

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Смер: Производно машинство

Предмет: Технологије прераде пластичних маса

Број индекса: 16/2003

Драган М. Прокопијевић

**Машина за вакуум – термообликовање
пластичних маса**

дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Богдан Недић, ред. проф. - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Катедра за: ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО

Предмет: **Технологије прераде пластичних маса**

ДИПЛОМСКИ РАД

са темом:

МАШИНА ЗА ВАКУУМ – ТЕРМООБЛИКОВАЊЕ ПЛАСТИЧНИХ МАСА

За кандидата: Прокопијевић Драган, број индекса 16/2003

У оквиру дипломског рада кандидат треба да изврши систематизацију података о материјалима и технологији вакуум – термообликовања пластичних маса. Потребно је прикупити и приказати податке о машинама намењеним за ову технологију. На крају рада извршити пројектовање једне машине са свим својим елементима.

Дипломски рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Карактеристике пластичних маса које се могу прерађивати технологијом вакуум – термообликовања,
3. Технологија вакуум термо – обликовања,
4. Машине за вакуум – термообликовање,
5. Пример пројектовања машине за вакуум – термообликовање,
6. Закључци,
7. Литература.

ШЕФ КАТЕДРЕ

ПРЕДМЕТНИ НАСТАВНИК

Проф. др Богдан Недић

Проф. др Богдан Недић

Крагујевац, октобар, 2014. год.

Резиме: Предмет овог рада је конструкцијско решење машине за вакуум – термообликовање. У тексту овог рада биће објашњен основни принцип рада машине и биће описани њени главни делови. Такође, биће описане пластичне масе које се користе у производњи вакуум – термообликовањем и њихове главне карактеристике. Објасниће се поступак вакуум – термообликовања, а биће дат и детаљан преглед проблема који се могу јавити у току процеса као и смернице за њихово решавање.

Кључне речи: машина за вакуум – термообликовање, пластичне масе

Summary: The subject of this paper is to design a solution for vacuum – thermoforming machine. In the text of this article will be explained the basic principle of the machine and will be described in the main parts of the machine. Also, there will be described plastic material which are used in vacuum – thermoforming. This paper will also explain the process of vacuum – thermoforming, and there will be given a detailed overview of the problems that can be occurred during the process as well as guidelines for their resolution.

Keywords: vacuum – thermoforming machine, plastics

САДРЖАЈ

1. Увод.....	5
2. Карактеристике пластичних маса које се могу прерађивати технологијом вакуум – термообликовања.....	7
2.1 Опште о полимерима.....	8
2.2 Састав пластичних маса.....	9
2.3 Основна структура полимера.....	11
2.4 Подела пластичних маса.....	12
2.4.1 Полиетилен – <i>PE</i>	13
2.4.2 Полипропилен – <i>PP</i>	15
2.4.3 Поливинил – хлорид – <i>PVC</i>	16
2.4.4 Поликарбонат – <i>PC</i>	18
2.4.5 Полистирол – <i>PS</i>	19
2.4.6 Полиметилметакрилат – <i>PMMA</i>	20
3. Технологија вакуум – термообликовања.....	22
3.1 Вакуумирање.....	22
3.2 Поступци вакуум – термообликовања.....	23
4. Проблеми у процесу вакуум-термообликовања.....	27
5. Машине за вакуум – термообликовање.....	46
6. Пример пројектовања машине за вакуум – термообликовање.....	51
6.1 Постоље машине.....	52
6.2 Дизалица и вентили.....	54
6.3 Носач плоче.....	55
6.4 Стега.....	57
6.5 Грејач.....	59
6.6 Контролни панел.....	62
6.7 Систем цеви – вакуумска инсталација.....	63
6.8 Пример калупа.....	63
6.9 Склоп машине.....	65
6.10 Принцип рада машине.....	66
7. Закључак.....	68
8. Литература.....	69

1. Увод

У данашњим условима индустријске производње и пласмана робе на тржиште, амбалажа има веома значајну улогу. Она треба да одговори на следеће захтеве:

- здравствену исправност,
- обезбеђење рока трајања упакованог производа,
- лаку манипулацију и транспорт и
- правилну презентацију робе.

Данас се за израду амбалаже најчешће користе полимерни материјали. Полимерни материјали су материјали двадесетог века. Прва синтеза полимера је извршена крајем деветнаестог, а индустријска примена полимерних материјала датира из прве половине двадесетог века. Друга половина двадесетог века означена је интензивним усавршавањем производње познатих полимерних материјала и проналажењем и синтезом великог броја полимера. У том периоду се јавља значајан тренд пораста примене ових материјала за различите намене.

Полимерну амбалажу је могуће произвести директно од полимерних материјала, а могуће је у првој фази произвести амбалажни материјал од кога се у следећој фази производи амбалажа. Произведени амбалажни материјал (филмови, фолије, траке и плоче), могу се комбиновати са другим материјалима (металним фолијамаи тракама, папиром и картоном, па чак и стаклом). У зависности од захтева за тачно дефинисани квалитет (пропустљивост светлости, гасова, водене паре, ароматичних компонената, непропусности микроорганизама, могућности херметичног затварања садржаја, подобности за термичку обраду итд.), могуће је произвести амбалажу од полимерних или у комбинацији са другим материјалима, која ће у потпуности одговарати траженим захтевима.

