

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**

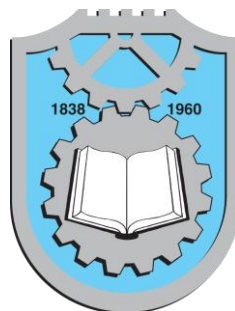
Љубомир Д. Живановић

**ГРЕШКЕ ПРИ ИЗРАДИ ДЕЛОВА ДУВАЊЕМ
ПРЕТФОРМИ**

мастер рад

Крагујевац, 2017.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Технологија прераде пластичних маса

Број индекса: 309/2015

Љубомир Д. Живановић

ГРЕШКЕ ПРИ ИЗРАДИ ДЕЛОВА ДУВАЊЕМ ПРЕТФОРМИ

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Богдан Недић, ред. проф. – ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру мастер рада потребно је да кандидат изврши прикупљање и систематизацију података о технологијама израде шупљих делова - боца од пластичних маса дувањем. Потребно је извршити пројектовање предформе, пројектовање коначног изгледа боце и пројектовање калупне шупљине за једну боцу. У оквиру рада описати потупак израде боце дувањем у предузећу "Нова Слога", погон Мивела у Трстенику. У посебном поглављу прикупити податке, систематизовати их и описати грешке израде боца технологијама дувања од пластичних маса. На крају рада дати закључак и преглед коришћене литературе.

Препоручена литература:

- [1] Богдан Недић, Владислав Ђукић - Пластичне масе, скрипта, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2004.
- [2] Мирослав Нађ, Полимерни материјали, Мултиграф, Загреб, 1991.
- [3] Борислав Видаковић, Алати за пластичне масе, Техничка књига, Београд 1975
- [4] Бошко Перошевић, Калупи за инјекционо пресовање пластомера (термопласта), Научна књига, Београд, 1995.

Крагујевац, 15.10.2017

Ментор:

Проф.др Богдан Недић, ред. проф.

САДРЖАЈ

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА	1
2. ТЕХНОЛОШКИ ПОСТУПЦИ ИЗРАДЕ БОЦА	3
2.1 Надувавање у калупу извлачењем (екструзионо дување)	4
2.2 Надувавање у калупу утискивањем (ињектирањем)	7
2.3 Надувавање у калупу развлачењем (технологија дувања претформи)	8
3. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПРЕТФОРМЕ, БОЦЕ И КАЛУПНИХ ШУПЉИНА ЗА ДУВАЊЕ ПРЕТФОРМИ	9
3.1 Пројектовање претформе (спрувете)	9
3.2 Пројектовање боце и калупних шупљина за добијање боце	14
4. ПЕТ МАТЕРИЈАЛИ И ПОСТУПАК ДУВАЊА ПРЕТФОРМИ У ПРЕДУЗЕЋУ „Нова Слога“ д.о.о., погон Мивела	22
4.1 ПЕТ материјали	22
4.2 Поступак дувања претформи у предузећу „Нова Слога“ д.о.о., погон Мивела	23
5. ГРЕШКЕ У ИЗРАДИ ПЕТ БОЦА, МЕРЕ ЗА СПРЕЧАВАЊЕ ГРЕШАКА И ОПРЕМА ЗА КОНТРОЛУ БОЦА	26
6. ЗАКЉУЧЦИ	44
7. ЛИТЕРАТУРА	45

РЕЗИМЕ

Примена пластичних материјала и амбалаже је из године у годину драстично већа, толико да су у великој мери потиснули употребу метала, стакла, и целулозу дрвета као сировине.

Из разлога све веће потребе за пластичном амбалажом, акценат у наредном раду је дат на повећању квалитета и смањењу дефеката који настају при производњи.

Указивањем на могуће грешке, превентивно се ради на њиховом уклањању пре него што се оне десе, што резултира мањим застојем, већом продуктивношћу и бољим искоришћењем постојећих ресурса.

Поред сумирања грешки које се јављају, у раду су детаљно описани начини добијања пластичне амбалаже, пројектовање исте, и сликовито приказан реални пример из привреде.

Кључне речи: боца, претформа, дување, пластичне масе, пластична амбалажа

ABSTRACT

The use of plastic materials and packaging is drastically increased from year to year, to a large extent, by suppressing the use of metal, glass, and pulp of wood as a raw material.

Due to the growing demand for plastic packaging, the emphasis in the next work is given to increasing the quality and reducing defects that arise in the production.

By pointing to possible mistakes, it is preventively being done to remove them before they occur, resulting in a smaller downtime, higher productivity and better utilization of existing resources.

In addition to summarizing the errors that occur, the paper describes in detail the methods of obtaining plastic packaging, designing the same, and a picturesque depiction of the real case from the economy.

Keywords: bottle, preform, blow molding, plastics, plastic packaging

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Пластичне масе су материјали који као основну компоненту садрже полимерно једињење. Под одређеним условима и у извесним стадијумима производње, пластични метаријали могу да се под утицајем доведене топлоте и притиска обликују а да после хлађења задржавају одређени облик. Управо овакве карактеристике полимера биле су основ за развој разних технологија прераде пластичних маса и могућности израде широког спектра делова који имају распрострањену примену, и стога се за њих са разлогом може рећи да представљају материјале XX-тог века.

Развој хемијске индустрије последњих година XX-тог века, посебно у областима полимерних материјала, довео је до развоја читавог низа нових производа и масовне производње најразличитијих материјала специфичних механичких и других карактеристика. Могућности примене пластичне амбалаже су многоструке, а у будућности се предвиђа све већа заступљеност на тржишту, како нових материјала, бољих начина прераде, па тако и већег броја предмета који ће успешно моћи да се израђују од пластике. Посебан значај нови материјали на бази полимера, добијају применом у аутомобилској, авио и космичкој индустрији, као и у грађевинарству, електротехници и телекомуникацији.

Посматрајући тржиште, пластичне масе и сировине за њихово добијање, добијају на све већем значају због цене коштања пре свега, а затим и због мале специфичне масе и релативно лаког начина прераде. У последњих двадесетак година, управо због свих предности пластичних маса (нижа цена, изврсне механичке особине, као и могућности подешавања жељених особина, модификовања структуре и састава полимера) у индустрији постоји тенденција замене природних материјала синтетичким полимерима. Треба узети поред свега у обзир и гранулат за производњу, где постоји највише места за унапређење јер се целокупна количина ПЕТ гранулата увози и не постоји производња у нашој земљи.

Постоји више начина прераде пластичних маса процесима дувања, од дувања екструдираног црева које бива ухваћено у алат, директног ињектирања у калупу, па све до дувања претходно формираних претформи које се већ загрејане на некој температури истежу и надувавају.

У наредном раду су описани сви процеси добијања пластичне амбалаже која служи за смештај материје у течном агрегатном стању, у овом случају воде. Затим у наредном поглављу је описан поступак пројектовања у програмском језику CATIA V5R21, пре свега претформе, претече саме боце чији поступак израде је исто сликовито и текстуално објашњен, и на крају поступак добијања 3D модела изгледа калупних шупљина које се користе за процес дувања. Поред појашњења свих процеса добијања пластичних боца, и поступка израде 3D модела претформе, боце и калупних шупљина, у раду је било речи и о материјалу од кога је тренутна боца направљена и сликовит приказ целокупног процеса у предузећу „Нова Слога д.о.о“, погон Мивела. Након свих теоријских разматрања и објашњења, у раду је акценат дат на последњи практични део, где је детаљно разрађена проблематика настајања грешака у производном процесу дувања пластичних боца путем претформе, узрок њиховог настајања и мере за спречавање понављања истих, као и опрема која се користи за тестирање и контролу.

Кроз наредни текст и практичне примере даје се могућност да се у потпуности схвати целокупан поступак израде пластичних боца дувањем претформи, да се сазна који су то начини путем којих могу да се добију боце од пластике, начин израде 3D модела датих производа, и да се открије које су то грешке које могу да се јаве у раду.

Велику захвалност у првом реду дугујем свом ментору Проф.др Богдану Недићу на корисним саветима и несебичној помоћи током израде мастер рада, предузећу И.П.А., „Металопластика“, а.д. Стопања на указаном поверењу, предузећу "Нова Слога" д.о.о. погон Мивела на неизмерној подршци и одвојеном времену за помоћ у изради овог рада.

Посебну захвалност дугујем својим родитељима на безграничној подршци током студирања, којима и посвећујем овај рад.

2. ТЕХНОЛОШКИ ПОСТУПЦИ ИЗРАДЕ БОЦА

У оквиру другог поглавља описани су поступци производње боца и подела поменутих процеса, где је први начин израде, тј екструзионо дување пластичних боца поткрепљен литературом и сликама из предузећа И.П.А., „Металопластика“, а.д. Стопања, и остала два процеса, израда боца бризгањем који се наводи као мање заступљен начин, и технологија дувања претформи

Технички напредак је условио и развитак технологије прераде пластичних маса, као и све чешћу примену полимерних материјала у свим областима индустрије. Примена полимера доноси низ предности у развоју индустрије и напретку заштите животне средине.

Полазне сировине за производњу пластика могу бити минералног и органског порекла. Минералне сировине су нафта, угаљ и земни гас, а органске сировине могу бити биљног или животињског порекла.

Поред сирове нафте, данас се све више користи као хемијска сировина и земни гас у чији састав улази метан (око 90%), као и етан, пропан, бутан, пентан, хексан и њихови изомери.

Полимерни материјали имају веома разноврсну структуру што представља основне проблеме при анализи утицаја полазних сировина и технолошких параметара на њихове карактеристике.

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

- Ниска цена коштања,
- мала густина у односу на метале,
- лака израда делова, посебно производа сложене конфигурације,
- добра диелектрична својства,
- висока отпорност на киселине, растворе и друге агресивне средине,
- добра прозрачност и способност бојења,
- добра пригушујућа својства, односно висока отпорност на вибрације,
- добра својства апсорпције звука, односно добри су звучни изолатори,
- добре антифрикционе особине, а по потреби и добра фриктиона својства.

Недостаци пластичних маса су [1]:

- Ниска чврстоћа на повишеним температурама,
- смањење чврстоће у току дуготрајног оптерећења,
- кратак век трајања.

Под прерадом пластичних маса подразумевају се сви поступци којима се од полимера сировине добијају полуфабрикати или готови производи. Поступак прераде зависи од састава, врсте и стања полимера. [1]:

Постоје два основна поступка:

1. Прерада без употребе притиска (ливење, премазивање, синтеровање..)

2. Прерада уз употребу притиска и истовремено довођење, односно одвођење топлоте (пресовање, ливење под притиском, екструзија, ваљање, савијање, дубоко извлачење..)

Поступци прераде пластичних маса се могу поделити на:

- Основне операције прераде,
- прераде полуфабриката и
- помоћне операције прераде.

Основне операције прераде пластичних маса су:

- Каландровање,
- пресовање (обично, посредно, инјекционо),
- екструдирање (фолија, цеви, трака и плоча),
- екструзионо бризгање,
- технологија дувања,
- производња вештачких пена и
- превлачење металних предмета вештачким материјама.

Технологија дувања, или надувавање у калупу је процес надувавања вреле, шупље тубе, или термопластичне претформе у затвореном алату, тако да се облик усклађује са шупљином алата. Овим процесом може да се произведе широк асортиман шупљих делова, укључујући и пластичне боце, од различитих врста пластике. Постоје три основна процеса надувавања у калупу:

- Надувавање у калупу извлачењем (екструзионо дување)
- Надувавање у калупу утискивањем (ињектирање)
- Надувавање у калупу развлачењем (технологија дувања претформи)

У даљем тексту ће се укратко упоредити ова три процеса прављења боца, и детаљно разматрати надувавање ПЕТ-а у калупу процесом развлачења. [2]

2.1 Надувавање у калупу извлачењем (екструзионо дување)

Процес надувавања у калупу извлачењем (процесом екструзије) почиње конвенционалном екструзијом тубе помоћу калупа сличног калупу за прављење пластичних цеви.

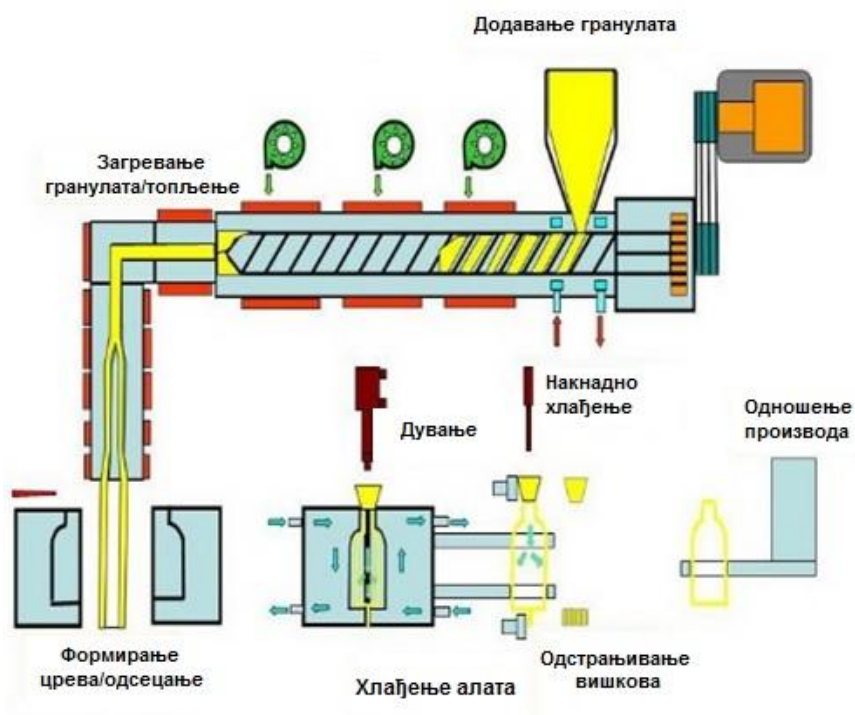
Екструзионо дување представља данас један од најчешће примењених начина производње шупљих тела у односу на све остале технологије производње дуваних артикала. Разлози веома широке примене ове технологије у индустрији производње амбалаже могу се наћи у:

1. Могућности производње шупљих тела чија запремина може бити од неколико cm^3 па чак $10\,000\text{ dm}^3$,
2. Продукција производа широког спектра облика (од правилног кружног пресека па до разних неправилних облика),

3. Коришћењу алата који су јефтинији (материјал, израда и др.) у односу на алате који се примењују за добијање траженог облика артикла код осталих технологија дувања.
4. Релативно малој сили затварања алата и
5. Могућности промене масе производа без додатне дораде алата и др.

