRAMEZZ1130X940	€ 0.25000			1130X940		CARTON LAYER DOUBLE WAVE
TRAMEZZ900X700	€ 0.15000			900X700		CARTON LAYER DOUBLE WAVE
TRAMEZZ1400X940	€ 0.27000			1400X940		CARTON LAYER DOUBLE WAVE
TRAMEZZ530X350	€ 0.06000			530X350		CARTON LAYER DOUBLE WAVE
TRAMEZZ1200X1000	€ 0.31000			1200X1000		CARTON LAYER TRIPLE WAVE
TRAMEZZ950X600	€ 0.17800			950X600		CARTON LAYER DOUBLE WAVE
TRAMEZZ1380X1040	€ 0.35000			1380X1040		CARTON LAYER DOUBLE WAVE
TRAMEZZ1150X740	€ 0.34000			1150X740		CARTON LAYER DOUBLE WAVE
TRAMEZZ535X350	€ 0.05700			535X350		CARTON LAYER DOUBLE WAVE
TRAMEZZY11	€ 0.07700			590X390		CARTON LAYER SINGLE WAVE
POLITENE	€ 0.20000			1MQ		ROLL 250M2
TRAMEZPOL1200X1000	0.77000					CARTON LAYER DOUBLE WAVE - PRICE IN ZLT
TRAMEZPOL600X400	0.13000					CARTON LAYER DOUBLE WAVE - PRICE IN ZLT
TRAMEZPOL390X285	0.14000					CARTON LAYER DOUBLE WAVE - PRICE IN ZLT
TRAMEZPOL250X340	0.04405					CARTON LAYER DOUBLE WAVE - PRICE IN ZLT
ANGOLAREGREZZOPOL	1.57000					WOOD CORNER L=1670mm
NOTHING	€ 0.00000					
SACCO1100X300	€ 0.09150			1100X300		
GrandeBAG	€ 0.05000			600x800mm		
MedioBAG	€ 0.03200			400x600mm		
SBAG	€ 0.00500			150x150mm		
PiccoloBAG	€ 0.00850			250x310mm		
BUSTAPE100X48	€ 0.09000			100X48		
BUSTAPE68X34	€ 0.05000			68X34		
PAL021030A	€ 0.04400					
UMIDIFICSACC	€ 0.13556					
NOBAG	€ 0.00000					
PALLET	€ 4.70000					

Summary
Calculation Sheet
Tooling Cost
OVERHEAD
Men Cost
CoW Cost
Costification SpecialMachine
Packagin Cost

Слика 6.11. Димензије кутија



Слика 6.12. Димензије дела израчунате у програму „Kyster“

Последња ставка коју попуњавамо је цена транспорта дела (слика 6.13). У табели попуњавамо следеће:

- Условe слања пошиљке ;
- Тип транспорта (камионски или бродски);
- Број палета који стаје у товарни простор;
- Број поврата палета;
- Цена одласка;
- Цена повратка.

Сиво поље представља укупну цену транспорта.

TRANSPORT						
DESCRIPTION TERMS	TYPE TRANSPORT	PALLET FOR TRANSPORT	Reduction Factor for return	COSTO FOR GO	COST FOR RETURN	COST FOR PART
Delivery EXW SIGIT PLANT TANGERI	TRUCK	26	1			0

Слика 6.13. Изглед табеле транспорта

Овиме је попуњавање ове картице готово (calculation sheet) , у следећој картици се попуњава цена алата (tooling cost). Изглед попуњене картице дат је на слици 6.14.