Амбалажа израђена од или на бази полимерних материјала, најчешће се затвара формирањем вара чиме се обезбеђују услови херметичког паковања. Према потреби, херметички затворени прехранбени производи се могу конзервисати на различите начине, или се постиже дужа одрживост при дефинисаним условима складиштења.

Амбалажа од полимерних материјала има широку област примене и због еколошких разлога. За производњу и примену ове амбалаже се утроши најмање енергије по јединици упакованог садржаја, што је несумњива предност са аспекта

заштите животне средине. Поред тога, данас су већ развијени технолошки процеси поновне прераде искоришћених полимерних материјала.

Под појмом полимерних материјала подразумевају се технички употребљиви материјали чију основу чине полимери. Они се данас убрајају у најважније техничке материјале. Они не служе само као замена за традиционалне материјале (метал, дрво, керамика и стакло) јер се користе и за израду предмета који се раније нису производили од традиционалних материјала. Полимерни материјали су постали незамењиви у многим подручјима људске делатности.

Амбалажа се може израђивати разним поступцима прераде пластичних маса. Најраспрострањенији поступак је вакуум термообликовање пластичних маса, јер се овим поступком могу производити како веома ситни, тако и делови великих димензија. Спада у ред најекономичнијих поступака обраде пластичних маса.

Биће представљени главни делови, начин монтаже и принцип рада машине за вакуум – термообликовање.

У првом делу рада описане су основне карактеристике пластичних маса, почев од структуре пластичних маса па до подела и основних својстава пластичних маса.

У оквиру другог дела описана је технологија вакуумирања и поступци вакуум термообликовања.

У трећем делу биће наведени могући проблеми, узроци и начини решавања наведених проблема у процесу вакуум – термообликовања.

У четвртном делу представљене су карактеристичне машине које се користе у процесу вакуум – термообликовања.

У петом делу описано је пројектовање и принцип функционисања машине за вакуумско термообликовање, њених основних делова, а то су: грејач, систем за вакуум, носач алата и постоље машине. За моделирање је коришћен програмски пакет CATIA V5R21.

На крају рада дат је закључак и преглед коришћене литературе.

2. Карактеристике пластичних маса које се могу прерађивати технологијом вакуум – термообликовања

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

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

Предности елемената израђених од пластичних маса:

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

Недостаци полимерних материјала су:

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

2.1 Опште о полимерима

Пластичне масе су материјали код којих је основна компонента полимер. Термин полимер (настао од грчке речи *поли* – много и *мерос* – део) је синоним за макромолекулска једињења. Односно, полимери су материје које су изграђене од макромолекула, па се називају макромолекулским једињењима.

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

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

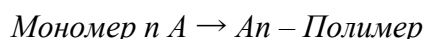
Полазне сировине су земни гас, нафта, угаљ, од којих се израђују основна хемијска једињења намењена за израду пластике. Ова се једињена различитим процесима преводе у полупроизводе облика: гранула, праха, течности, таблета. Даљи процеси прераде ових полупроизвода у финалне производе различитим поступцима прераде (пресовање, истискивање, убризгавање, натапање, каландровање и бројне методе резања и спајања), утичу не само на промену облика и структуре, већ обично изазивају промену хемијских веза које чине основу материјала.

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

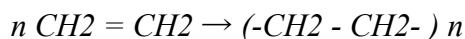
Синтетички полимери се добијају синтезом мономера, а основне методе су:

- полимеризација
- поликондезација и
- полиадиција.

Полимеризација је стварање макромолекула спајањем мономера без издвајања споредних продуката и прегруписавања атома у молекулу. Процес полимеризације се не сме прекидати јер се не може на исти начин и наставити. Полимеризација се може изразити једначином:



Односно, у случају етилена:



Мономер (етилен) Полимер (полиетилен)

У наведеним једначинама n је степен полимеризације тј. број "мера" у полимерном молекулском ланцу. Средња вредност за полиетилен креће се од $n=3000$ до 25000.

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

Поликондензација је метода синтезе већег броја мономера у макромолекуле, уз издвајање споредних продуката, најчешће воде, амонијака и др. Синтеза при поликондензацији се може изводити ступњевито, па и са прекидима, који се могу у одређеним условима и наставити.

Полиадиција је метод синтезе која се одликује одсуством издвајања споредних продуката и могућношћу извођења у ступњевима, што указује да је то метода синтезе која се налази између полимеризације и поликондензације.

2.2 Састав пластичних маса

Пластичне масе, у највећем броју случајева, се састоје из полимера – синтетичких смола као основних компоненти и у мањем или већем обиму додатних материјала као што су пластификатори, пунила, боје, а понекад и мазива, стабилизатори и очвршћивачи. Такође, пластична маса може бити састављена само из полимера.

Пластификатори (омекшивачи) су органска једињења, хемијски активна, која се понекад додају у веома великим количинама у циљу повећања пластичности производа. Односно, пластификатори су материје у којима се полимери растварају, односно набубре, што изазива промену њихових својстава, првенствено повећање еластичности на рачун затезне чврстоће и тврдоће, као и измену неких физичко – хемијских својстава, у првом реду снижења температуре топљења. Побољшање својстава полимерних материјала додавање пластификатора, у току производње или касније, назива се пластификацијом (омекшавањем).

Пластификатори су већином естери дикарбосилних киселина, и то фталне, адипинске, себацинске, малеинске и сл. Најпознатији су дибутил-фталат, диоктил-фталат, дихексил-себацат, дилаурил-адипат, диамил-малеат и 2-етилхексил-сукцинат. Најчешће су у течном (уљаном), а понекад и у чврстом агрегатном стању.