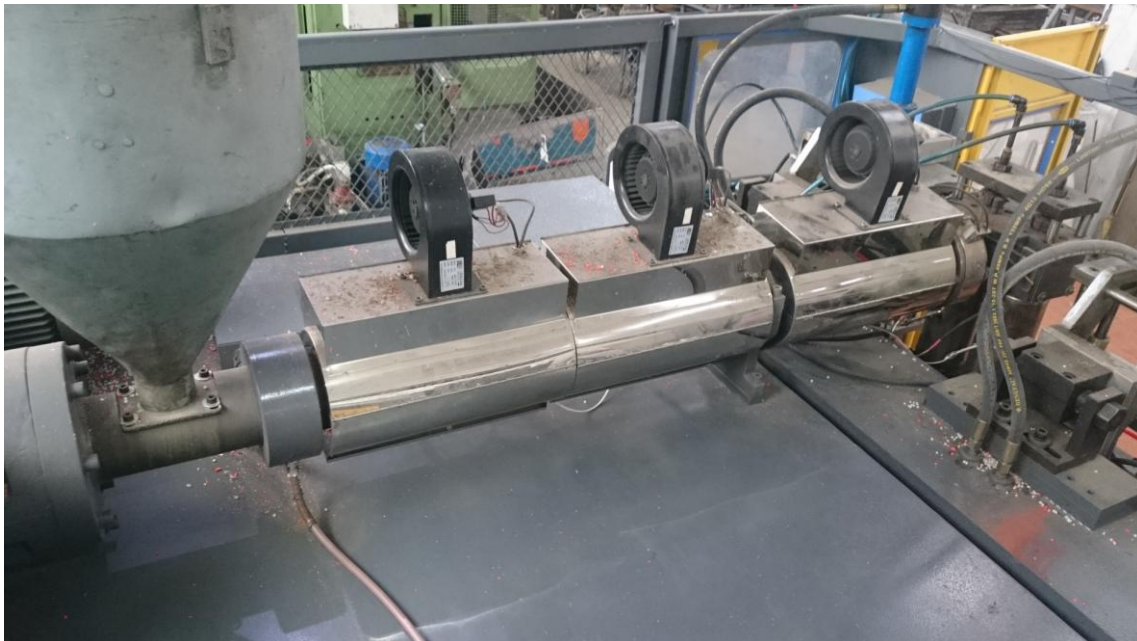
Процес производње шупљих тела технологијом екструзионог дувања се у основи састоји од следећих елемената, који чине један производни циклус:

1. Континуална пластификација и транспортовање полимерног материјала (гранулата) дуж цилиндра (помоћу пужа и грејача) који као такав у виду формираног екструдата (црево, претформа, парисон) излази из главе екструдера,
2. Одсецање екструдиране претформе и његово затварање у алату те транспортовање до јединице за надувавање претформе,
3. Надувавање претформе помоћу компримованог ваздуха уз преузимање облика претформе од калупа (тј. алата), те његово хлађење за то време помоћу воде која струји кроз алат и ваздуха којим се надувава претформа.
4. Отварање алата и подизање јединице за надувавање са истовременим елиминисањем формираног предмета из калупне шупљине и
5. Одстрањивање са шупљег предмета технолошког вишка материјала (слика 2.1). [3]



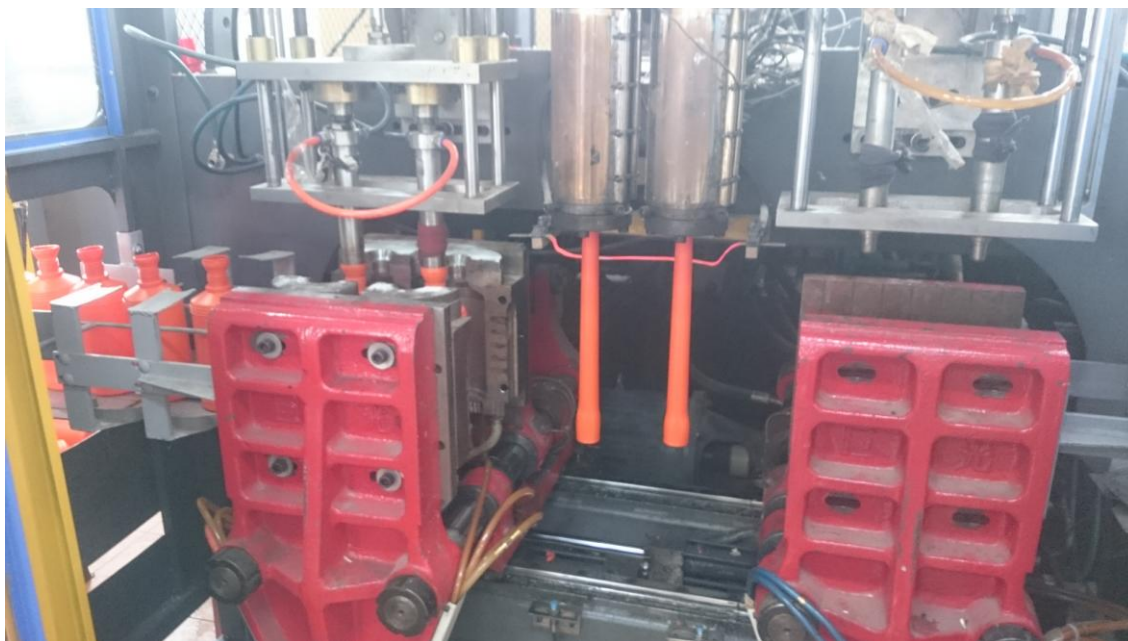
Слика 2.1. Екструзионо дување пластичних боца [4]

На слици 2.2 приказан је део машине за екструзионо дување боца у предузећу И.П.А. „Металопластика,, А.Д. Стопања, конкретно цилиндар са грејачима и левак у коме је смештен гранулат. Поступком екструдирања полазна сировина у праху или гранулату убацује се путем левка у цилиндар машине у којој је смештен један или више пужева, који транспортују гранулат, а под утицајем доведене топлоте преводе је у течно стање. Дејством погона за обртање пужа, као и савлађивањем отпора који настају транспортовањем растопљене пластичне масе, кроз отворе између пужа и цилиндра, маса се пластифицира, хомогенизира и на крају у алату машине формира се у жељени облик. [2]



Слика 2.2. Цилиндар са грејачима и уливни левак.

На наредној слици 2.3 је приказана машина за екструзионо дување боца, у предузећу, са нагласком на алатима, где се виде тубе, тј. црева која загрејана на одређеној температури излази из главе екструдера и долази до позиције између две половине отвореног алата за надувавање. Када туба достигне одговарајућу дужину, алат се затвара, фиксира крај на коме је грло и оставља га отвореним, и утискује и затвара дно. Штапичасти клин за надувавање се затим убацује у грло вреле тубе како би истовремено направио навоје на отвору, и надувао тубу која се налази у шупљини алата. Пошто се боца охлади, алат се отвара да би избацио боцу. Вишак пластике се одсеца са грла и дна.



Слика 2.3. Приказ машине и радног процеса у I.P.A. „ Metaloplastika „ A.D.

Надувавање у калупу извлачењем има следеће карактеристике:

1. Може да се користи за обраду различитих врста пластике, укључујући ХДПЕ, ПВД, ПЦ, ПП, ПЕТГ и ПЕТ.
2. Захтева релативно мали улог капитала у опрему.
3. Погодан је за мали обим производње. [3]

2.2 Надувавање у калупу утискивањем (ињектирањем)

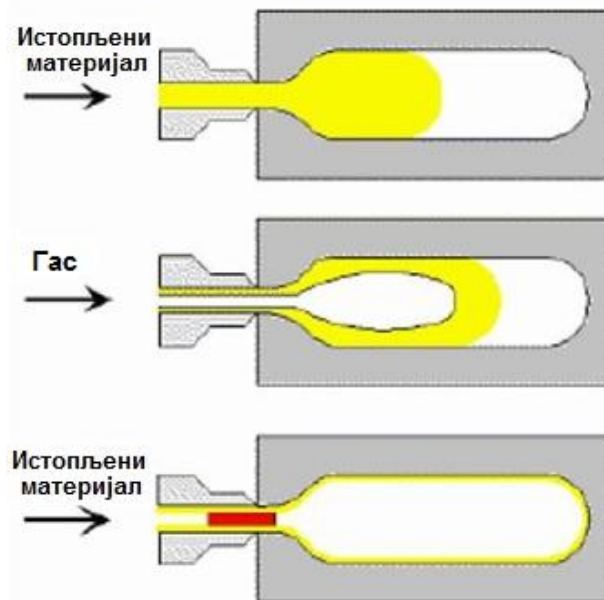
У процесу надувавања у калупу утискивањем (процесом ињектирања) постоје две опције за израду боца, прва подразумева двокорачни процес, где се материјал утискује у калуп око клинастог трна а затим се у тако врелом стању још увек на клинастом трну транспортује до станице за надувавање, и онда се надува у боцу и охлади. Затим се боца даље транспортује до следеће станице и избацује.

Друга опција за надувавање боца путем ињектирања јесте директно убризгавање вреле и истопљене масе у калуп и њено хлађење и очвршћавање што подразумева само један корак при изради боце.

Оба процеса представљају један од контролисанијих и прецизнијих начина за добијање боца јер се надувавањем у калупу и утискивањем омогућава прецизнија обраду врата и навоја од надувавања извлачењем, и могу се израђивати доста сложенији и компликованији делови него екструзионим дувањем.

Ињекционо бризгање са дувањем се користи за производњу шупљих производа, и често се поистовећује са поступком екструзионог дувања, међутим, дебљина зида коју је могуће постићи овим поступком знатно је већа, док шупљи део износи 30 – 40% запремине отпреска (код делова начињених дувањем шупљине износи и до 80% запремине). Овај поступак у литератури се означава скраћеницом GIT (*gas-assisted injection mold ing technology*).

Код инјекционог бризгања са дувањем, као и код конвенционалног, растоп се убризгава у калупну шупљину путем пужног ваљка, растоп почиње очвршћавати на релативно хладним зидовима калупне шупљине и обликује шупљину унутар отпреска (слика 2.4). Све се одвија врло брзо, гас својим високим притиском 40 – 400 bara, делује као накнадни притисак. [5]:



Слика 2.4. Приказ инјекционог бризгања са дувањем.

Конструктори алата морају врло пажљиво конструисати и производ и млазницу како би оптимизовали смер течења гаса. У противном ће се путања гаса усмерити ка местима мањег отпора и према тањим деловима отпреска.

Најчешћи проблеми који се јављају код овог начина израде пластичних боца представља брзина израде боца која је доста нижа у односу на производњу боца екструзионим процесом и ограничавање производње на релативно мале боце од нпр. 180 ml и мање од тога. Мало је, ако их уопште има, побољшања у погледу карактеристика код процеса надувавања утискивањем, пошто скоро да нема оријентације. [2]

2.3 Надувавање у калупу развлачењем (технологија дувања претформи)

Овај процес се бави производњом шупљих предмета, као што су боце, које имају биаксијалну молекуларну оријентацију. Биаксијална оријентација омогућава унапређење физичких карактеристика, прозирност, и карактеристике непропустљивости гасова, што је веома важно код производа као што су боце за газираних напитака.

Надувавање претформи представља двофазни процес, јер се прво добију претформе које се калупе утискивањем и онда оставе да одстоје неко краће време, а затим се надувавају у посуде помоћу машине за надувавање догревањем (рехеат-блок: РХБ). Због релативно високе цене укалупљивања и РХБ опреме, ово је најбоља техника за производњу артикала велике запремине, као што су нпр. боце за газираних напитака. [6]

3. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПРЕТФОРМЕ, БОЦЕ И КАЛУПНИХ ШУПЉИНА ЗА ДУВАЊЕ ПРЕТФОРМИ

У наредном поглављу биће представљен поступак израде претформе, боце и калупних шупљина у програмском пакету CATIA V5R21. Добијање претформе је урађено, може се рећи као једнокорачни процес, док је добијање калупне шупљине двокорачни процес, јер је пре свега одрађен 3D модел боце чијим је утискивањем у припремак добијен отисак, тј калупна шупљина са идентичном конфигурацијом спољне површине боце.

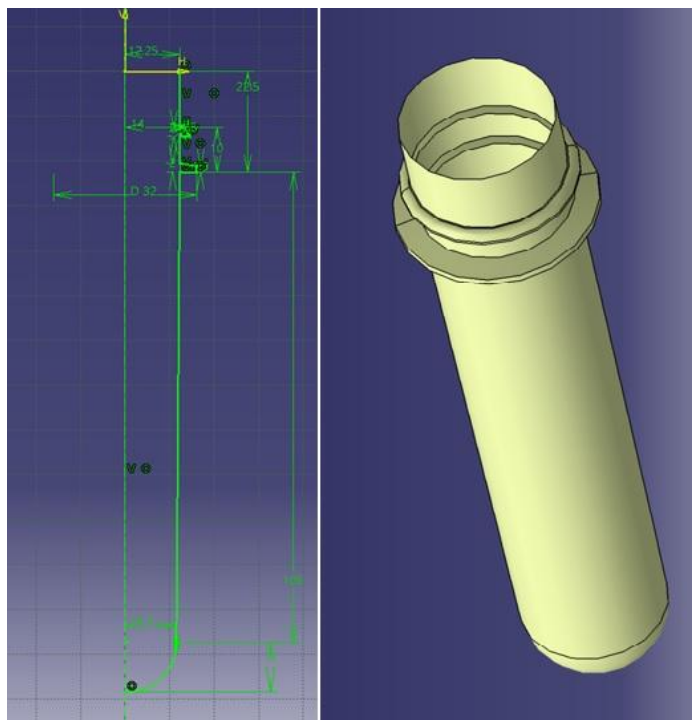
3.1 Пројектовање претформе (епрувете)

Сама претформа из које се касније добија пластична боца представља, може се слободно рећи пластичну епрувету која се загрева и развлачи што је већ описано у другом поглављу.

Овде ће се само кратко проћи кроз начин како се добија претформа у програмском пакету CATIA V5R21, док ће на боци бити нагласак, тј. за њу ће бити детаљно објашњено добијање калупних шупљина које се касније уграђују на машину за дување.

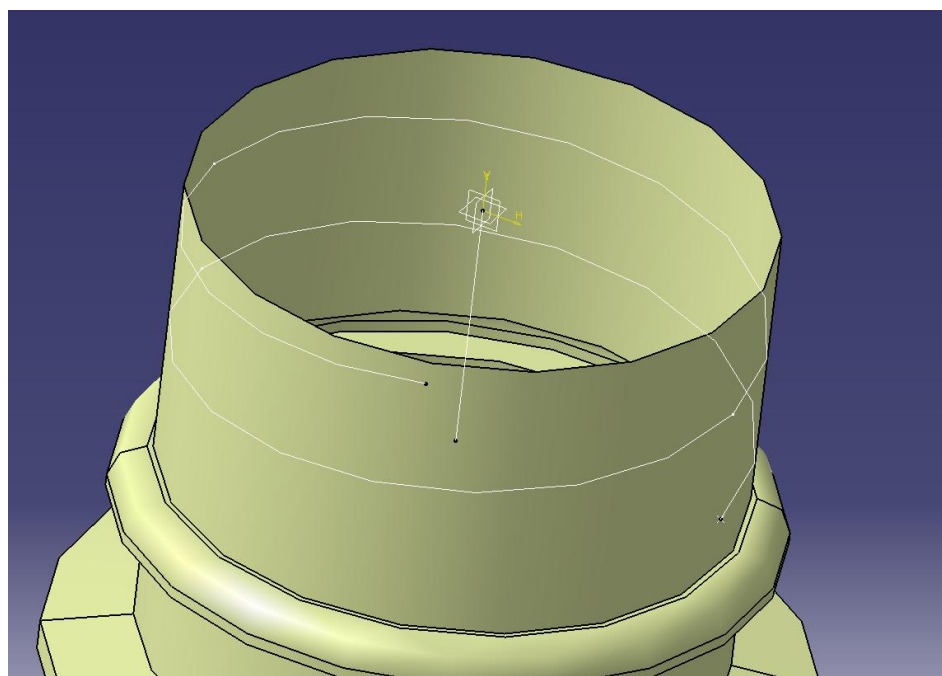
Цео поступак моделирања дела извршен је у програмском пакету CATIA V5 R21 на следећи начин. Након уласка у софтвер CATIA V5 R21 врши се формирање новог документа при чему се из **Part Design** радног окружења прелази у **Generative Shape Design** (радно окружење намењено за рад са површинама). Након тога се врши формирање скице користећи команду **Sketch** при чему се као раван скицирања користи YZ раван. У овој равни се црта контура користећи команду **Profile**. Нацртаној контури се додељују коте користећи команду **Constraint**. Контуру је потребно дефинисати са довољно параметара како би била потпуно дефинисана тј. док сви елементи контуре не постану зелени. Изглед скице, основне димензије и добијени основни модел је приказан на слици 3.1.

По изласку из **Sketch**-а врши се активирање команде **Revolute** којом се дата контура ротира око осе Z за угао од 360 °C при чему се добија површина као што је приказана на слици 3.1.