		MOLD OFFER				SUPPLIER NAME	OFFER TO SIGIT
PRODUCT DESCRIPTION	DRAWING CODE	TOOLS DESCRIPTION	PRESS	N° CAVITIES	% SATURATION		
Dashboard Channel	1017156	Mold with 4 cavities. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: OCI6746531_Goulotte	MA-650	4	34.5		65,000 €
0	0	Mold with 4+4 cavities. Common for Patte soude 1 and Patte soude 2_V2. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: OCI6746531_Goulotte	MA-250	8	12.8		35,000 €
0	0	Mold with 4+4 cavities. Common for Patte soude 1 and Patte soude 2_V2. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: OCI6746531_Goulotte	MA-250	8	12.8		COMMON

TOOLS FOR FINISHING				COST FOR ACCESSORY TOOLS		STRUMENTI DI CONTROLLO		VARIE & EVENTUALI	
TOOLS DESCRIPTION	% SATURATION	SUPPLIER (as indicated if its is a estimate)	OFFER TO SIGIT	DESCRIPTION	OFFER TO SIGIT	DESCRIZIONE	COSTO	DESCRIZIONE	COSTO
Visual chacking+assembling parts +final packaging	34			SPECIFIC END OF ARM	4,300 €	GAUGE FOR DIMENSIONAL CONTROL	4,300 €	COST FOR CODESIGN AND FOR PROJECT DEVELOPMENT	TBD WITH VP
0				GRAINING or PHOTOINCISION (include estimated transports cost to/from the supplier)				QUALIFICATION TEST ON PRODUCT (climate room, aging test, ecc...) MAKE IN OUR INTERNAL LABORATORIES (Lacedonia, Kragujevac) OR EXTERNAL (if is not possible internal)	TBD WITH VP
0				TRANSPORT TOOLS TO PRODUCTION PLANT (when are close the industrialization)	4,800 €			SIMULACRUM FOR TEST IN CLIMATIC ROOM ARE NOT NECESSARY FOR VP	TBD WITH VP
0				INTERNAL TRY OUT FOR MOLDS APPROVAL	900 €			CCC CERTIFICATION	IF REQUEST

Слика 6.14. Табела цена алата

У овој картици попуњавамо следеће:

- Опис алата (број гнезда, број клизача, материјал алата, тип дизне, тип слике...);
- Тип роботске руке (ако је има);
- Опис гравуре;
- Транспорт алата из једне фабрике у другу;
- Контролнике;
- Трошкови за развој, симулације и тестове пројекта.

На следећој слици дате су пресе као и алати којима компанија „Sigit“ располаже у Крагујевцу. Техно-економски аналитичар располаже овим подацима за све Sigit-ове фабрике.

		COST MACHINES - SIGIT PLANTS						
PRESS	COST (€/hour)	% SCARPT	% BAD EFFICIENCY	WORKER FOR START	Plant	REAL TONS	ROBOT PRESENCE S	N°
GM-PL-ASS-AUT/MAN	4.20 €	5.0	10.0	1.0	GM POLSKA-APPLIANCE			2
SE130-N	8.80 €	1.5	6.5	1.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	130	NO	2
SE180-N	9.40 €	1.5	8.5	1.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	180	NO	2
SE210-L	10.90 €	1.5	9.0	1.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	210	NO	1
SE250-N	12.80 €	2.0	7.5	1.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	250	YES	4
SE330-N	16.10 €	2.0	7.5	1.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	330	YES	6
SE430-N	20.00 €	2.0	6.5	2.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	430	YES	4
SE550-N	23.20 €	3.0	8.5	2.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	550	YES	2
SE650-N	24.80 €	3.0	8.0	2.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	650	YES	1
SE650-BI	32.30 €	3.0	10.0	2.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	650	YES	1
SE800-N	29.50 €	3.0	8.5	2.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	800	YES	1
SE1000-N	34.80 €	3.0	10.0	3.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	1000	YES	2
SE1300-N	46.60 €	3.0	12.5	3.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	1300	YES	2
SE2000-N	64.00 €	5.0	8.5	4.0	SERBIA-KRAGUJEVAC	2000	YES	1