Пунила су фино дисперговани, прашкасти, плочасти или кугласти додаци, али и врло кратка влакна, која се додају полимерима у веома малој количини, 5 - 25%. Пунилина се могу мењати и побољшавати различита основна својства

полимера: чврстоћа, тврдоћа, жилавост, течљивост, електрична проводљивост, способност електричне и топлотне изолације, постојаност облика, корозивност, а може и снизити цену полимерног материјала. Тако нпр. калцијум-карбонат (креда, доломитно брашно) појевтињује различите пластомерне производе, повећава ударну жилавост, а поли(винил-хлориду) повећава и самогасивост. Каолин и листичасти силикати (талк, азбест), који се употребљавају и као ојачивачи, повећавају антикорозивност, чврстоћу и електроизолацијска својства дурометра и пластомера. Природне и синтетичке врсте силицијум-оксида (аморфна и микрокристална врста, кварц, кремен, песак) служе за пуњење пластомера, дуромера и еластомера, повећавају чврстоћу, тврдоћу и жилавост те тако смањују трошивост материјала. Баријум-сулфат се употребљава као тешко пунило за полиуретанем калцијум-сулфат као безбојно пунило за пластомере и дуромере. Силикатна и стаклена пунила у облику ситних куглица поспешују прерадљивост полимера.

Боје и пигменти служе да дају боју пластичној маси, а уз то повећају хемијску и термичку стабилност. Боје се лако мешају са полимерима и доступне су широкој палети нијанси. Од пигмената се употребљавају и неоргански (оксиди титана, цинка, гвожђа, олова, хрома и кадмијума итд.) и органски, који су нестабилнији, али су сјајни и боље провидности.

Мазива се користе како додаци да се смањи трење ради смањивања површинског трошења и адхезије (спољна мазива) и олакшавања прераде (унутрашња мазива). Спољашња мазива углавном се мешају с полимером и стварају мазиви слој између полимера и металних површина. Већ према полимерном материјалу примењују се следећа спољашња мазива: парафини, полиолефини, органски фосфати, високомолекуларне масне киселине, алкохоли, амини и амиди са више од 12 угљеникових атома у ланцу. Унутрашња мазива називају се и псеудопластификаторима, односно високотемпературним пластификаторима, а могу се мешати са полимером при повишеној температури обраде, али слабије мешају при нормалним температурама. Типична унутрашња мазива су глицерол-моностеарат, цинк-стеарат и др.

Топлотни стабилизатори се користе да смање оксидацију која се може јавити услед деловања топлоте на полипласте приликом прераде. Као антиоксиданси који се додају, најделотворнији су неки супституирани феноли.

Светлосни стабилизатори заустављају или успоравају разградњу материјала деловањем ултраљубичастих зрака јер полимерни материјали, као и друга органска једињења, разграђују се под дејством ултраљубичастих зрака тако што пуцају хемијске везе у макромолекулима. Разградња се огледа у многим променама материјала као што су промена боје, појава напрелина, смањење механичких и еластичних својстава, па материјал постаје врло крт и на крају се претвара у прашину. Стабилизатори спречавају разградњу полимера најчешће тако да сами апсорбују велики део енергије ултраљубичастог зрачења, а потом примљену енергију поступно отпуштају.

Очвршћивачи за разлику од пунила која се додају полимерима у минорној количини, уграђују се у полимерну основу у много већој количини (50 – 80%), тако да се битно мењају механичка својства полимерних производа, у првом реду чврстоћа. Основу очвршћивача чине влакна, која се уграђују у различитим облицима: као моноvlakна, нити, траке итд.

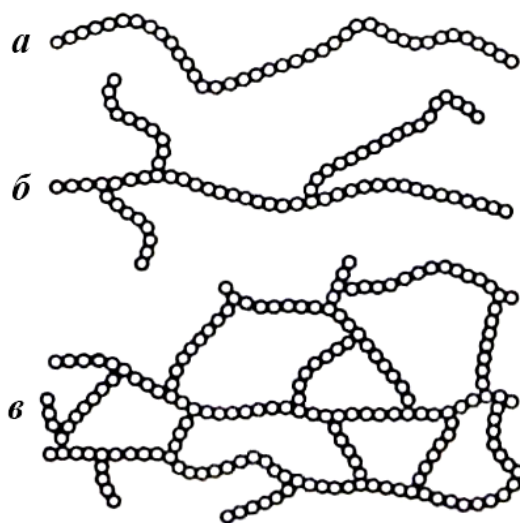
2.3 Основна структура полимера

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

Полимери се према структури полимерних ланаца могу поделити на:

- линеарне,
- разгранате и
- мрежасте

Најједноставнији су линеарни полимери, код којих су понављајуће јединице повезане у издужен или савијен ланац (Слика 2.1.а). Код разгранатих полимера на основном полимерном ланцу налазе се краћи или дужи огранци састављени од истих понављајућих јединица од којих се састоји и главни полимерни ланац (Слика 2.1.б). Мрежасте полимери имају међусобно повезане полимерне ланце у дводимензионалне и тродимензионалне мреже (Слика 2.1.в).



Слика 2.1. Општи изглед макромолекула, а) линеарни, б) разгранати, в) мрежасте полимер

2.4 Подела пластичних маса

У зависности од понашања на повишеним температурама пластичне масе могу се поделити у две основне групе:

- термопластичене масе (термопласти) и
- терморективне масе (дуропласти).