Слика 3.1 Скица са основним димензијама и добијена површина командом **Revolute**

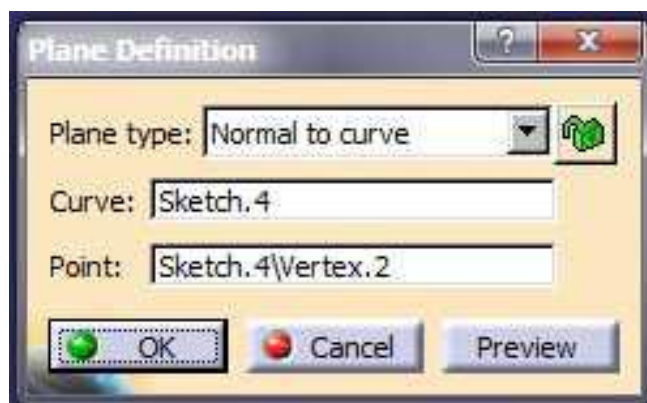
Након ове команде се понаво улази у **Sketch** како би се формирала тачка на ободу пречника горњег дела претформе и осе у центру претформе ради формирања спирале. На слици 3.2. је приказан изглед тачке и осе претформе у равни YZ заједно са новом формираном спиралом у 3D простору. Користећи команду **Helix** добијена је спирала.



Слика 3.2. Спирала добијена командом **Helix**

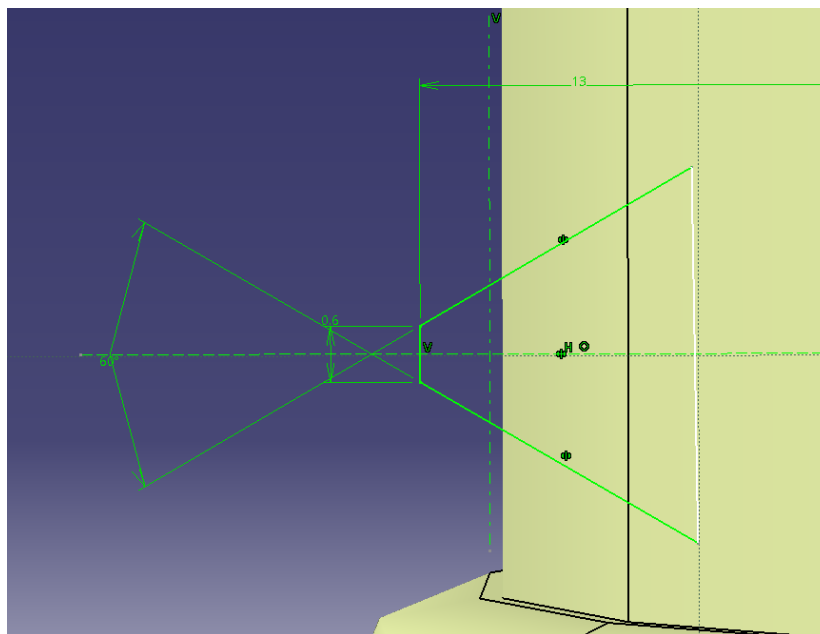
Након формирања скице и изласка из команде **Sketch** формира се раван на почетку путање спирале. Формирање ове равни се врши уз помоћ команде **Plane** при

чему се у оквиру дијалог бокса **Plane Definition** врши избор као на слици 3.3. У пољу **Curve** се врши избор путање спирале а у пољу **Point** тачка кроз коју пролази раван.



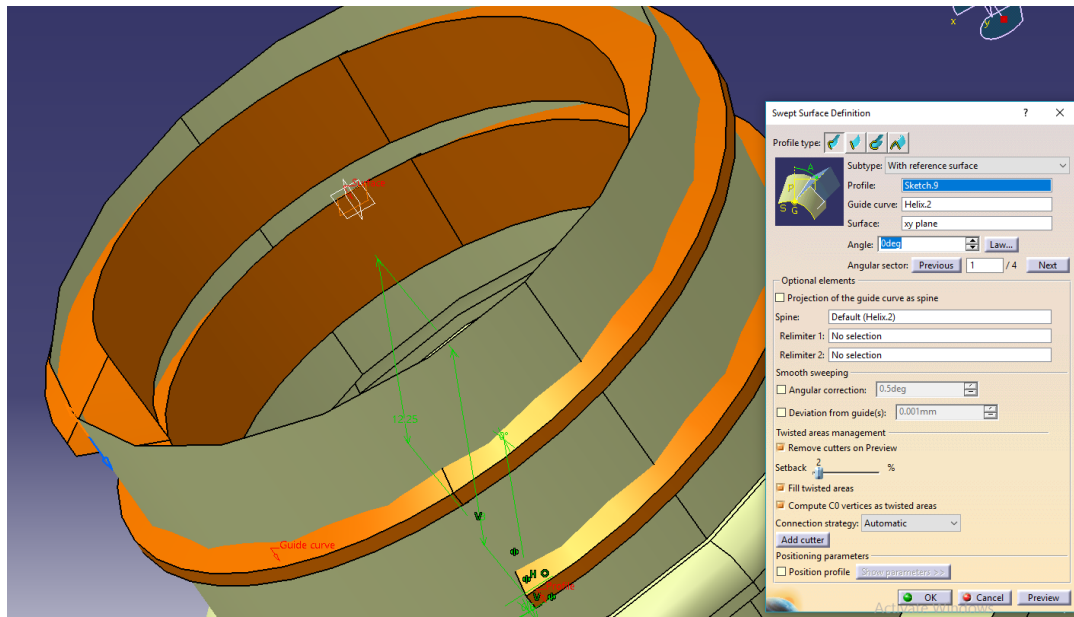
Слика 3.3. Начин попуњавања дијалог бокса **Plane Definition**

Након формирања равни у тој равни се врши формирање скице профила навоја претформе која је димензионисана и приказана на слици 3.4.



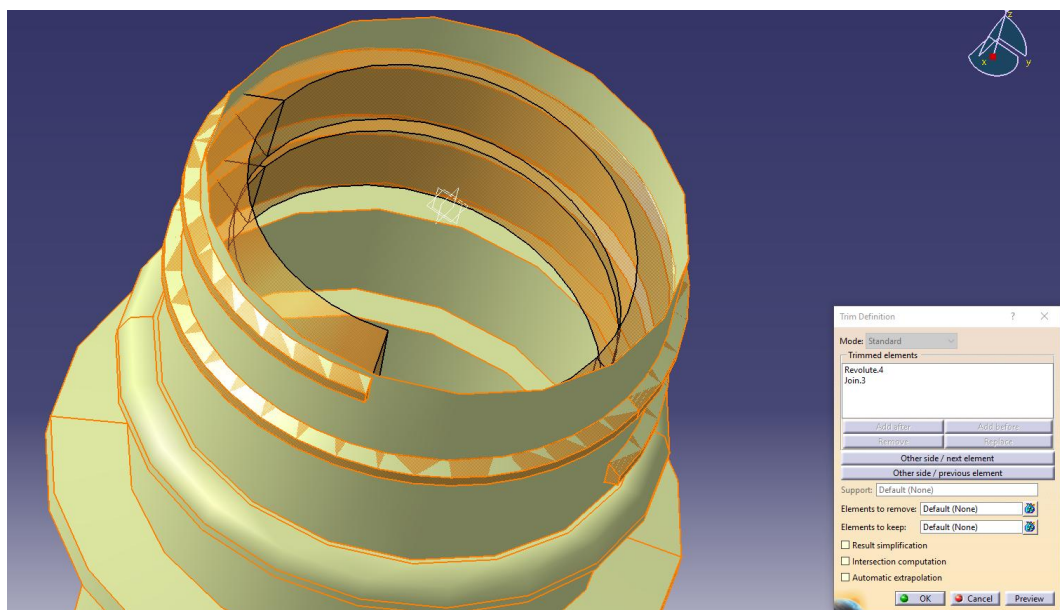
Слика 3.4. Изглед профила навоја претформе у пресеку

Командом **Sweep** се врши формирање површине облика као на слици 3.5. користећи спиралу добијену командом **Helix** и користећи скицу профила навоја (слика 3.4.), начин попуњавања дијалог бокса ове команде такође је приказан на слици 3.5.



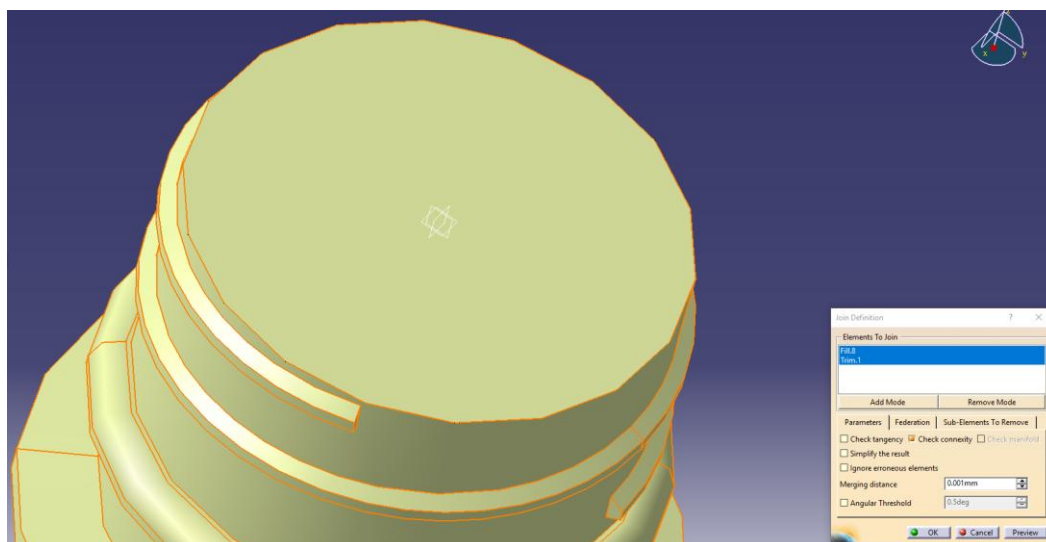
Слика 3.5. Начин попуњавања дијалог бокса **Sweep** команде

Командом **Fill** су се попуниле чеоне стране спирале и онда су **Join** командом спојене чеоне стране и спирала. Затим се користила команда **Trim** како би се одузела унутрашња страна спирале у односу на тело претформе (слика 3.6.).



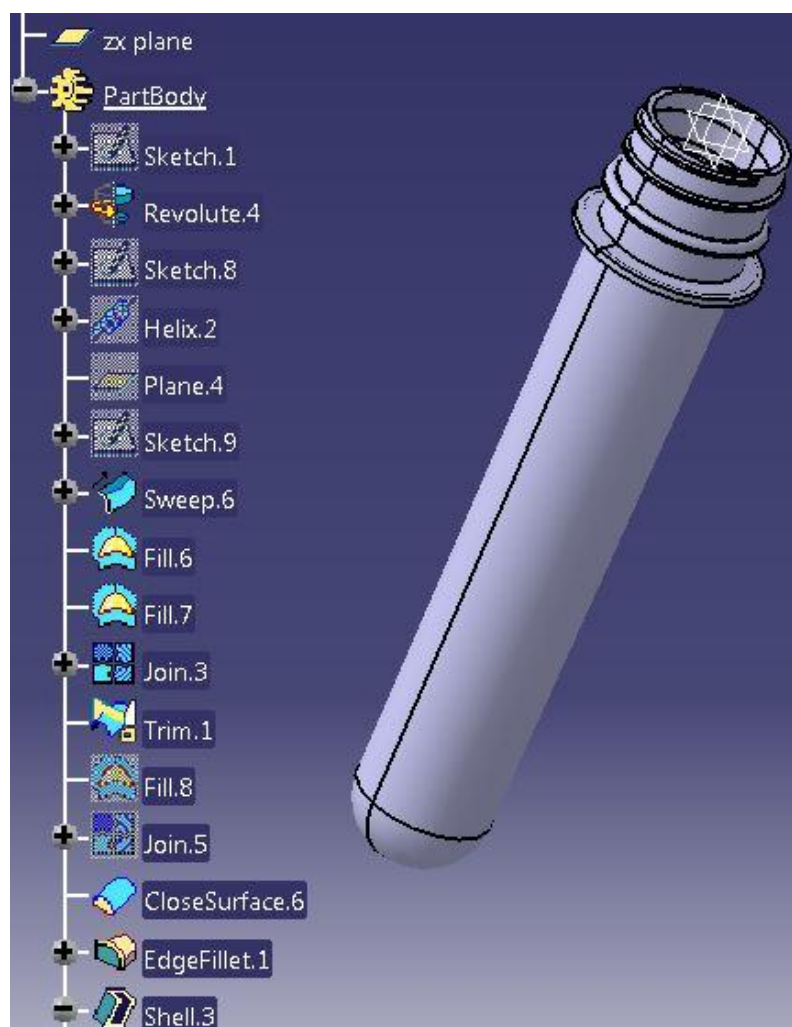
Слика 3.6. Начин попуњавања дијалог бокса **Trim** команде

После одсецања спирале користећи команде **Trim** поново се користила команда **Fill** како би се затворила горња површина претформе. Након обављања претходних команди да би се спојиле површине добијене са **Fill** и **Trim** командама користи се команда **Join** како би се спојиле те површине (слика 3.7.).



Слика 3.7. Начин попуњавања дијалог бокса **Join** команде

Након извршеног формирања површине прелази се у радно окружење **Part Design-a** у коме се површина преводи у део. Сада када је део пун материјал, помоћу команде **Shell** задајемо дебљину зида претформе одабиром горње површине претформе и израда је завршена (слика 3.8).

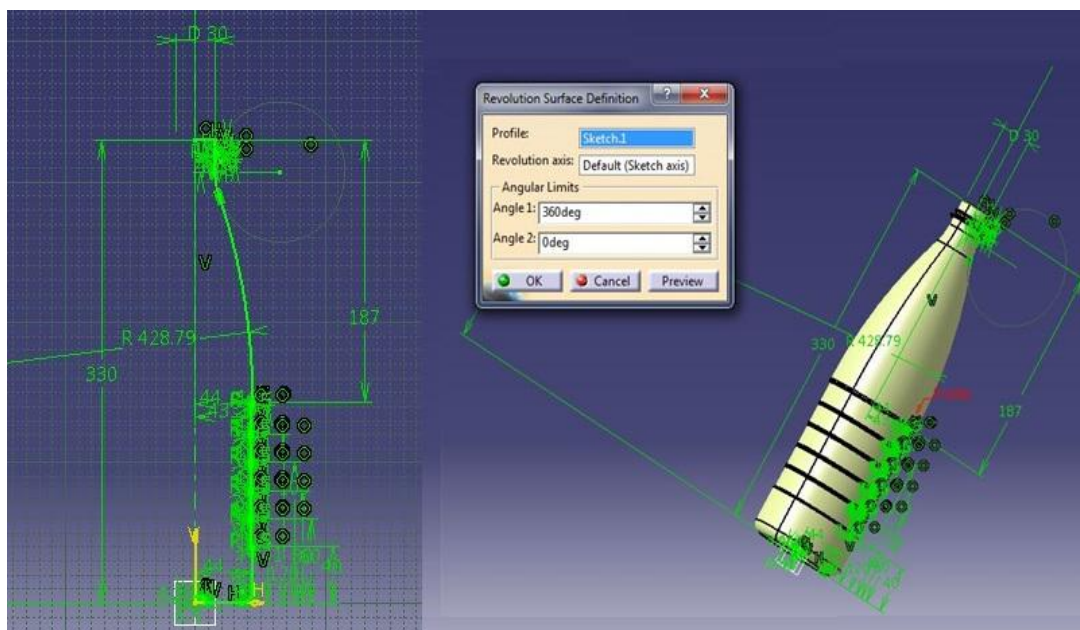


Слика 3.8. Изглед готовог дела

3.2 Пројектовање боце и калупних шупљина за добијање боце

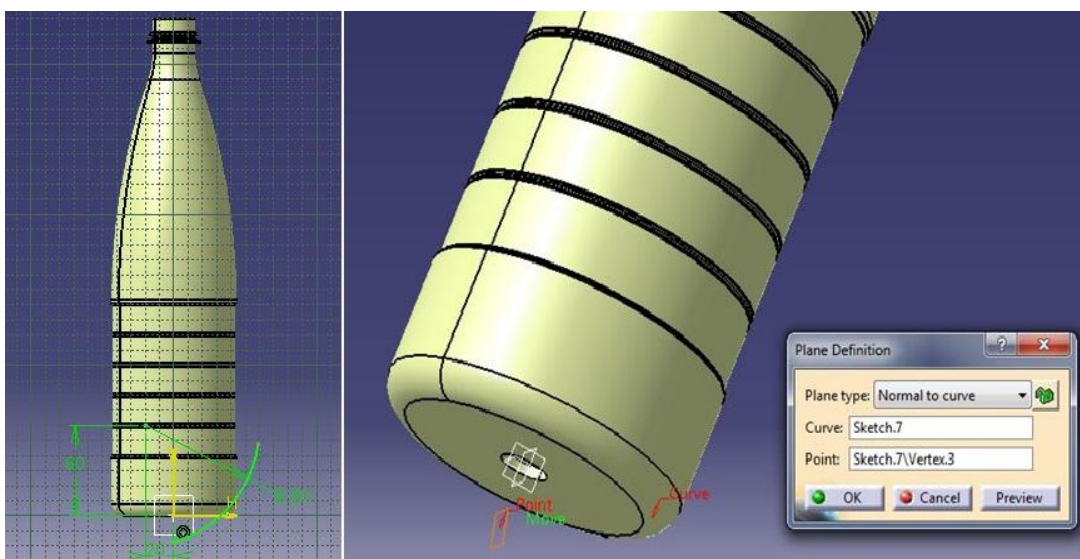
Моделирање боце почиње отварањем **Shape Design**, односно **Generative Shape Design**-а. Потом се опцијом **Sketch**-а у XY равни црта контура, тј. једна половина модела флаше. Након исцртавања жељене контуре користи се опција **Revolute** где се врши ротирање за 360° и добија основни облик (слика 3.1).