Distance between tie bars HxV (mm)		Size of platens HxV (mm)		Mould height min/max (mm)		M2
WIDTH (mm)	HEIGHT (mm)	WIDTH (mm)	HEIGHT (mm)	MIN	MAX	
SPECIFIC ASSEMBLY MACHINE						
460	410	665	620	150	500	7.1
530	460	770	690	170	550	8.7
570	510	870	800	200	630	10.3
590	530	860	790	200	650	14.7
660	600	1000	930	220	730	14.7
760	680	1135	1060	250	800	
900	800	1310	1260	300	850	20.4
1010	860	1460	1295	400	1000	19.8
1010	860	1460	1295	400	1000	22.8
1100	950	1550	1400	400	1100	30.0
1250	1000	1800	1580	500	1200	32.5
1400	1200	2070	1870	600	1200	45.1
1800	1400	2660	2260	800	1600	62.0

Слика 6.15. Пресе и алати у компанији Sigit у Крагујевцу

Коначан изглед урађене техно-економске анализе треба да изгледа као на следећој слици (слика 6.16.)

N° SAP PROJECT	0
CLIENT	Yazaki
PROJECT	X52 - Logan replacement
PRODUCT DESCRIPTION	Dashboard Channel
N° DRAWING CLIENT	1017156
YEAR QUANTITY	485,000
SIGIT PLANT	TANGERI

COST ANALYSIS PRODUCT



PRODUCT IMAGE:



RAW MATERIALS AND COMPONENTS FOR MOLDING									WORKING DATE IN 1	250	% of INCIDENCE
DESCRIPTION INJECTION PARTS	RAW MATERIALS TYPE	RAW MATERIAL COST	NET WEIGHT (KG)	GROSS WEIGHT (KG)	COST FOR PART	% SCRAP	OVERHEAD 15%	COST FOR PART			
Corps principal	>PP< Comercial name: Moplen EP 3307 Color black. Material and color from document: 1017156_spec_X52_dashboard_channel_indOR Weight from 3D model: OC16746531_Goulotte	1.914	0.194	0.204	0.4016	3.0	0.0402	0.4618			
Patte soude 1	>PP< Comercial name: Moplen EP 3307 Color black. Material and color from document: 1017156_spec_X52_dashboard_channel_indOR Weight from 3D model: OC16746531_Goulotte	1.914	0.012	0.013	0.0242	2.0	0.0029	0.0302			46
Patte soude 2_V2	>PP< Comercial name: Moplen EP 3307 Color black. Material and color from document: 1017156_spec_X52_dashboard_channel_indOR Weight from 3D model: OC16746531_Goulotte	1.914	0.012	0.013	0.0243	2.0	0.0029	0.0303			

MOLDING PROCESS											% of INCIDENCE		
DESCRIPTION	PRESS	PRESS COST (€/Hour)	LABOR	N° CAVITIES	Pcs per HOUR	NET CYCLE TIME (")	% SCRAP	% bed efficienc y	OVERHEAD 15%	COST FOR PART	% SATURATIO N - MAX QUANTITY (3)	% SATURATIO N - AVERAGE QUANTITY (3)	% of INCIDENCE
Mold with 4 cavities. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: OC16746531_Goulotte	MA-650	25.7	1	4	250	55	3.0	4.5	0.0107	0.1431	34.5	34.5	17
Mold with 4+4 cavities. Common for Patte soude 1 and Patte soude 2_V2. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: OC16746531_Goulotte	MA-250	13.5	0.5	8	676	40	2.0	6.5	0.0036	0.0273	12.8	12.8	
Mold with 4+4 cavities. Common for Patte soude 1 and Patte soude 2_V2. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: OC16746531_Goulotte	MA-250	13.5	0.5	8	676	40	2.0	6.5	0.0036	0.0273	12.8	12.8	

MINIMUM LOT for PRODUCTION	1,875	SET UP PRESS FOR MINIMUM LOT	60
----------------------------	-------	---------------------------------	----

PROCURED PARTS									% of INCIDENCE
DESCRIPTION	COST (€/Pc)	N° per PART	SUPPLIER	COST FOR PART	% SCRAP	% bed efficiency %	OVERHEAD 15%	COST FOR PART	
NO ADDITIONAL PARTS	0	0	0	0	0	1.5	0.0000	0.0000	0