Термопластични материјали (термопласти) су материјали са линеарним и разгранатим макромолекуларним структурама. Загревањем до температуре мекшања или топљења не мења своју хемијску структуру, па њихова прерада представља само реверзибилну промену стања. На тим температурама се могу формирати у жељене облике, а загревање и хлађење може се понављати без битних промена основних својстава. Термопласти могу бити аморфни или кристаласти.

Аморфни термопласти, нпр. полиизобутен, тврди поли(винил-хлорид), полистирен, структурно су аморфне (несређене) материје у стаклом стању које изграђују макромолекуле неправилне грађе.

Кристаласти термопласти садрже, осим аморфне, и кристалну фазу. Могу бити: а) кристаласти термопласти с пластичном аморфном фазом (полиетилен, полипропилен, полиоксиметилен); б) кристаласти термопласти са стаклом аморфном фазом (полиамиди, поликарбонати).

Терморективни материјали (дуропласти) јесу пластичне масе с густо просторно умреженом макромолекуларном структуром. Уобичајено се добијају у два корака: у првом кораку настаје реактивна дуромерна смола, углавном вискозна, смоласта маса, која у другом кораку загревањем прелази у свој коначан облик настајањем тродимезионалног макромолекуларног састава, који је нетопљив. Таква структура настаје иреверзибилним умрежавањем линеарних макромолекула ковалентним хемијским везама. Та врста полипласта поседује повећану чврстоћу, а механичка својства, за разлику од термопласта, не зависе од температурних промена. Загревањем на високим температурама дуропласти се не топе, већ се хемијски разграђују пуцањем примарних хемијских веза. Дуропласти су старија врста полипласта.

Од данас коришћених полимерних материјала (преко 10 000 комерцијалних), с масеним уделом од 80 %, доминира група с четири "масовна" пластомера: *PE*, *PP*, *PS* и *PVC*. У табели су обухваћени најчешће коришћени пластомери (табела 1). Наведене ознаке пластомера изведене су из њихових назива на енглеском језику и међународно су прихваћене.

ОЗНАКА	НАЗИВ	ОЗНАКА	НАЗИВ
ABS	акрилнитрил/бутадиен/стирен	PIB	полиизобутилен
PMMA	поли(метил-метакрилат)	CA	целулозни ацетат
POM	поли(оксиметилен)	CN	целулозни нитрат
PP	полипропилен	PPO	поли(фенилен оксид)
PA	полиамид (најлон)	PPS	поли(фенил-сулфид)
PBT	поли(бутилен-терефталат)	PS	полистирен (полистирол)
PC	поликарбонат	PSU	полисулфон
PE	полиетилен	PTFE	поли(тетрафлуор-етилен)
PEEK	поли(етер-етер-кетон)	PVC	поли(винил-хлорид)
PET	поли(етилен-терефталат)	PVDF	поли(винилиден-флуорид)
PI	полиимид	SAN	поли(стирен/акрилонитрил)

Табела 1. Најчешће коришћене термопластичне масе са ознакама

Термопласти који се најчешће користе за израду делова вакуум – термообликовањем су детаљније описани у наредном делу текста.

2.4.1 Полиетилен – PE

Најважније карактеристике:

Полиетилени су нетоксични термопласти, без мириса и укуса, отпорни на уља, масти и многе хемикалије. Флексибилни су, лагани и у танком слоју прозачни. Имају велику жилавост и флексибилност прераде при релативно ниским температурама. На темељу разлика у густини, односно просечној молекулској маси, полиетилен се као технички материјал сврстава у неколико типова:

1. Полиетилен ниске густине (енгл. low density polyethylene, LDPE)
2. Линеарни полиетилен ниске густине (енгл. linear low density polyethylene, LLDPE)
3. Полиетилен високе густине (енгл. high density polyethylene, HDPE)
4. Полетилен ултра високе молекулске масе (енгл. ultra high molecular weight polyethylene, UHMWPE)

Полиетилен ниске густине (LDPE)

Густина полиетилена ниске густине износи од 0,915 до 0,935 g/cm³. Он омекшава већ на температури од 85 до 87 °C, а почиње се топити на ~110 °C. То је жилав материјал високог модула еластичности, воскасте конзистенције и непотпуне прозирности. Прерађује се екструдирањем, дувањем, вакуумирањем, ротоливењем, пресовањем и заваривањем. Тешко се лепи.

Линеарни полиетилен ниске густине (LLDPE)

Линеарни полиетилен ниске густине (LLDPE) настаје кополимеризацијом етилена и додатком 5 до 10% неког од алфа олефина. Најчешће су то 1-бутен, 1-хексен и 1-октен. Тако настаје претежно линеарни макромолекуларни полиетилен с много мањих бочних група. Иако је густина тог типа полиетилена ниска (од 0,917 до 0,935 g/cm³), ипак је он због линеарне структуре сличнији полиетилену високе густине. Његове макромолекуле имају повећан степен кристалности па је повишена и топљивост, а садржи и нека добра својства поетилена ниске и полиетилена високе густине, као нпр. добра жилавост уз несмањену чврстоћу.

Полиетилен високе густине (HDPE)

Полиетилен високе густине има макромолекуле углавном линеарне структуре и врло мале разгранатости, па зато има велики садржај кристалне фазе и већу густину. Његова густина износи од 0,94 до 0,97 g/cm³ док омекшава на температури ~127 °C. Тврдоћа и чврстоћа уопште су му веће од вредности за полиетилен ниске густине. Изразито му је повећана и хемијска постојаност.