Исцртаној контури се додају коте и релације користећи функцију **Constraint**. Контуру је потребно дефинисати са довољно параметара (**constraint**-а) како би била потпуно дефинисана, тј. док сви елементи контуре не буду зелене боје (330 mm дужина и 86 mm пречник).



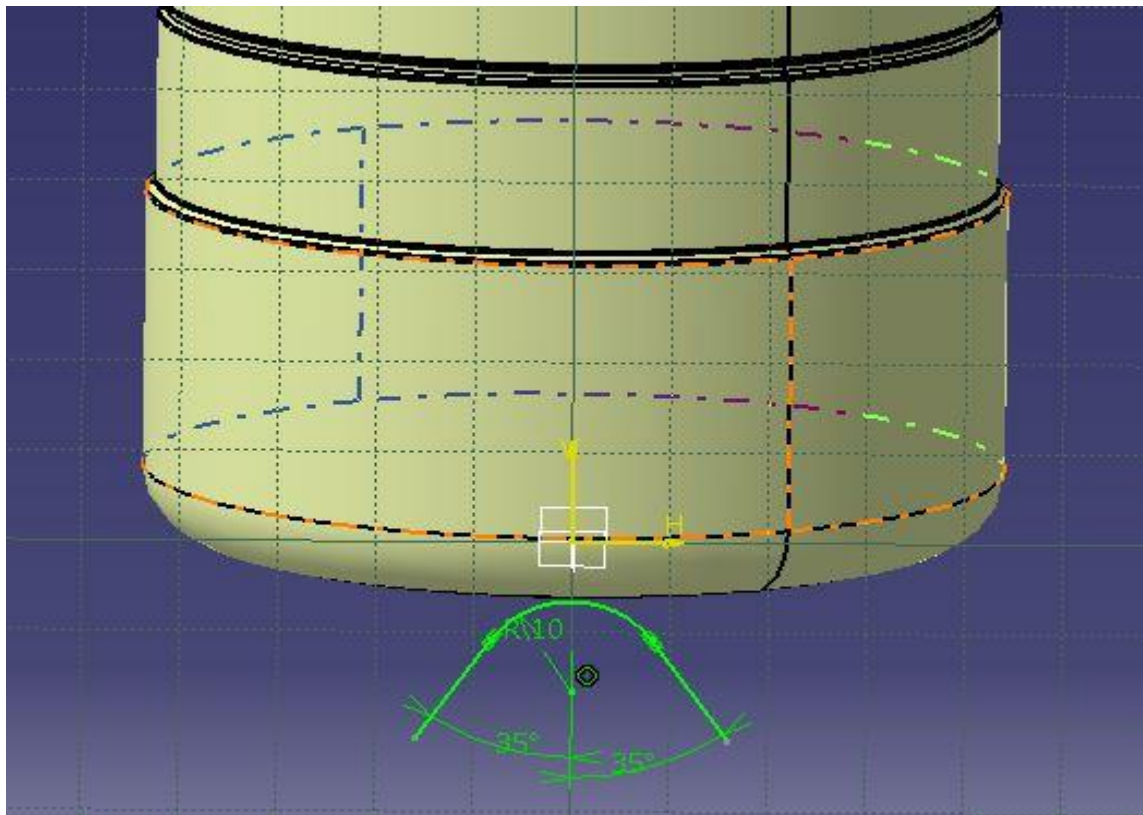
Слика 3.1 Основни облик предмета

На наредној слици 3.2 црта се линија водилца која ће одредити путању ребра дна боце, и врши се додавање равни како би се у њој нацртао облик ребра.



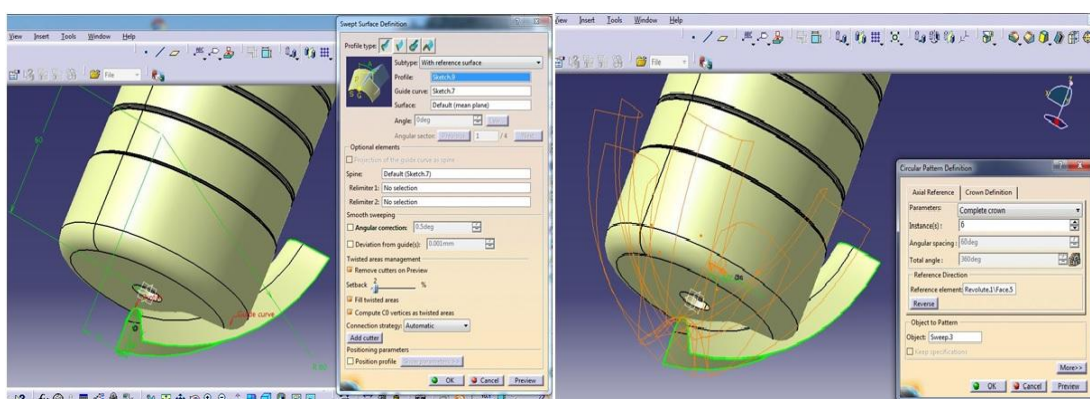
Слика 3.2 Израда ребра дна боце

Наредна операција приликом израде ребра на дну боце јесте дефинисање облика самог ребра, који се црта на претходно додатој и дефинисаној равни уз укључивање линије водиле кроз коју пролази поменути облик (слика 3.3).



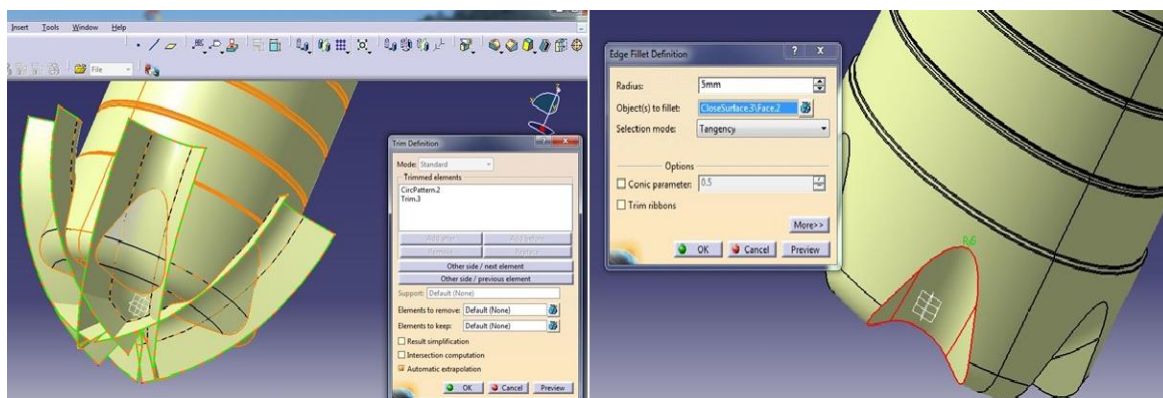
Слика 3.3 Дефинисање облика ребра

Опцијом **sweep** добија се ребро, које се потом умножава у 6 примерака (слика 3.4).



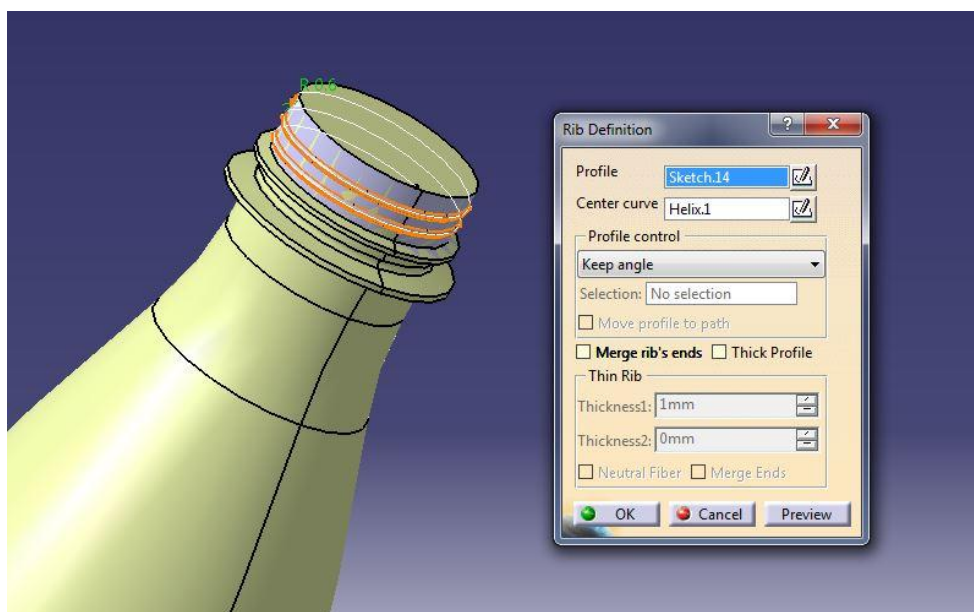
Слика 3.4 Добијено ребро и његово умножавање

Коришћењем опције **trim** одсецају се вишкови ребара а опцијом **edge fillet** се врши заобљавање ивица (слика 3.5).



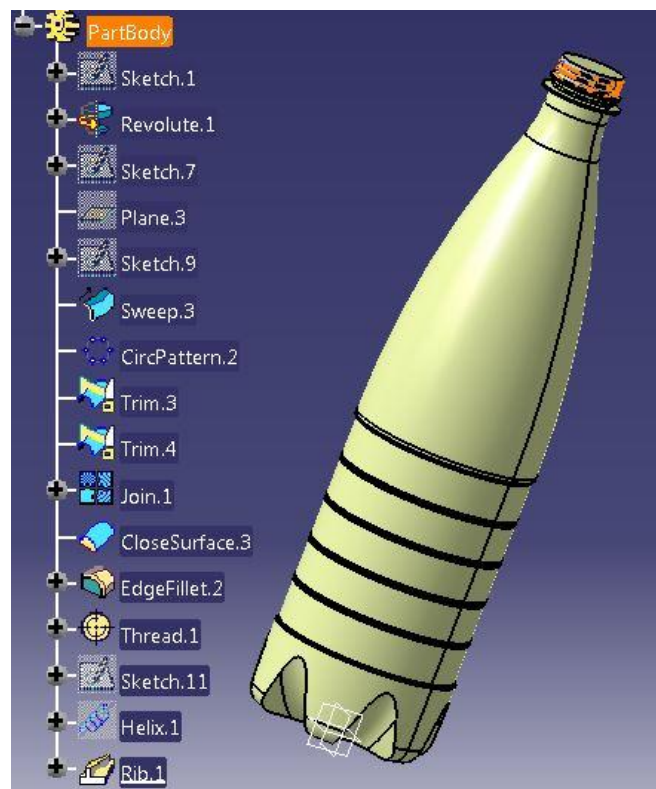
Слика 3.5 Одсецање вишкова и заобљавање ивица

Последња операција при добијању боце коришћењем окружења **Generative shape design**-а у програмском пакету **Catia** јесте израда навоја коришћењем команде **Helix** и **Rib** (слика 3.6).



Слика 3.6 Израда навоја

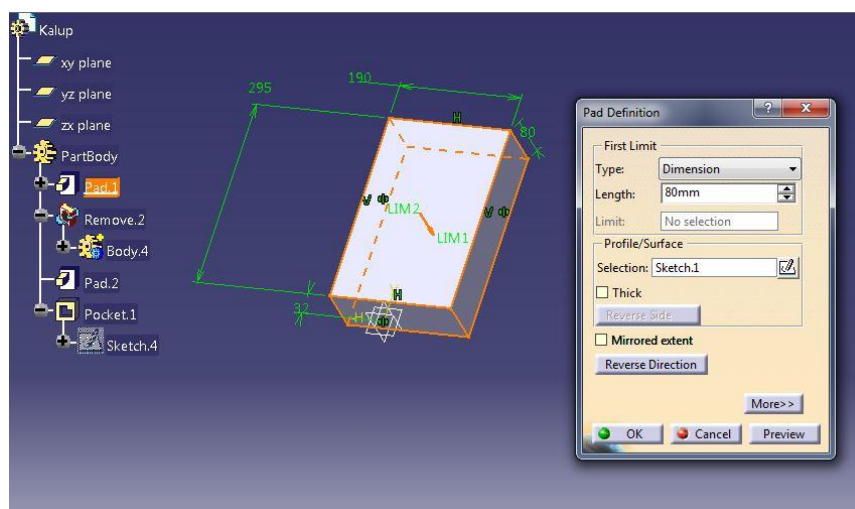
На слици 3.7 приказано је стабло коришћених команди за израду боце, и боца добијена у **Generative shape design** окружењу програмског пакета **CATIA V5R21**, који омогућава добијање модела без запремине.



Слика 3.7 Добијена боца са стаблом

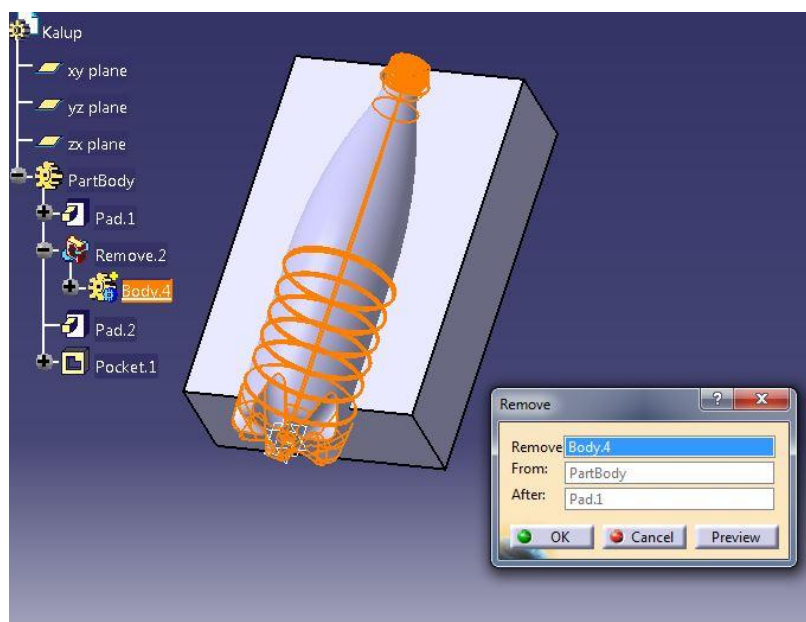
У наредном делу биће објашњено добијање калупних шупљина које се касније процесом машинирања у програмском пакету **CATIA** машинирају, тј спроводи се симулација обраде калупних шупљина, која показује како се креће процес обраде на CNC обрадним центрима.