ASSEMBLY AND FINISHING										% of INCIDENCE		
DESCRIPTION	MACHINES	COST MACHINES (€/Hour)	LABOR	NET CYCLE TIME (")	Pcs/Hour	% SCRAP	% bed efficiency	OVERHEAD 15%	COST FOR PART	% SATURATIO N - MAX QUANTITY (3)	% SATURATIO N - AVERAGE QUANTITY (3)	% of INCIDENCE
Visual chacking + assembling parts + final packaging	MANUAL	0	0	55	258	0	2	0.0000	0.0000	34	34	0

% OVERHEAD FOR COMPONENT COST = application on raw MATERIALS, MOLDING PROCESS, PROCURED PARTS AND ASSEMBLY	15
--	----

TOTAL COST FOR PRODUCTION (A-PRICE)	0.7519 €
-------------------------------------	----------

PACKAGING											% of INCIDENCE
DESCRIPTION	W (mm)	L (mm)	H (mm)	COST FOR RENT OR	Pcs per BOX	Pcs per PALLET	BAG TYPE	N° PAPER LAYER	OVERHEAD 4%	COST FOR PART	
S040	1195	945	400	3.40	14	42	NOBAG	1	0.0144	0.3749	
SM136	585	385	185	0.5	192	7,680	NOBAG	8	0.0002	0.0058	34
SM039	585	385	385	0.67	190	3,600	NOBAG	6	0.0003	0.0073	

TOTAL COST FOR PACKAGING	0.3880 €	1.1399 €	TOTAL COST with
--------------------------	----------	----------	--------------------

TRANSPORT							
DESCRIPTION	TYPE	N° PALLET	ACTIV. N°	COST FOR	OVERHEAD %	COST FOR PART	% of INCIDENCE
Delivery EXW SIGIT PLANT TANGERI	TRUCK	25	1	1	1.000	0.0000	0
X OVERHEAD FOR MANAGEMENT COST - only for packaging and transport						4	
TOTAL COST FOR TRANSPORT						0.0000	1.140

TOOLS FOR CLIENT OFFER	
DESCRIPTION	COST
Mold with 4 cavities. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: DCI6746531_Goulotte	65,000
Mold with 4+4 cavities. Common for Patte soude 1 and Patte soude 2_V2. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: DCI6746531_Goulotte	35,000
Mold with 4+4 cavities. Common for Patte soude 1 and Patte soude 2_V2. No sliders. Frame in steel 1.1730, inserts in steel 1.2343. Injection with hot runner sistem. 3D model used for evaluation: DCI6746531_Goulotte	COMMON
SPECIFIC END OF ARM	6,300
TRANSPORT TOOLS TO PRODUCTION PLANT (when are close the industrialization)	4,050
INTERNAL TRY OUT FOR MOLDS APPROVAL	900
GAUGE FOR DIMENSIONAL CONTROL	6,500
COST FOR CODESIGN AND FOR PROJECT DEVELOPMENT	TBD WITH VP
QUALIFICATION TEST ON PRODUCT (climatic room, aging test, ecc...) MAKE IN OUR INTERNAL LABORATORIES (Lacedonia, Kragujevac) OR EXTERNAL (if is not possible internal)	TBD WITH VP
SIMULACRUM FOR TEST IN CLIMATIC ROOM ARE NOT NECESSARY FOR VW	TBD WITH VP
TOTAL COST AND TIMING FOR TOOLS	
TOTAL COST AND TIMING FOR CODESIGN and QUALIFICATION	0 €

TOTAL COST AND TIMING FOR TOOLS	
TOTAL COST AND TIMING FOR CODESIGN and QUALIFICATION	
TOTAL COST AND TIMING FOR TOOLS	
TOTAL COST AND TIMING FOR CODESIGN and QUALIFICATION	

(*) I tempi dichiarati decorrono dalla data di ricezione del modello matematico 3D valido per TEO e sono esclusi del periodo delle festività e ferialità di calendario
THE TIME IN ANALYSIS ARE APPLICABLE BY ORDER DATA AND OFFICIAL 3D MODEL RECEIVED DATA - ARE NOT INCLUDE THE TIME FOR STANDARD HOLIDAYS