Полетилен ултра високе молекулске масе (UHMWPE)

С просечном релативном молекулском масом од $2 \cdot 10^6$ до $6 \cdot 10^6$ и густином од 0,94 g/cm³, врло је цењен као технички материјал. Постојан је према абразији и замору материјала, површина му је глатка, показује велику ударну жилавост и мањи коефицијент трења.

Карактеристика	Jedinica	PELD	PEHD
Густина	g/cm ³	0.915-0.935	0.94-0.97
Затезна чврстоћа	N/mm ²	4.15-14.8	18.7-33
Издужење при кидању	%	90-800	20-130
Отпорност на притисак	N/mm ²		19-25
Затезна ударна жилавост	J/m		25-1000
Модул еластичности	N/mm ²	100-265	415-1250
Модул смицања	N/mm ²	150-350	
Тврдоћа (<i>Shore</i>)		D 40-51	D 60-70
Индекс лома		1.51	1.54
Специфични топлотни капацитет	J/kgK	2.3	2.3
Топлотна проводљивост	W/Kcm	33·10 ⁻⁴	(46-50)·10 ⁻⁴
Коефицијент топлотног ширења	1/K	(10-22)·10 ⁻⁵	(11-13)·10 ⁻⁵
Температура употребе	°C	80/100	110/120
Температура омекшавања	°C	85/87	127
Температура топљења	°C	110	134-141

Табела 2. Важније физичке карактеристике полиетилена

2.4.2 Полипропилен – *PP*

Најважније карактеристике:

Полипропилен има изузетну комбинацију механичких, топлотних и електричних особина. Заузима све значајније место у примени. Полипропилен је безбојан термопласт. У природном стању је прозиран и може се бојити у разне нијансе. Има најнижу густину од свих комерцијалних термопласта. Одликује га велика чврстоћа на истезање, велика тврдоћа површине и велика отпорност на савијање (Табела 3.). Постојан је на високим температурама, код 100°C не омекшава и задржава крутост. Има добре диелектричне способности. Хемијска постојаност *PP* – *a* је одлична чак и при температурама где се неки термопласти не могу користити. *PP* је веома постојан према води. Апсорпција воде након 24 часа је мања од 0,5%. Киселине и базе у концентрованој форми не делују на *PP* чак ни при температури од 60°C. Загревањем на ваздуху *PP* је подложен оксидацији чија је вредност већа што је виша температура. Додавањем различитих пунилаца и стабилизатора развијен је велики број различитих типова *PP* за посебне намене.

Начин прераде:

PP се успешно прерађује пресовањем, екструдирањем (плоче, шипке, профили, цеви, облагање каблова, траке за палете, текстилна влакна), каландрирањем, термоформирањем, ротоливењем, дувањем (дувава амбалажа и шупља тела) и бризгањем. Заварује се ултразвуком.

Примена PP – а:

Значајна је употреба у аутомобилској индустрији, где све више замењује друге материјале. Употребљава се за израду метализираних делова, пресвлака и тепиха, па и виталних делова мотора. У новије време се очекује замена **ABS** – а **PP** – ом, при изради сигурносних појасева, волана и плоча за инструменте. У грађевинарству се употребљава за израду водоводних цеви за хладну и топлу воду. Користи се и за израду делова у електро и радио индустрији.

Карактеристика	Jedinica	PP
Густина	g/cm ³	0.90-0.91
Затезна чврстоћа	N/mm ²	31-41
Издужење при кидању	%	100-600
Отпорност на притисак	N/mm ²	38-55
Затезна ударна жилавост	J/m	21-53
Модул еластичности	N/mm ²	1100-1500
Модул смицања	N/mm ²	800
Тврдоћа (<i>Shore</i>)		R 80-100
Индекс лома		1.49
Специфични топлотни капацитет	J/kgK	2
Топлотна проводљивост	W/Kcm	12·10 ⁻⁴
Коефицијент топлотног ширења	1/K	(8.1-10)·10 ⁻⁵
Температура употребе	°C	max 125
Температура омекшавања	°C	150-155
Температура топљења	°C	160-170

Табела 3. Важније физичке карактеристике полипропилена

2.4.3 Поливинил – хлорид – **PVC**

Најважније карактеристике:

PVC је без адитива тврд и ломљив, а уз додатак адитива (пластификатора) мекан. Отпоран је према воденим растворима, а отпорност према сунцу је задовољавајућа. Отпорност на температуре је мала. Температурно подручје примене **PVC-а** је између -30°C и 80°C. Основна карактеристика **PVC-а** је термопластичност (Табела 4.). деловањем температуре **PVC** постаје све мекши, а на одређеној температури је сличан гуми. Самогасив је, отпоран на хемикалије, хабање, има неограничену могућност бојења, има добру димензиону стабилност и отпоран је на атмосферске утицаје.

PVC је бледо жућкасти материјал без укуса и мириса. Производ полимеризације је прах од кога се даљом прерадом добија тврди и меки **PVC**.

Тврди **PVC** се добија прерадом полимерног праха са малом количином додатака, али без пластификатора. То је тврд и жилав материјал, који се тешко прерађује, али је врло стабилан при атмосферским утицајима, влаге и хемикалије.