На слици 3.8 приказан је почетак израде калупне шупљине где је приказана основа калупа, тј. припремак који се одређеним процесима обраде претвара у једну од калупних шупљина.



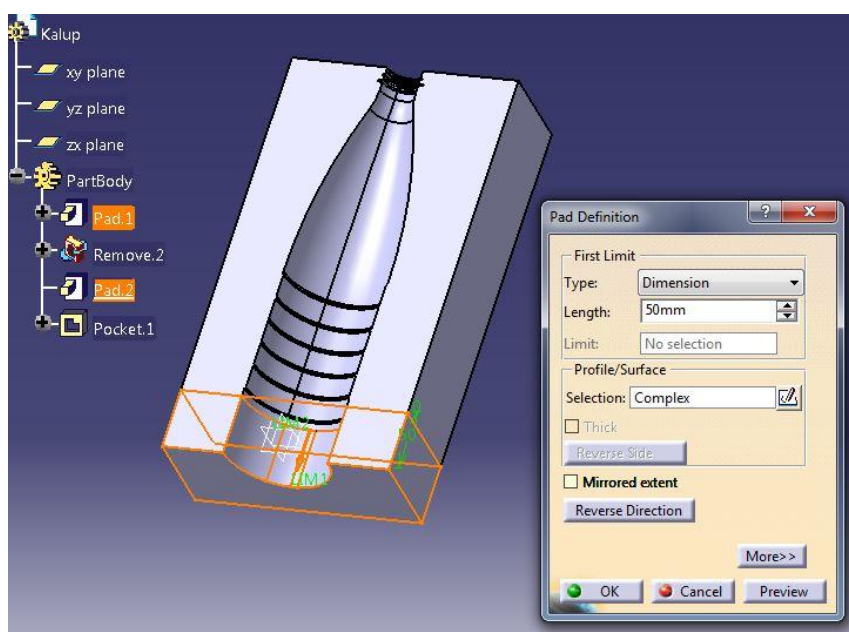
Слика 3.8 Израда калупне шупљине

Облик боце се копира на основу калупа тако да половина боце улегне у калуп, а затим се калупна шупљина добија командом **Remove** (слика 3.9).



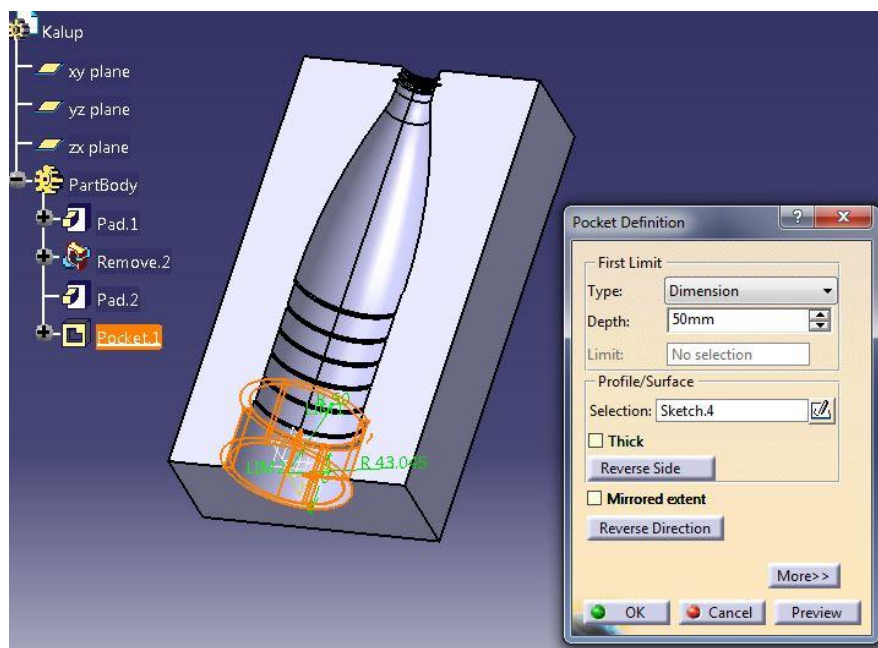
Слика 3.9 Копирање облика дела боце командом **Remove**

На слици 3.10 приказано је додавање дела у алат, који ће касније да послужи за смештај трећег дела алата при раду.



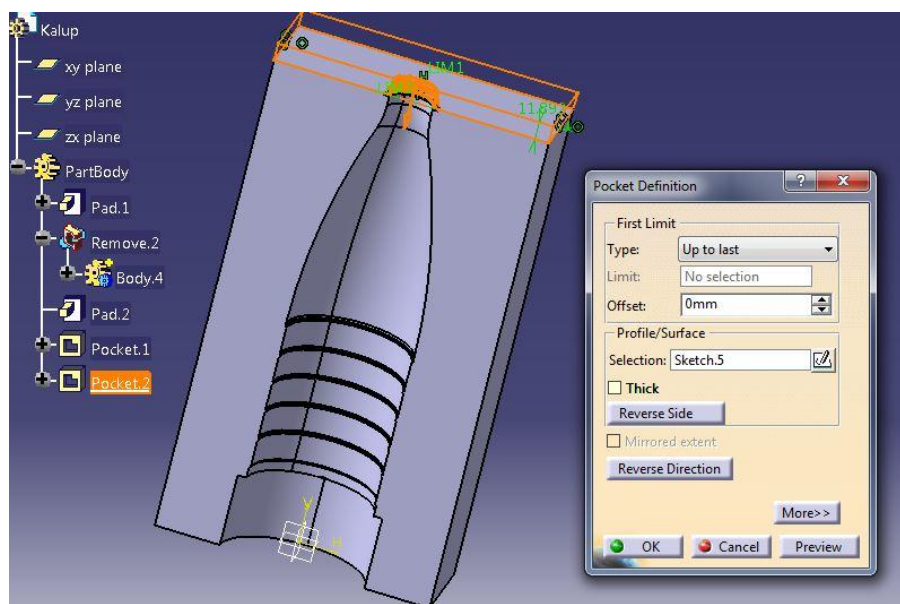
Слика 3.10 Преправљање добијене калупне шупљине

На наредној слици 3.11 приказана је калупна шупљина која се дорађује командом **Pocket** ради прављења удубљења које ће служити за смештај трећег дела алата који се при раду позиционира између леве и десне калупне шупљине.



Слика 3.11 Преправљање добијене калупне шупљине

Након дораде у доњем делу на следећој слици 3.12 је приказан горњи део ове калупне шупљине, где се такође командом **Pocket** уклања део алата, из разлога што се при процесу дувања навој и глава претформе налазе ван алата, а остаје само места за жљеб у који упада врат претформе. 3.12.

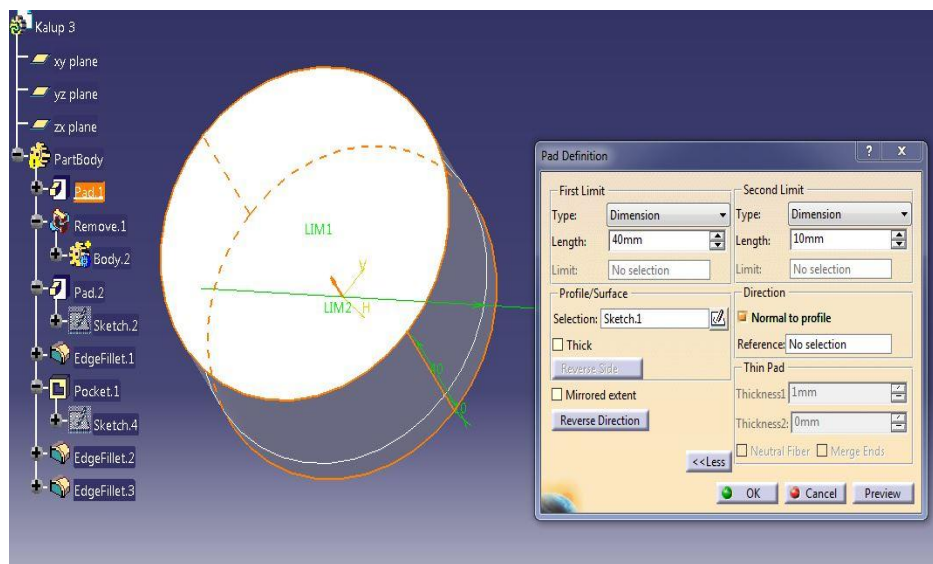


Слика 3.12 Преправљање горњег дела добијене калупне шупљине

Пошто се и лева и десна калупна шупљина израђују на исти начин и нема никаквих различитости, нема ни потребе за поновним објашњавањем, већ се прелази

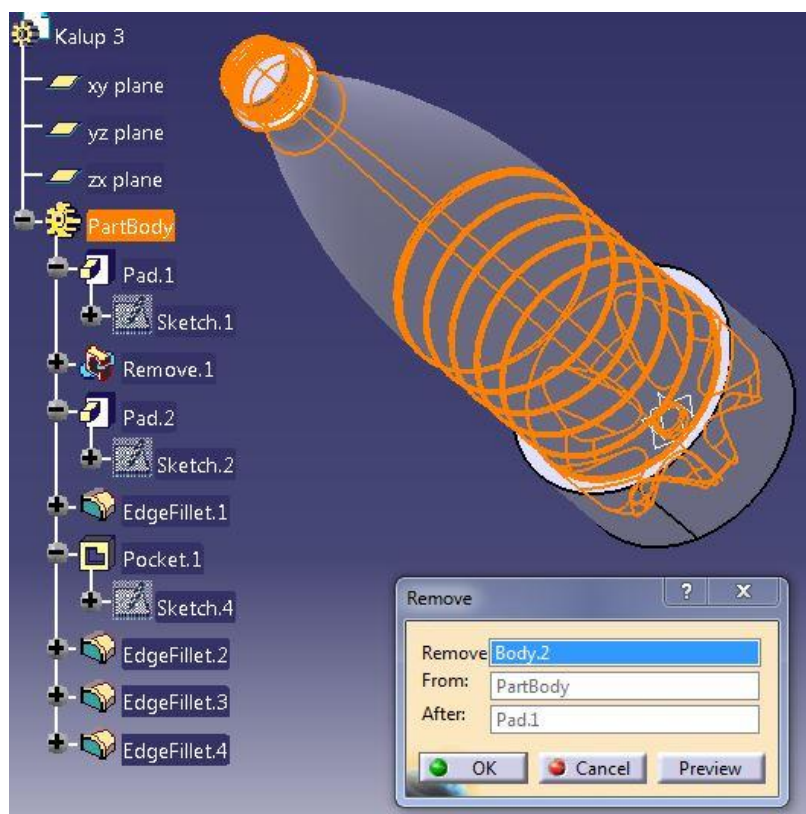
на приказ поступка за добијање калупне шупљине трећег дела алата, тј алата за израду дна боце.

На слици 3.13 приказан је припремак, тј основа преко које се израђује калупна шупљина трећег дела алата за поступак дувања претформи.



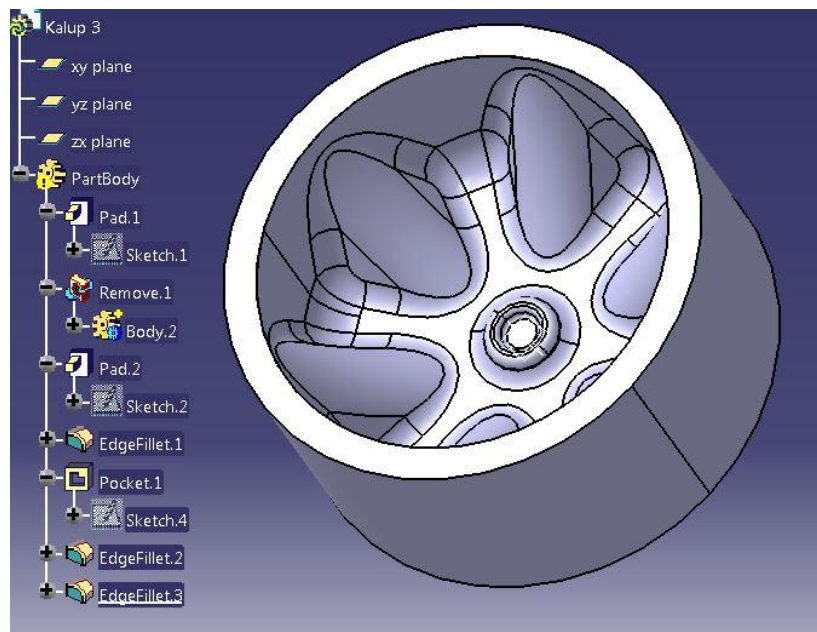
Слика 3.13 Припремак за добијање калупне шупљине

Облик боце, тј површина њена се копира, тако што улегне дно боце у припремак и одслика њену конфигурацију и површине, и добије квалитетан отисак и сама калупна шупљина командом **Remove** (слика 3.14).



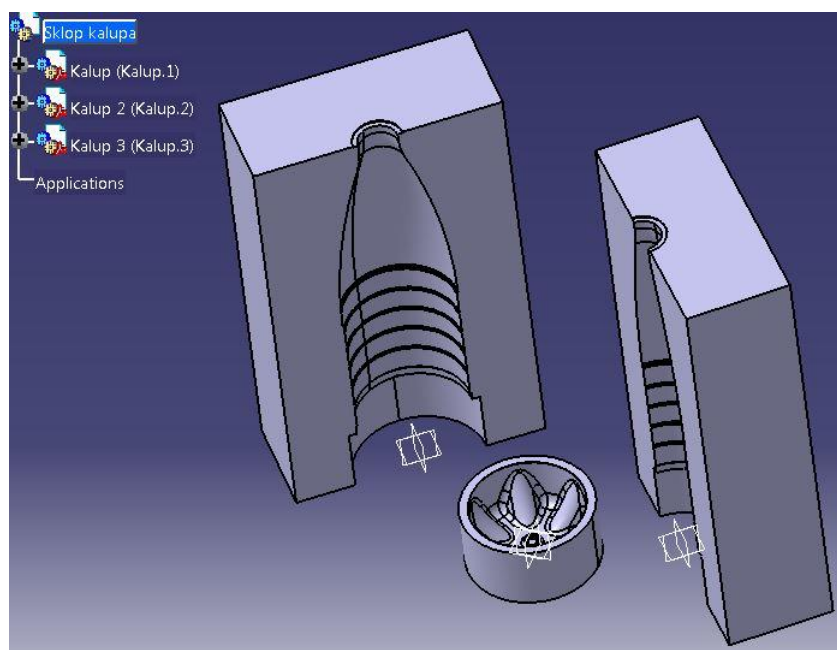
Слика 3.14 Добијање калупне шупљине командом **Remove**

На слици 3.15 приказан је коначни изглед трећег дела алата који се користи при поступку дувања претформи.



Слика 3.15 Коначан изглед треће калупне шупљине

На слици 3.16 приказане су све три пројектоване калупне шупљине алата за поступак дувања претформи у предузећу „Нова Слога“ д.о.о. погон Мивела, а који се састоји од леве и десне калупне шупљине које одсликавају површину средњег дела и врата боце, и доњег трећег дела алата, тј калупне шупљине која служи за добијање квалитетног дна боце.