REVISION	DATA	COST ANALYSIS	TECHNICAL	QUALITY
1	24.06.2019	Vladimir Tomic		

VALID ONLY FOR 30 DAYS

OFFER DATA FOR UPLOAD IN SAP

UPLOAD DATA ON SAP

POS	MATERIAL	DIVISION	TESTO POSIZIONE	PRICE UNIT	Quantity	PRICE	VALUE	UNIT
0010	10-VARIABLE1	S000	Costo variabile	10000	10000	11400	EUR	UM
0020	20-ATTREZZATURE1	S000	Investimenti per produzione	1	1	117750	EUR	UM
0030	30-CODESIGN	S000	Investimenti per progettazione	1	1	0	EUR	UM

Summary Calculation Sheet Tooling Cost OVERHEAD Men Cost CoW Cost Costification SpecialMachine Packagin Cost Packagin Dimension and Type SAP Data DCOMM1

Слика 6.16. Коначан изглед урађене анализе

7. Закључак

У временима када се очекује да 2050. године на планети Земљи живи девет милијарди људи, огроман је успех пронаћи своје место на тржишту које постаје оптерећено неравнотежом понуде и потражње. У свим областима привреде тежи се постизању супериорних карактеристика пословања. У центру пажње налази се квалитет производа и услуга у најширем значењу тог појма.

Производња пластичних маса у свету је у константном расту, задњих седамдесетак година. Прогнозира се да ће до краја 2020 године бити произведено око 296 милиона тона широко применљивих пластичних маса.

Пораст потражње пластичних делова допринео је развоју машина које су се користиле у те сврхе. Основна подела односи се на два типа машина и то на Хоризонталне и вертикалне машине за бризгање пластике.

Од посебног значаја је постојање стандарних елемената за израду алата за инјекционо бризгање пластичних маса, које омогућава конструкторима брже и ефектније решавање постављеног пројектног задатка. Све погодности коришћења стандардних елемената у пројектовању алата за инјекционо бризгање, долазе до пуног изражаја у условима масовне производње алата.

Како би се заокружио целокупан процес бризгања пластике од великог је значаја израда техно-економске анализе која је свеобухватна. Између осталог она подразумева узимање у обзир цене сатнице пресе, сатнице радника, трошкова транспорта, паковања итд. Имајући у виду претходно наведено формира се цена готовог производа у коју су урачунати комплетни трошкови, као и зарада.

Све ово омогућава да цена пласираних производа, с једне стране буде прилагођена купцима, док с друге стране они бивају детаљно упознати с карактеристикама понуђеног производа, те на тај начин могу проценити да ли он одговара њиховим потребама.

Из овога закључујемо да техно-економска анализа заокружује цео процес бризгања пластике, као и да представља кључ успеха једне компаније.

8. Литература

1. Богдан Недић, *Технологије прераде пластичних маса*, Машински факултет, Крагујевац 2008.
1. Богдан Недић, Владислав Ђукић, *Пластичне масе*, Машински факултет, Крагујевац 2004.
2. F.Hussain, M. Hojjati, M. Okamoto, R. Gorga (2006): *Polymermatrix: Procesing, Manufacturing and Application*, Review Papers
3. G. Akovali, (2001): *Handbook of Composite Fabrication*, RAPRA Technology LTD., Shawbury, Shrewsbury, Shropshire, UK,.
4. Д. Адамовић, М. Јовановић, В. Лазић, Н. Ратковић (2003): *Машински материјали*, Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац
5. Борисав Видаковић: *Алати и прерада пластичних маса*, НИРО "Техничка књига", Београд, 1975.
6. Бошко Перошевић, *Калупи за инјекционо пресовање пластомера (термопласта)*, Научна књига, Београд, 1995.
7. Интерна документација „Sigit“-а: *Увод у индустрију пластике*, Крагујевац, 2017.