Меки **PVC** се добија прерадом основног полимерног праха са додатком пластификатора. Карактеристике квалитета зависе од врсте и количине пластификатора. У односу на тврди **PVC**, меки **PVC** је слабијих механичких карактеристика, мање је отпоран на деловање топлоте, атмосферских услова и хемикалија, али се лакше прерађује, савитљив је и има способност истезања.

Начин прераде:

Највећи део **PVC-а** прерађује се каландрирањем за израду флексибилних фолија, екструдирањем и бризгањем. Заварује се ултразвуком.

Примена PVC-а:

У аутомобилској индустрији за израду пресвлака, готово је потиснуо гуму, асфалт код израде подова, кожу код пресвлака намештаја, као и друге материјале у грађевинарству. У новије време потискује стакло код израде провидних боца. Тврди **PVC** је врло добар изолатор.

Карактеристика	Јединица	PVC тврд	PVC мек
Густина	g/cm ³	1.38-1.56	1.16-1.35
Затезна чврстоћа	N/mm ²	40-60	10-25
Издужење при кидању	%	30-70	250-450
Отпорност на притисак	N/mm ²	55-90	6-12
Затезна ударна жилавост	J/m	20-1000	
Модул еластичности	N/mm ²	2450-4200	
Модул смицања	N/mm ²		
Тврдоћа (<i>Shore</i>)		D 65-85	A 40-100
Индекс лома		1.52-1.55	
Специфични топлотни капацитет	J/kgK	0.8-1.1	1.3-2
Топлотна проводљивост	W/Kcm	(15-20)·10 ⁻⁴	(13-17)·10 ⁻⁴
Коефицијент топлотног ширења	1/K	(5-10)·10 ⁻⁵	(7-25)·10 ⁻⁵
Температура употребе	°C	max 65/80	max 50/75
Температура омекшавања	°C		
Температура топљења	°C	80-85	75-80

Табела 4. Важније физичке карактеристике PVC-а

2.4.4 Поликарбонат – PC

Најважније карактеристике:

Главне карактеристике **PC**-а су висока прозирност (до 90% прозирности стакла), висока отпорност на удар, отпорност на пузање, могућност употребе у широком температурском подручју, димензионална стабилност, добре диелектричне особине и самогасивост. Врло су крути, отпорни на хабање и хемикалије.

Начин прераде:

PC се прерађује бризгањем, дувањем, екструдирањем. Може се лепити, вакуумирати и заваривати. Полупроизводи могу се лако механички обрађивати, такође и метализирати. **PC** има одличне механичке и топлотне особине, као и димензиону стабилност. од посебне важности је сушење овог термопласта и прерада у сувом стању. Гранулат не сме бити прашњав или прљав.

Примена PC-а:

Користи се у пољопривреди, у индустрији воћних сокова (због нешкодљивости у додиру са храном), затим у мерној и техници управљања за показне инструменте, за израду делова за фото-апарате и филмске камере итд.

Карактеристика	Јединица	PC
Густина	g/cm ³	1.2
Затезна чврстоћа	N/mm ²	65
Издужење при кидању	%	110
Отпорност на притисак	N/mm ²	85
Затезна ударна жилавост	J/m	720
Модул еластичности	N/mm ²	2400
Модул смицања	N/mm ²	
Тврдоћа (Rockwell)		M 70
Индекс лома		1.586
Специфични топлотни капацитет	J/kgK	1.3
Топлотна проводљивост	W/Kcm	20*10 ⁻⁴
Коефицијент топлотног ширења	1/K	6.8*10 ⁻⁵
Температура употребе	°C	120
Температура омекшавања	°C	
Температура топљења	°C	170

Табела 4. Важније физичке карактеристике PC-а

2.4.5 Полистирол – *PS*

Најважније карактеристике:

Добија се полимеризацијом стирола. Термопластичан је, безбојан и прозрачан, лако се боји, отпоран је на воду, растворе киселина и база и атмосферске утицаје. На топлоти није довољно постојан. Делови израђени од полистирола почињу да се деформишу на температури од око 80°C (Табела 5.).

Начин прераде:

PS одликује се лаком прерадљивошћу. Прерађује се свим процесима прераде пластомера у температурном опсегу 180 - 250°C, посебно бризгањем, екструдирањем у плоче и филмове, такође и дувањем у предмете различитих облика. Екструдиране плоче од модификованог полистирена могу се лако прерађивати у производе обликовањем у вакууму. Производи од полистирена лако се накнадно обрађују механички, топлотом или заваривањем, а могу се производити у свим бојама и нијансама.

Примена полистирола:

Једна од првих експандованих пластичних маса је пена од полистирола, која је употребљена као замена плути, при паковању, за изолацију и декорацију. У аутомобилској индустрији од полистирола су израђена стакла уређаја за осветљење, сигнална стакла, дугмад, детаљи електроарматура и др.

ABS – Терполимер

Најважније карактеристике:

У поређењу са полистиреном, **ABS** показује велику ударну жилавост, лако се метализира и показује релативно велику постојаност према топлоти. Типови за прехранбену индустрију имају добру хемијску постојаност. **ABS** показује изврсну комбинацију својстава ударне жилавости (чврстоће), крутости, обликовања, постојаности према топлоти и влази (Табела 5.). То је разлог да **ABS** сваким даном налази све већу примену на свим подручјима.

Начин прераде:

ABS се прерађује поступком ињекцијског пресовања, дувањем, екструдирањем, каландровањем, ваљањем, експандирањем. Тако добијени израдци могу се вакуумирати, метализирати, штампати, лепити, ултразвучно заваривати, гравирати и полирати.