Слика 3.16 Калупне шупљине алата за дување претформи у предузећу „Нова Слога“ д.о.о., погон Мивела

4. ПЕТ МАТЕРИЈАЛИ И ПОСТУПАК ДУВАЊА ПРЕТФОРМИ У ПРЕДУЗЕЋУ „Нова Слога“ д.о.о., погон Мивела

У текућем поглављу биће пре свега речи о ПЕТ материјалу од кога се израђују пластичне боце у предузећу Мг Мивела, тј материјалу од кога су добијене претформе које као полупроизвод стижу у предузеће, где се процесом надувавања добија готов производ, у овом случају пластична боца. Затим ће сликовито бити приказан комплетан процес добијања пластичне боце, од претформе, и опреми која се користи у процесу израде.

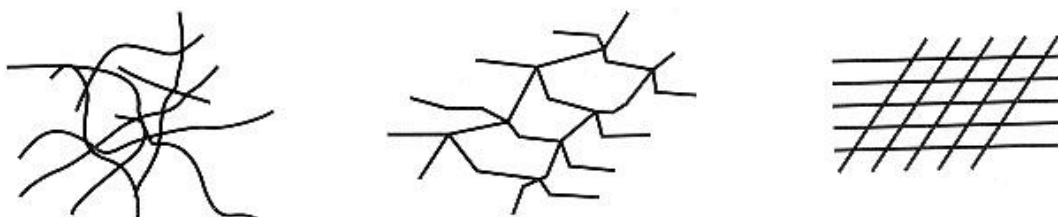
4.1 ПЕТ материјали

Полиетилен терафталат (polyethylene terephthalate) или ПЕТ је термопластични материјал. То значи да при загревању постаје све мекши и улази у пластичну фазу у којој се може обликовати, да би се затим охладио и створио сталан облик. Ако се опет загреје до топљења материјал се може поново обликовати. При хлађењу процес је обртан, материјал поново пролази кроз пластичну фазу пре поновног очвршћавања. Тако постепена промена од чврстог до течног стања се догађа јер ПЕТ молекули, подједнако као и остали полимери, се састоје од дугачких ланаца "понављајућих елемената" - мономера, хемијски повезаних односно полимеризованих. Ова карактеристика даје произвођачима могућност рециклаже, сто може смањити трошкове, с обзиром да се одбачен производ може рециклирати, у поређењу са термостабилним материјалима који слично куваном јају заузму облик који је немогуће вратити у првобитни.

Предности развлачења ПЕТ-а

- ПЕТ омогућава врло лаку амбалажу,
- ПЕТ је несаломив
- Чисто економске природе. Развлачењем се добијају тањи, равномернији зидови, а тиме и јефтиније посуде.
- Код развлачења се укључује и оријентација, као и драматично побољшање физичких карактеристика и карактеристика непропустљивости.

Оријентација је физички поредак ланца полимера у стандардној конфигурацији. Концепт је приказан на слици 4.1.



Слика 4.1. Физички поредак ланца полимера

Нека од побољшања физичких карактеристика и карактеристика непропустљивости ПЕТ-а као последица оријентације, приказана су у наредној табели.

Карактеристика	ASTM метода	Неоријентисани	Оријентисани
Дебљина, mm (mil)	-	0.25 (10)	0.36 (14)
Стопа преноса водене паре $\text{g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ ($\text{g}/100 \text{ in.}^2 \cdot 24 \text{ h}$)	F 372	6 (0.4)	2.3 (0.15)
Пропустљивост..кисеоника, $\text{cm}^3 \cdot \text{mm}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ ($\text{cm}^3 \cdot \text{mil}/100 \text{ in.}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$)	D 3985	5.1 (13)	2.2 (5.5)
Пропустљивост угљен-диоксида, $\text{cm}^3 \cdot \text{mm}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$ ($\text{cm}^3 \cdot \text{mil}/100 \text{ in.}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm}$)	D 1434	28 (70)	14 (35)
Растезни модул еластичности, МПа (psi)	D 882	2 200 (320 000)	4 960 (720 000)
Растезно напрезање и угибање,	D 882	57 (8 300)	172 (25 000)

Мане ПЕТ амбалаже:

- Постојање добре али несавршене баријере, што доводи до појаве оксидације.
- Миграција пластичних компоненти је минимална, али постоји, и у производима са јаким укусом каква су освежавајућа пића, попут кока коле и оранжаде се не уочава чулом укуса. Могућност промене укуса је уочљивија код минералних вода са CO_2 . Ацетлдехид, иако нешкодљив, проузрокује слadak, јабучни укус и стога је неопходно производити високо квалитетну амбалажу са ниским садржајем АА кога је немогуће приметити (истраживања су показала да је количину од 20 мг/л у минералној води немогуће осетити, док норме висококвалитетних произвођача иду и испод 5 мг/л).

Према томе циљ у производњи пластичне амбалаже је да омогући особине које представљају предности стакла, а да при том задржи предности које има – несаломљивост и малу тежину.

4.2 Поступак дувања претформи у предузећу „Нова Слога“ д.о.о., погон Мивела

Поступак добијања ПЕТ боца технологијим дувања у калупима подразумева следеће кораке: претходно обликована ПЕТ маса у виду епрувете-претформе допрема се помоћу елеватора (слика 4.2 лево) из спремнока где се прихвата и допрема до машине (слика 4.2 десно).



Слика 4.2. Допремање претформе из спремног до машине

Након допремања, претформа се уводи у термо тунел где се загрева (слика 4.3 лево). У тунелу се налазе лампе које загревају претформе при проласку, од 140 °C до 170 °C, а те температуре зависе од тога како су подешени параметри. Пре свега треба нагласити да најнижа температура претформе која излази из пећи може да буде 78-80 °C, а максимална температура иде и до 160 °C, док средња вредност обично буде око 125 °C. Најчешћа температура претформе при којој се одвија нормалан процес растезања у алату треба да буде у опсегу од 95 до 140 °C. Лампе које се налазе у пећи и које загревају претформу делују у 7 зона, а у неким случајевима може бити и до 9 лампи које се параметрима подешавају.

Лампе јачине од 2,5 и 3,5 kW се налазе у пећи прикачене са стране и могу бити једна од друге вертикално размакнуте од 9-15 mm, а размак се ручно подешава. На слици 4.3 десно приказан је кориснички интерфејс где се јасно види распоред температура по дужини претформе који се креће од највеће температуре на тзв. рамену од 99 °C, 98 °C, 65 °C, у зони средњег дела 60 °C, при дну 45 °C, и на самом дну температура износи 35 °C.



Слика 4.3. Улазак претформе у пећ (лево) и кориснички интерфејс са температурама у зонама претформе (десно)

Прегрејана претформа се преноси даље до станице, где улази у отворен алат приказан на слици 4.4, алат се затвара, шипка се спушта и врши растезање претформе и уједно врши поступак преддувања који траје 0.1 секунду, и то притиском који износи 10 bar-а са малим одступањима. Након растезања и завршетка процеса преддувања

почиње дување развучене претформе које се наводи као најдужи процес са трајањем од 1 секунде, под притиском од 30 bar-а, и претформа се шири према зидовима алата тј.калупа који својим хладним зидовима охлађеним гликолом, температуре 10-12 °C, обликује жељени производ. Након хлађења алат се отвара и избацује се готов производ-боца која се односи из машине.



Слика 4.4. Изглед алата за дување претформи

5. ГРЕШКЕ У ИЗРАДИ ПЕТ БОЦА, МЕРЕ ЗА СПРЕЧАВАЊЕ ГРЕШАКА И ОПРЕМА ЗА КОНТРОЛУ БОЦА

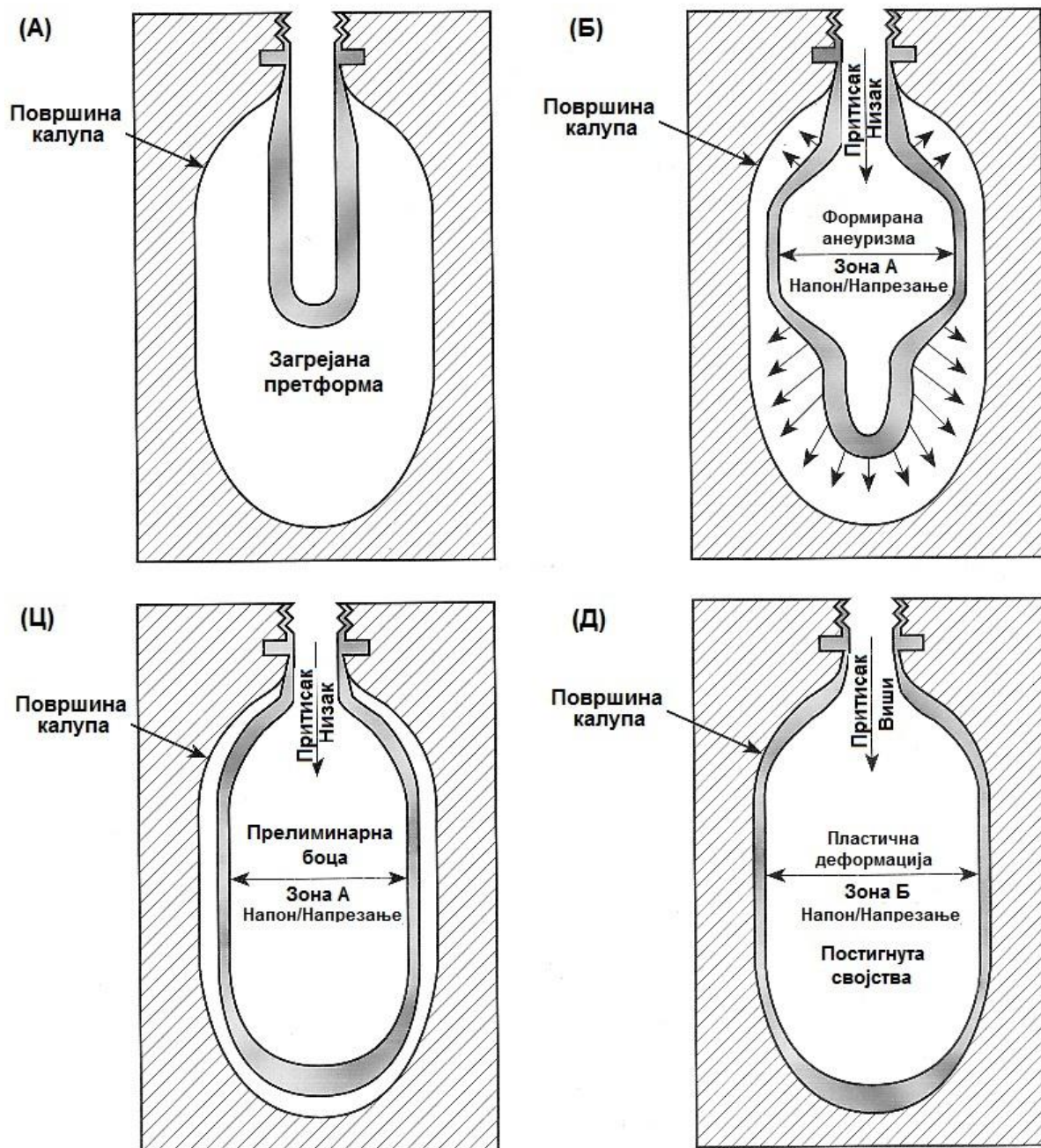
У наредном поглављу биће речи о грешкама при изради ПЕТ амбалаже, којим методама могу да се открију, и начини за њихово спречавање. Приказано је такође понашање боце при дувању у теорији које није могуће видети практично због конфигурације алата. Поред тога сумиране су све могуће грешке које могу настати, и практични приказ реалних грешака, насталих при производњи у погону Мивела. Поред свега, приказана је опрема за контролисање физичких величина, попут тежине појединих делова боце, дубине дна, и исправности претформи.

Када се боце надувавају, веома је битно почети са правилно обликованом претформом како би се добиле жељене физичке карактеристике. Компјутер се обично користи за израчунавање димензија претформе на основу димензија готове боце и растезних карактеристика одређене ПЕТ формулације која се користи. У даљем разматрању карактеристика надувавања/растежања ПЕТ боца, подразумеваће се да су претформе добро пројектоване, као и да су довољно загрејане и кондициониране. За загревање најбоље је користити грејаче који дају висак ниво инфрацрвеног зрачења, како би се постигао дубински систем загревања. [7]:

У процесу надувавања у калупу растежањем, претформа се поставља унутар алата, и након затварања алата покреће се шипка за истезање претформе. Одмах затим се уводи (под ниским притиском) ваздух за преднадувавање – П1. Притиском и тренутком примене притиска П1 може се регулисати дистрибуција материјала (на пример дебљина материјала на дну амбалаже се може повећати одлагањем примене П1 тако да се шипком може пренети више материјала до дна претформе. – сличан ефекат се може постићи и убрзањем шипке уз могућа ограничења). Мање примарно време оставља дебљи зид при врху, скраћује врат, база је тада лоша, али повећањем се база побољшава, да би се повећањем изнад оптимума, истањео врх боце. Даљим повећањем претформа се много рано развуче шипком, што доводи да је горњи део развучен и досегао тачку очвршћавања, а доњи део се лако дува (екстрем је појава линије на боци због појаве два балона који се независно надувавају у горњем и доњем делу боце). У теорији примарни притисак се креће у границама од 4-20 бара, а секундарни 18-35 бара. Примарно време је обично $t_1 = 0-0.1$ сек, а секундарно $t_1 + (0.1-0.3)$ сек). Све квалитетне машине имају притисак преддувања поред основног притиска дувања. Основно дување се подешава што је раније могуће, али не прерано у циљу постизања већег квалитета. Ако се примени прерано може да се поремети дистрибуција материјала и самим тим геометрија боце – тачка није на средини дна боце. [5]

Док се притисак ствара у претформи, постоји врло мала иницијална експанзија (слика 5.1а). У средини претформе почиње да се ствара анеуризма (проширење) (слика 5.1б) и наставља да се увећава док се не створи прелиминарна, предбоца. Треба имати на уму да је прелиминарна боца нешто мања од шупљине алата (слика 5.1ц). На овом ступњу, користи се ваздух за надувавање под високим притиском – П2, да би довршио надувавање прелиминарне боце до унутрашњег зида алата (слика 5.1д). Прерана примена овог притиска изазива неуједначен квалитет финалне амбалаже. Веома је важно обезбедити да се ваздух заробљеном у алату омогући проток ван алата кроз мале отворе на алату.

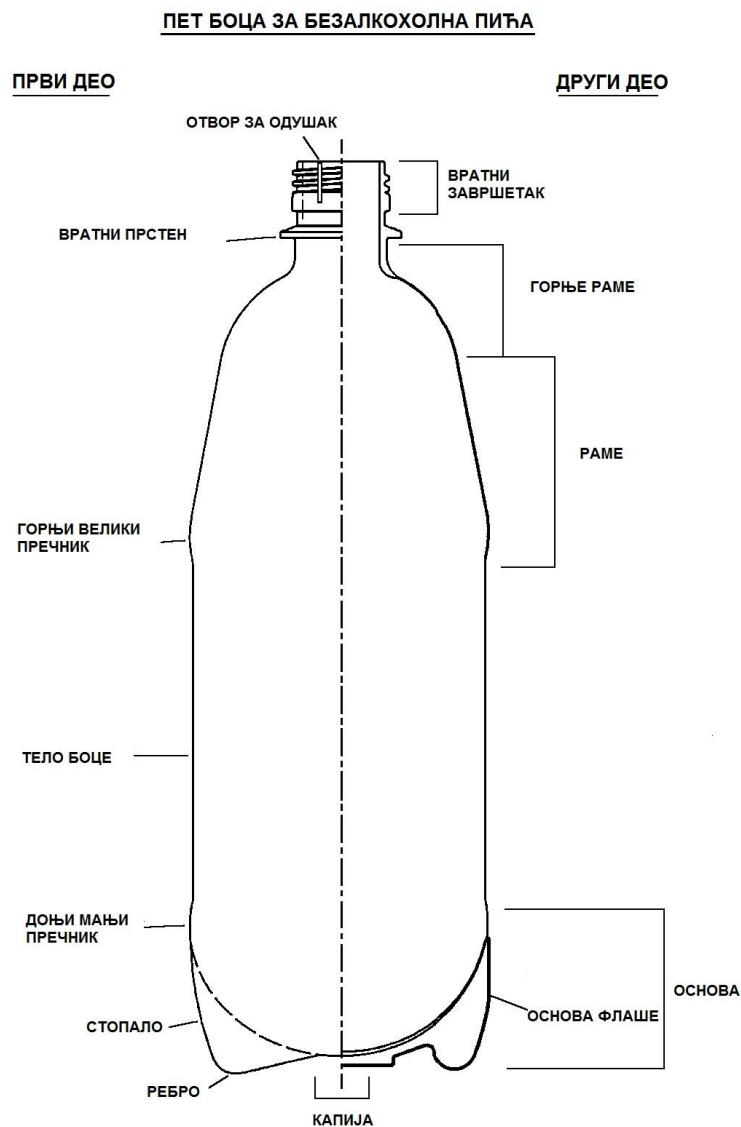
За сложене облике обично је неопходно пробушити вентилационе отворе на алату. Они се обично постављају на местима где ће вероватно доћи до заробљавања ваздуха у алату (правило је да су та места углови са високом стопом истезања). Након завршетка процеса надувавања мора се обезбедити испуст ваздуха под високим притиском пре него што се алат отвори како не би дошло до оштећења амбалаже. [5]



Слика 5.1 Понашање ПЕТ-а при растезању [5]

Пошто је неизводљиво видети како се боца надувава унутар алата, како се онда може знати да ли се формирала прелиминарна боца, као и да ли је ПЕТ достигао фазу истезног очвршћавања? Одговор лежи у уједначености распоређивања материјала по оријентисаним деловима готове боце. Ако се правилно произведе, боца треба да има дебљину зидова која је релативно униформна од средине облине испод грла, дуж целог

зида на доле, до тачке која је, отприлике, на половини облине ка дну. Уколико прелиминарна боца није формирана, централни део зидова биће далеко тањи од делова на дну и испод грла боце. На слици 5.2 приказани су делови стандардне боце. [5]



Слика 5.2 Основни делови ПЕТ боце [5]

Постоји неколико променљивих које могу да спрече формирање правилне прелиминарне боце, према слици 5.3. Између осталог, то су:

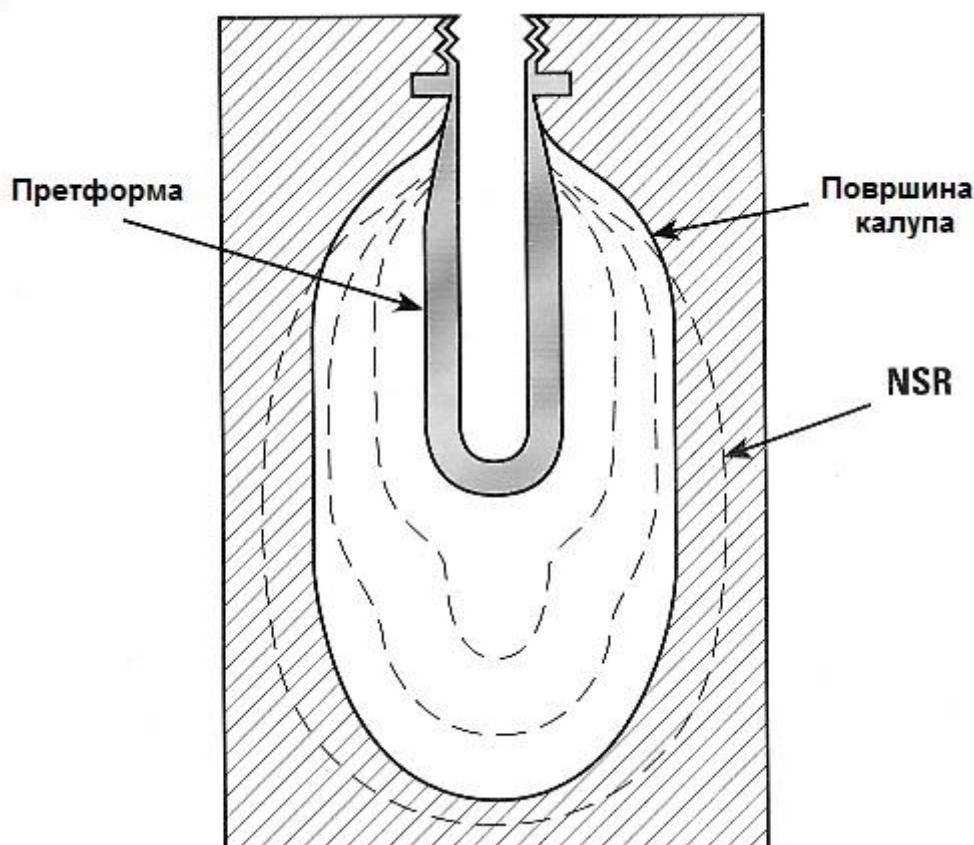
- ИВ претформе је сувише низак због неправилног сушења.
- ИВ претформе је сувише низак због употребе велике количине рециклажне масе.
- Температура претформе је превисока.
- Температура претформе је сувише ниска.

- Претформа није правилно пројектована за употребљени материјал

Уколико услови приказани на слици 5.1. буду доминантни, материјал неће моћи довољно да се растегне да постигне сопствени НСР, а степен растезања потребан да се достигне НСР лежи ван самог алата. Другим речима, кад би се претформа надувала ван алата, прелиминарна боца била би већа од саме шупљине алата. Стога, када се надувава претформа, површина алата зауставља ширење претформе пре постизања НСР и одговарајуће прелиминарне боце. То резултира у добијању боца које имају танке зидове, а дебео врат и дно.

Као што се може очекивати, ове променљиве такође могу да доведу до тога да се прелиминарна боца формира сувише рано, као што је приказано на слици 5.3 Фактори који могу да доведу до тога укључују:

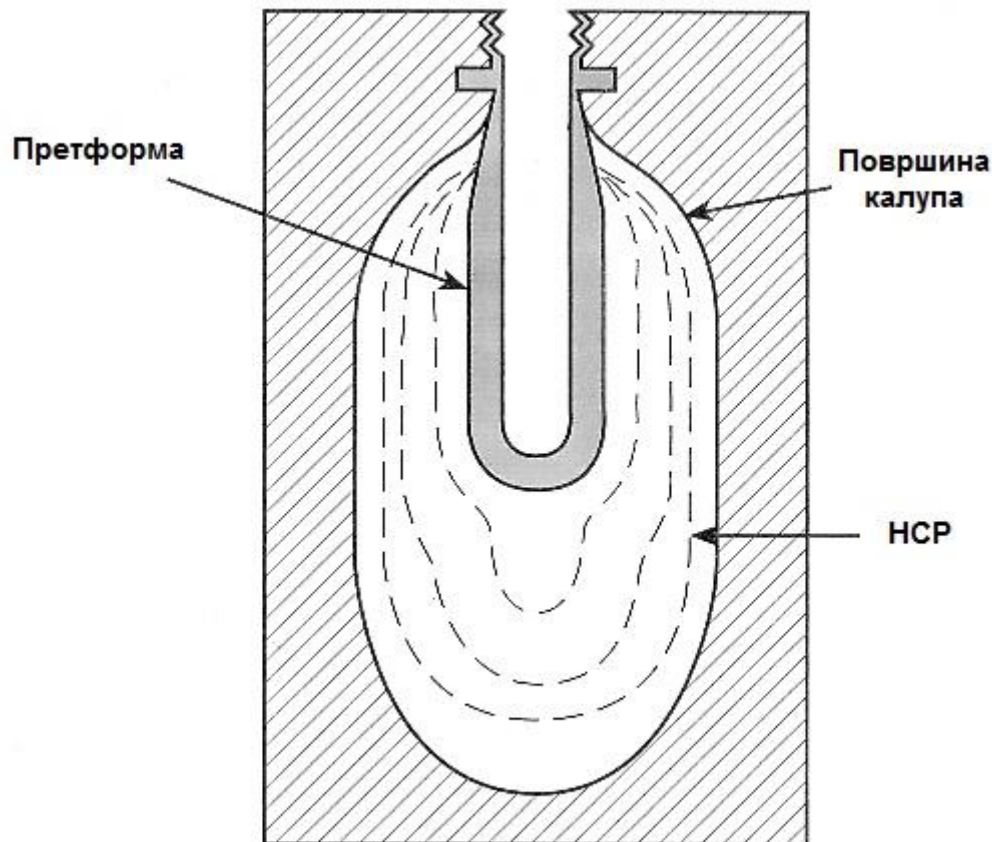
- ИВ претформе сувише висок због неодговарајуће формулације употребљеног ПЕТ-а.
- Претформа није довољно загрејана.
- Неодговарајуће пројектована претформа за употребљени материјал, као нпр. прелазак са кополимера на хомополимер истог ИВ.



Слика 5.3 Утицај ниског ИВ, високе температуре надувавања, високог нивоа кополимера или високог нивоа влаге [5]

Уколико је ступањ на коме се формира прелиминарна боца сасвим у границама алата, као што је приказано на слици 5.4, ПЕТ ће морати сувише да се растегне, далеко

изнад своје НСР. Такво прекомерно истезање изазива ситне пукотине у ПЕТ-у, што резултира појавом познатој под називом седефасте сјај.



Слика 5.4 Утицај високог ИВ, ниске температуре надувавања и ниског нивоа кополимера [5]

Подешавање оптималних услова за надувавање догревањем

Да би се добила боца са зидовима равномерне дебљине, треба правилно подесити услове РХБ процеса. Предложена процедура за утврђивање оптималних услова:

1. Штап за развлачење треба да се користи само да нацентрира капију претформе на дно боце; не треба је користити да би се добила оријентација. Уколико брзина штапа може да се подеси, смањити је до тачке на којој се капија помера ван центра. Тада повећати брзину постепено, док се капија поново не нацентрира. Задржати тај параметар брзине.
2. Повећати брзину линије док не дође до појаве незнатног седефастог сјаја. Тада подесити температуру на сваком грејачу како би се интензитет сјаја уједначио. Прозирни делови назначавају да је претформа више загрејана на том делу и температура у тим деловима треба да се снизи. Када се добије равномерни седефаст сјај, смањити брзину линије до стандардног параметра.
3. Уколико машина обично ради највећом брзином, биће потребна другачија процедура. Смањити температуру на грејачима док се не појави незнатни

седефасте сјај; затим подесити сваки грејач да би се добио уједначени сјај. Када се уједначи, забележити параметре. Затим повећати температуру на сваком грејачу за исту релативну вредност. На пример, уколико је један грејач подешен на 80, а други на 40, а потребно је повећање од 5%, повећати температуру на грејачима до 84 или 42. Радећи то поступно, седефасте сјај би требало равномерно да нестаје.

4. Уколико дебљина зидова боце није уједначена, повећати притисак пред надувавање и проверити каква је уједначеност. Ако се тада зидови не уједначе, смањити притисак пред надувавање. Када се подеси оптимални притисак пред надувавање, могу се извршити даља побољшања подешавањем времена за део процеса који претходи надувавању, у складу са временом на које је подешен штап за развлачење. Стога, променити време за преднадувавање, тако да почиње раније, а затим и касније, а затим размотрити резултате како би се утврдило које је време најпогодније.

НАПОМЕНА: Притисак и време дела процеса пред надувавање може да има велики утицај на дебљину вратног дела и дна боце. Ако се повећају, повећава се дебљина дна, међутим, ако се смање, повећава се дебљина вратног дела.

5. Уколико се променом притиска и времена дела процеса пред надувавање не може направити уочљива промена у уједначености, повећати време закашњења надувавања под високим притиском. Високи притисак се можда уводи прерано, а тиме не даје довољно времена да се обави преднадувавање.
6. Уколико касније увођење високог притиска не даје жељену уједначеност у дебљини, пробати са постепеним повећавањем брзине штапа за развлачење.
7. У крајњем случају, променити профил грејача.

При подешавању машине, никада не мењати више од једне променљиве одједном. Уколико се истовремено подешавају две променљиве, једна промена може да побољша уједначеност зидова, док друга може да је наруши, а крајњи резултат биће да нема промене. То може довести до нетачног закључка да ниједна од промена није имала ефекта. [8]

Иако температура претформе углавном има највећи утицај на ниво скупљања боце, веома је важно имати на уму да температура алата за надувавање такође има неког утицаја. Што је калуп загрејанији, веће је скупљање. То се дешава због тога што загрејан алат тежи да повећа опуштање унутрашњег стреса. Из истог разлога, боце које се чувају у складишту ће се више скупљати током топлијих месеци.

Проблеми у раду

У табели 5.2 дати су могући проблеми који се јављају при раду, и узроци који претходе настанку проблема.

Табела 5.1:

Проблем на боци	Могући узроци
Замагљеност	ИВ сувише низак Претформа сувише загрејана Низак ниво кристализације у претформи
Седефаста сјај	Претформа сувише хладна Недовољно времена за загревање Неодговарајући облик претформе
Седефаста сјај на одређеном делу	Захваћена област је била сувише хладна
Танки зидови	Претформа сувише загрејана ИВ сувише низак Превелика влажност претформе Неодговарајући профил загревања
Дебело грло	Претформа сувише загрејана ИВ сувише низак Превелика влажност претформе Неодговарајући профил загревања Превелика топлота у доњем делу Прерано увођење ваздуха за процес преднадувавања
Не издржава рок складиштења	Претформа сувише загрејана ИВ сувише низак Превелика влажност претформе Неодговарајући профил загревања
Дебело дно	Претформа сувише загрејана ИВ сувише низак Превелика влажност претформе Неодговарајући профил загревања Превелика топлота у горњем делу Прекасно увођење ваздуха за процес пред надувавања

Не издржава тест бацања	Претформа сувише загрејана ИВ сувише низак Превелика влажност претформе Неодговарајући профил загревања Превелика топлота у горњем делу Прекасно увођење ваздуха за процес пред надувавања Превелика кристализација капије код претформе
Не издржава тест оптерећења одозго	Претформа сувише загрејана ИВ сувише низак Превелика влажност претформе Неодговарајући профил загревања Превелика топлота у горњем делу калупа Прекасно увођење ваздуха за процес пред надувавања
Сирење	Претформа сувише загрејана ИВ претформе сувише низак Превелика влажност претформе
Локални дефекти на површини	Вода у ваздуху за надувавање Контаминација Мали неотопљени делови на претформи
Мехурићи на боци	Мехурићи на претформи изазвани неодговарајућим условима надувавања утискивањем или дефектном опремом за надувавање утискивањем

Седефастии сјај и замагљеност

Седефастии сјај и замагљеност су естетски дефекти који смањују прозирност боце. Иако се оба примећују као замућеност у изгледу, узроци су им сасвим различити.

Када чиста претформа постане замагљена у РХБ процесу, то је последица велике загрејаности претформе што доводи до кристализације. Пошто се претформа загрева споља, замагљеност се ствара на спољној површини као што је приказано на слици 5.5.

Као корективне мере се наводе повећање температуре пећи и проценат снаге грејача. А када је проактивно одржавање и припрема за рад, неопходна је провера свих грејача пре почетка рада, и праћење времена дотрајалости самих лампи, које се по правилу мењају на пећи након остварених 3500 сати рада. [5]



Слика 5.5 Дефекат у виду седефастог сјаја на дну боце

Седефаста сјај, с друге стране, ствара се на унутрашњој површини. Разлог јесу два фактора. Први, унутрашња површина претформе мора да се растегне отприлике 35% више од спољне да би се добила боца од 2 литра. Друго, унутрашња површина је најхладнији део претформе и стога се не растеже тако лако као топлији делови према споља. Комбинација ова два фактора доводи до прекомерног растезања ПЕТ-а, преко потребне тачке у зони истезног очвршћавања што ствара хиљаде веома ситних пукотина. Ове микрофрактуре ометају пропуштање светлости и производе неку врсту замагљености. Седефаста сјај се разликује од кристалне замагљености по свом јарком сјају који подсећа на седефни сјај.