Примена ABS-а:

Употребљава се у хемијској, текстилној, електро и аутомобилској индустрији као и изради кућних апарата и уређаја за радио и ТВ, телефоне, играчке, чамце итд.

Карактеристика	Јединица	PS	ABS
Густина	g/cm ³	1.05 – 1.06	1.03 – 1.06
Затезна чврстоћа	N/mm ²	35 - 55	41 - 56
Издужење при кидању	%	1 - 2	5 - 25
Отпорност на притисак	N/mm ²	80 – 110	75 – 85
Затезна ударна жилавост	J/m	13 – 20	160 – 320
Модул еластичности	N/mm ²	2400 – 3300	2000 – 2800
Модул смицања	N/mm ²		
Тврдоћа (<i>Rockwell</i>)		M 65 – 80	R 107 – 115
Индекс лома		1.59	-
Специфични топлотни капацитет	J/kgK	1.3	1.3 – 1.7
Топлотна проводљивост	W/Kcm	(10 ÷ 14)*10 ⁻⁴	(19 ÷ 33)*10 ⁻⁴
Коефицијент топлотног ширења	1/K	(6 ÷ 8)*10 ⁻⁵	(8 ÷ 10)*10 ⁻⁵
Температура употребе	°C	70	75 – 90
Температура омекшавања	°C		
Температура топљења	°C	100 – 105	90 – 100

Табела 5. Важније физичке карактеристике PS-а и ABS-а

2.4.6 Полиметилметакрилат – *PMMA*

Најважније карактеристике:

PMMA је најпрозирнији полимер од свих пластичних маса, осим ***PC***, ***PETP*** и ***PBTP*** уједињује својства крутости и отпорности на старење, чак и онда када је изложен на отвореном. Има добра механичка својства, мало упијање воде, лако се механички обрађује, поседује изврсну постојаност облика, има широку скалу боја. Поседује одличну постојаност према микробиолошком деловању као и према растворима аноrganских соли. Много се употребљава у прехранбеној индустрији јер је без укуса и мириса, односно физиолошки је индиферентан. (Табела 6.)

Начин прераде:

PMMA се обликује ињекцијским пресовањем, ливењем, дувањем и екструдирањем. Плоче се лако вакуумирају и метализирају. Може се лепити и заваривати ултразвуком, а лако се обрађује разним механичким поступцима.

*Примена ***PMMA***:*

Главна му је употреба у изради прозирних плоча, неломивог стакла, светлећих реклама, за каде и туш кабине, у прехранбеној индустрији, у изради украса и техничких производа, играчака и сл. Такође се могу употребљавати у облику раствора или суспензија за лакове, боје, лепак, текстилне апликације, као и у кожарској, папирној и осталим индустријама.

Карактеристика	Jedinica	PMMA
Густина	g/cm ³	1.18
Затезна чврстоћа	N/mm ²	50 – 75
Издужење при кидању	%	5
Отпорност на притисак	N/mm ²	80 – 125
Затезна ударна жилавост	J/m	15 – 30
Модул еластичности	N/mm ²	2600
Модул смицања	N/mm ²	1700
Тврдоћа (<i>Rockwell</i>)		M 85 – 105
Индекс лома		1.491
Специфични топлотни капацитет	J/kgK	1.5
Топлотна проводљивост	W/Kcm	(16 ÷ 24)*10 ⁻⁴
Коефицијент топлотног ширења	1/K	(5 ÷ 9)*10 ⁻⁵
Температура употребе	°C	60 - 90
Температура омекшавања	°C	
Температура топљења	°C	102 - 115

Табела 6. Важније физичке карактеристике PMMA

3. Технологија вакуум – термообликовања

Термообликовање је један од најстаријих и најприменљивијих метода прераде пластичних маса. Делови добијени термообликовањем се налазе свуда око нас и играју важну улогу у нашим животима. То је процес који обухвата широк опсег производа, од најпростијих посуда за паковање до делова који се користе у пилотским кабинама. Такође се користи за прављење прототипова који ће се производити другим процесима.

Процес је у основи исти у сваком случају. Најједноставније термообликовање представља загревање фолије која се ставља преко калупа и посредством подпритиска се даје делу коначан облик.

3.1 Вакуумирање

Вакуумирање је поступак термообликовања којим се даје облик пластичним масама из плоча или фолија. Разлика у односу на горе наведени поступак је та да сада немамо горњи алат, већ функцију обликача преузима атмосферски притисак. Велики развој доживео је тај поступак последњих деценија (проширен је асортиман термопластичних маса и амбалаже).

Предности тог поступка су:

1. Омогућавају производњу великих производа који се другим поступцима не би могли добити, или би то захтевало веома компликоване и скупе алате.

2. Квалитет таквих производа је велики. Непрекидно се изналазе нова подручја нове примене, како производа, тако и овог поступка прераде пластичних маса. Истовремено се појављују нове пластичне масе са побољшаним својствима прераде вакуумирањем.

3. Трошкови алата су осетно нижи од трошкова алата за убризгавање (цена алата је од 15-25% вредности алата за убризгавање производа исте величине). Алат се исплати и код мањих серија.

Поступци вакуум термообликовања термопластичним масама се у суштини не разликују. Разлика је само у томе да неке пластичне масе захтевају посебне услове као нпр. предгрејавање полипропилена код 50 °C.