Када је ИВ претформе добар, лако је утврдити одговарајућу температуру РХБ процеса која ће довољно загрејати унутрашњу површину да би се спречила појава седефастог пресијавања, а опет неће бити сувише висока да би се спољашњост замаглила. Уколико се, пак, ИВ претформе сувише снизи, тешко да ће бити могуће направити прозирне боце. У таквим случајевима, повећавање температуре да би се спречио седефаста сјај може да појача замагљеност, док би смањивање температуре да би се спречила појава замагљености само појачало седефаста сјај.

Дебело дно

Кључни фактори за квалитетну боцу јесу добро загревање претформе, и могућност успешног растезања како би се добила правилна боца. У случају да се јави дефекат где је дно боце изразито дебље у односу на горњи део, као што је приказано на слици 5.6, и да су зидови изузетно танки, то значи да је проблем настао код претформе која је исувише загрејана неодговарајућим профилем, поготову у горњем делу претформе, али и закаснило увођење ваздуха за процес преднадувавања.

Поред тога, вршењем провере на контролнику за дубину дна утврђено је да дубина дна боце доста одступа у односу на праве мере. [5]



Слика 5.6 Дефекат у виду задебљалог дна

Рупа на ребру дна боце

Дефекти попут рупа које се јављају на боци јасно казују да је проблем био у претформи. Рупа која је настала на боци је последица појаве мехурића на претформи који су се формирали приликом израде претформи. Истецањем претформе мехурови пуцају и цепају се и на том месту настаје дефекат (слика 5.7). Решење лежи код произвођача претформи.



Слика 5.7 Рупа на дну боце

Непотпуно надувена боца

У случају када се јави боца неправилног облика попут дефекта на слици 5.8 и 5.9 очигледно је да није дошло до процеса П2, тј главног процеса дувања притиском од 30

bar-a. Добијена је боца само предистезањем и преддувањем. Дефекат се јавио због непостојања притиска, који компресор није постигао и грешка је само у томе.



Слика 5.8 Боца која није прошла главни процес дувања



Слика 5.9 Боца урађена само постоком преддувања

Боца неправилног облика, балон издувен на горњем делу боце.

Настанак наредне грешке је проузрокован прегревањем претформе у горњем делу. Прегревањем су се истањили зидови апрувете на делу где је деловала већа количина топлоте од предвиђене и зато се приликом дувања јавио балон, који је последица притиска ваздуха од 30 bar-a.



Слика 5.9 Боца се дефектом у виду балона у горњем делу боце у пределу рамена

Истегнута ненадувена епрувета

Наредни случај, приказан на слици 5.10 је претформа која је само истегнута и поред ње исправна претформа. Код истегнуте претформе није дошло до преддувања П1 и главног дувања П2 због непостојања ваздуха што је грешка код компресора.



Слика 5.10 Истегнута претформа без поступака дувања

Прегрејана епрувета са мехурићима

На наредној слици 5.11 приказана је боца која на себи има два дефекта, пре свега температура лампе у горњем делу епрувете је била јака што је резултирало истањењем зидова и седефастим сјајем, и други дефекат је појава мехурића већих димензија, што је резултирало пуцањем и испуштањем ваздуха под притиском у алат, а не у боцу.



Слика 5.11 Боца са истањеним зидовима и пукотином

Прегрејана епрувета

Претформа приказана на слици 5.12 је прегрејана, а може се рећи и „изгорела“ приликом проласка кроз пећ са лампама које врше загревање претформе, где је температура била изузетно висока и оштетила површину претформе, а поред ње се налази исправна претформа- Разлог зашто ова претформа није отишла директно у станицу са алатом је та што је програм подешен тако, да при покретању производног процеса одбацује последње две и прве две како претформе тако и готове боце, јер у почетку не може да се крене са идеалним перформансама и лампи и алата.

Лампе пуно греју у старту, доста више због паузирања, и устајалог врелог ваздуха који оштећује прве претформе, због чега се машина програмира тако да одбацује прве и последње претформе ако дође до застоја. Алат је такође проблем, који је превише охлађен, па се стога при почетку рада, такође прве боце одбацају које углавном буду шкартови.



Слика 5.12 Прегрејана епрувета

Опрема и методе за контролу карактеристика претформи и добијених боца

Према величинама-карактеристикама које се мере, опрему за контролу квалитета можемо поделити на

- опрему за контролисање физичких карактеристика и
- опрему за одређивање хемијских карактеристика готових производа и улазних материјала.

Опрема и методе за контролисање физичких карактеристика

Основне физичке величине и карактеристике које се контролишу су:

- изглед претформе или боце – метода је чисто визуелна, с тим да се за контролу претформи може користити и уређај за испитивање претформи путем поларизоване светлости, којим се могу одредити поремећаји у структури изазвани грешкама у току процеса бризања
- маса – одређује се техничком вагом (до две децимале), док за одређивање масе затварача, поготово у делу производње подлошки пожељно је коришћење лабораторијске ваге (до 3 децимале са сигурном другом децималом)
- димензија – овде је прича много сложенија и с обзиром на чињеницу да опрема за он-лине контролу управо разматра ову величину може се закључити да је ово кључна карактеристика. Постоји широк спектар инструмената за контролу како појединих делова амбалаже тако и комплетног производа. Најједноставнији од свих су еталони којима се директно проверава жељена димензија (грлић претформе, унутрашњи пречник затварача, дубина дна, профил навоја итд). Сви мануелни инструменти за контролу праве се уз одговарајуће сталке и додатке од три инструмента који су нам свима познати – кљунастог помичног мерила, мерача висине и компаратора. Због једноставности читавања пожељно је да имају дигиталне дисплеје. За прецизнија мерења постоје “магнетни мерачи” дебљине немагнетних материјала до 8 мм, “ултразвучни”, “инфрацрвени” мерачи и мерачи засновани на ултра-прецизним камерама.
- притисак, моменат торзије, сила – ове величине посредно говоре о квалитету амбалаже. Мерењима се практично одређује понашање амбалаже у експлоатацији – издржљивост на притисак изнутра због присуства газиране течности, понашање амбалаже при удару, притиску одозго, моменат торзије неопходан за одвртање затварача, кидање контролног прстена итд. Сва мерења се одвијају углавном аутоматски у лабораторијским условима. Затварачи се контролишу уз употребу мануелних инструмената, али постоје и потпуно аутоматизовани мерачи који обезбеђују нешто прецизније податке, јер искључују грешку проузроковану људским фактором. [5]

Опрема и методе за контролу хемијских карактеристика

Од хемијских анализа најзначајније је контролисање две величине:

- инхерентног вискозитета ИВ – метода је веома једноставна и може се спровести мануелно уз помоћ вискозиометра и штоперице, или аутоматски уз помоћ одговарајућег инструмента. Претходно је неопходно обезбедити узорак у праху,

непромењених карактеристика у односу на амбалажу или гранулат који се подвргавају мерењу, што се постиже употребом криогеног млина.

- заостали ацеталдехид АА - у ту сврху користи се гасни хроматограф са аутоматским узорковањем. При том треба нагласити да се мерење ацеталдехида углавном обавља у готовој амбалажи. Могуће је мерење у претформи и гранулату, с тим да се узорци самељу до нивоа праха употребом криогеног млина.

Постоји још низ метода за одређивање хемијских величина које се могу спровести уз употребом савремене лабораторијске опреме, али сем можда мерења процента влаге или температуре топљења гранулата, тешко да спадају у стандардне индустријске методе контроле квалитета. Тим методама се могу бавити овлашћене институције које би контролисале увозни ПЕТ гранулат, али је то већ сасвим друга проблематика. [5]

Што се тиче опреме за физичку, анализу и испитивање која се користи у погону Мивела, она се своди на:

- Секач боце
- Контролник дна боце
- Поларизатор

Секач боца загрејаном жицом је механички инструмент којим се омогућава прецизно сечење боца израђених пре свега од полиетилен терафталата. Захваљујући регулацији напона могуће је сећи и боце израђене од осталих пластичних материјала – ПЕ, ХДПЕ, ПВЦа итд. Израђује се у варијанти са 3 или 4 секача у зависности од чега се може добити 4 или 5 прецизно изрезаних сегмената боце.

На слици 5.12 се налази инструмент са 3 секача. Овај начин контролисања је веома битан због детаљне грамаже сваког дела понаособ која треба на крају да задовољи одређене стандарде.



Слика 5.12 Секач боца загрејаном жицом

Мерењем масе сваког изрезаног сегмента и поређењем са усвојеним еталоном, може се прецизно одредити расподела масе у зидовима боце. На овај начин можете веома прецизно да пратите како мале промене параметара на машини за дување могу да

утичу на расподелу масе у боци. Метода је веома значајна и при едукацији јер на лак и практичан начин омогућава неискусном особљу, да брзо уђу у суштину регулације параметара на машини за дување ПЕТ амбалаже. Упоредивањем боца израђеним на различитим гнездима, можете доћи до закључка да ли машина омогућава израду амбалаже конзистентног квалитета уз минимална одступања. Уколико се поштује процедура, грешка која се уноси сечењем није већа од $\pm 0,2$ грама по узорку за дволитарску амбалажу, што је занемарљиво. Наредним сликама детаљно је приказана правилна припрема инструмента, сечење боце и сама метода.

Исечене парчиће измерити на аналитичкој ваги максималне прецизности од две децимале (довољно је и са једном децималом) и упоредити добијене вредности са усвојеним еталоном. Пожељно је да се резултати прибележе уз пратеће напомене о коришћеној претформи, гранулату и параметрима који су у том тренутку били на машини за дување амбалаже.

Следећи уређај за контролисање физичких карактеристика самих боца јесте контролник дна боце приказан на слици 5.13 који служи за мерење дубине дна боце а истовремено положаја самог врха претходно развучене претформе.



Слика 5.13 Контролник дна боце

Поред секача и контролника дна боце, на слици 5.14 (лево) приказан је и поларизатор који служи за откривање дефеката форми уз помоћ поларизоване светлости и где је приказан процес контроле уз помоћ еталона. Одступања која се контролишу јесу, боја, физичке неравнине, разни убоди, а као најважнији дефект код контроле поларизатором, наводи се линије турбулентног тока, и стрес материјала при бризгању који се посматрају под различитим угловима. На слици 5.14 (десно) приказана је табела са углавном свим могућим примерима дефеката и неправилним линијама већ поменутог турбулентног тока.

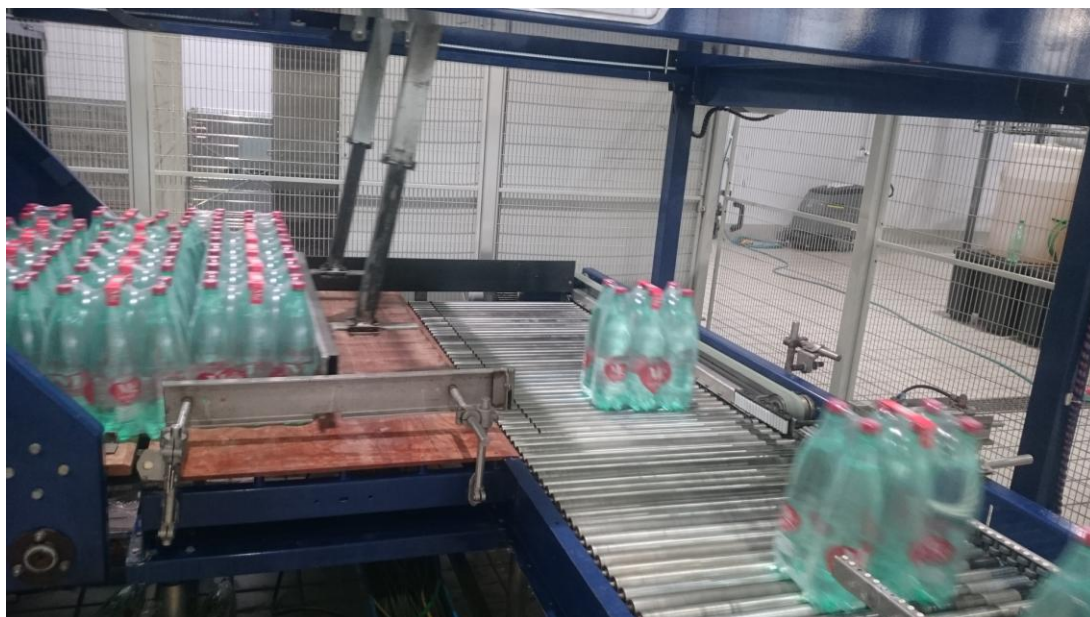


Слика 5.14 Процес контроле на поларизатору (лево), упоредна табела са дефектима (десно)

На сликама 5.15 и 5.16 приказан је процес производње у предузећу "Нова Слога" д.о.о., погон Мивела. Предузеће се бави производњом боца за сопствене потребе које даље пуни у различитој врсти амбалаже, и продаје као газирану и благо газирану, и у зависности од потреба, производња варира од боца мале запремине 0,5 l, 1 l, и боце која је разрађивана у претходном раду од 1,5 l.



Слика 5.15 Процес производње-паковање



Слика 5.16 Процес производње-складиштење



6. ЗАКЉУЧЦИ

На основу изложеног може се закључити да код процеса прераде пластичних маса постоји доста места за унапређење и усавршавање, и укључивање неких нових начина израде ПЕТ амбалаже. Нарочито треба скренути пажњу на могућности примене неких нових материјала који ће можда дати неке боље перформансе амбалаже и вероватно боље физичке карактеристике. ПЕТ боце показују супериорну транспарентност, сјај и снагу и као резултат могу да замене многе друге материјале за паковање пића, хране, лекова, средстава за чишћење, производе за негу тела и хемикалија.

Кроз рад су представљени тренутни трендови у изради амбалаже поступцима дувања, приказани начини пројектовања 3D модела претформе, боце и калупних шупљина, сликовито приказан процес дувања претформи, и на крају је највећи акценат дат на грешкама које се јављају, како код произвођача претформа, тако и у самом процесу израде боце.

Наравно, примена пластичних маса има добру перспективу због релативно ниских улагања у опрему и ниске цене материјала, и с обзиром да је велики асортиман производа и амбалаже намењен широкој потрошњи, а како би дошло до повећања примене неопходно је обезбедити да се континуално ради на развоју нових материјала пластичних маса, на новим технологијама прераде, али и уређаја и алата за прераду и могућност примене пластичних маса у неким досад незамисливим областима.

Производња пластичних маса у свету се сваке године вишеструко увећава. Данас производња знатно прелази 100 милиона тона, тако да је производња пластичних маса превазишла производњу свих метала заједно, и успешно их замењује у појединим областима, дајући чак и боље перформансе.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Богдан Недић, Владислав Ђукић., "Пластичне масе", скрипта Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2004.
- [2] Мирослав Нађ, Полимерни материјали, Мултиграф, Загреб, 1991.
- [3] Борислав Видаковић, Алати за пластичне масе, Техничка књига, Београд 1975
- [4] Бошко Перошевић, Калупи за инјекционо пресовање пластомера (термопласта), Научна књига, Београд, 1995.
- [5] Богдан Недић, "Технологије прераде пластичних маса", Машински факултет Крагујевац, Крагујевац 2008.
- [6] Саша Јованић, „Промене у структури и својствима полимера у технолошком процесу производње шупљих тела екструзионим дувањем“ Факултет техничких наука, Нови Сад 1997
- [7] Атанасковић Ненад, дипломски рад, "Пројектовање алата за израду делова од пластичних маса технологијом дувања, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу, 1999.
- [8] Ђорђе Кушић, „Примене ПЕТ-а, специфичности израде претформи и боца“ Машински факултет Београд, 2010.