Главни захтеви поступка су:

1. довољно и једнакомерно омекшавање плоче (фолија) тако да радни притисак може формирати све детаље.
2. материјал - фолија мора бити неосетљива на површинско грејање са инфрацрвеним зрацима.

Вакуумирање је поступак који није конкурентан убризгавању - он га само допуњује. Док се код убризгавања не може постићи дебелина зида тања од 0,4 mm, и површина већа од 1 m², поступак вакуумирања омогућује знатно мање дебљине, као и значајно веће димензије готовог дела.

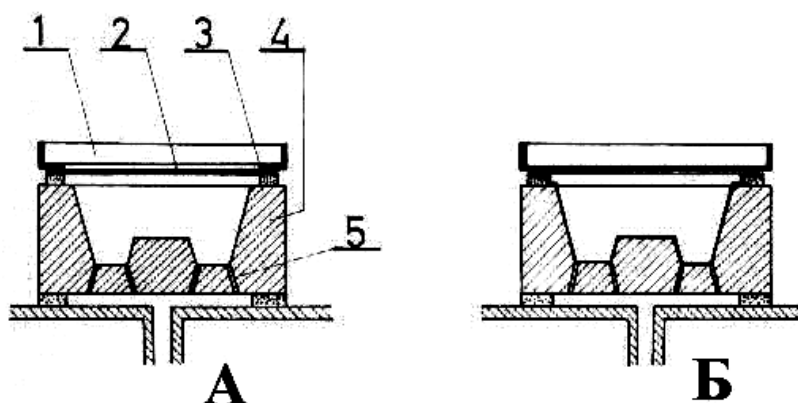
3.2 Поступци вакуум – термообликовања

Код вакуум термообликовања постоји више поступака. Сваки има своје карактеристике које се одражавају на квалитет производа.

Негативно постављени алати (Слика 3.1.) дају производе обликоване по моделу са спољне стране. Разлике у дебљини зида су видне на унутрашњем делу.

А) загрејана фолија је постављена на алат, пре процеса обраде.

Б) посредством вакуум пумпе, кроз канале, ваздух је исисан из простора између фолије и модела, тако да под дејством атмосферског притиска фолија поприма облик модела.



Слика 3.1. Негативно постављени алат

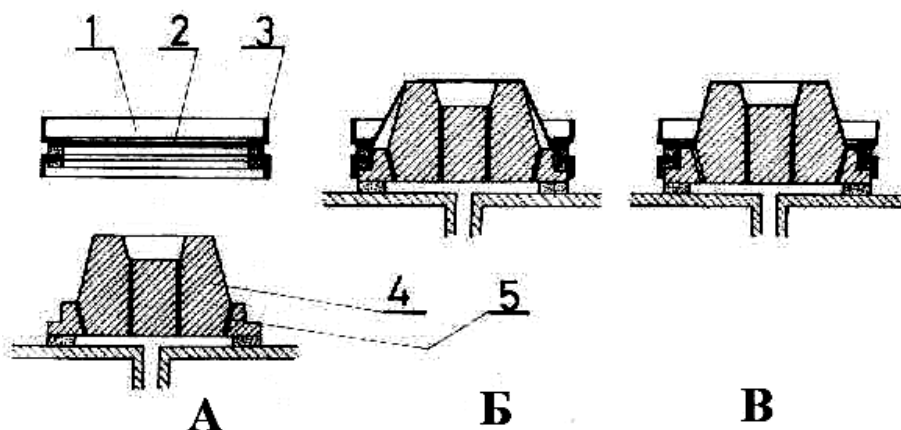
1. Оквир
2. Термопластична маса у облику плоче или фолије
3. Заптивач
4. Алат – модел
5. Канали за ваздух

Позитивно постављени алати (Слика 3.2.) су погодни за све производе средње дебљине са јаким дном и јаким рубовима и угловима.

А) загрејана фолија је постављена на алат, пре обраде.

Б) алат се креће и механички растеже и предообликује фолију.

В) ваздух се исисава између фолије и модела и фолија добија облик модела са унутрашње стране.



Слика 3.2. Позитивно постављени алат и механичко растезање фолије

1. Оквир
2. Фолија
3. Заптивач
4. Модел
5. Канал за ваздух

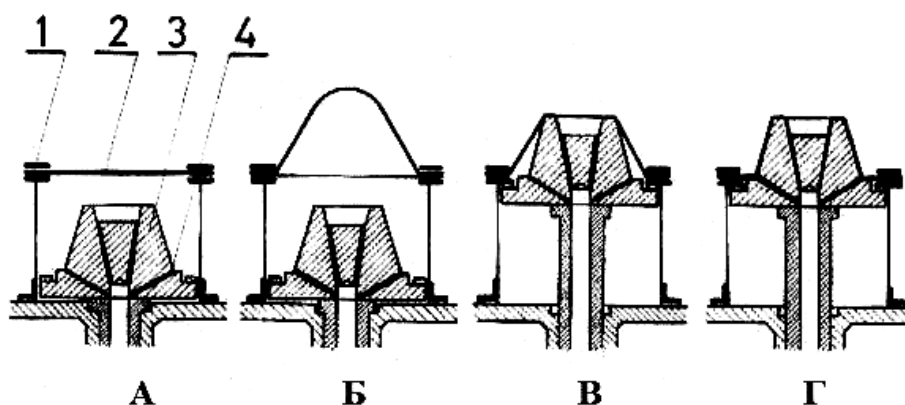
Оптимално једнаке дебљине зида могу се постићи са позитивно постављеним алатом и пнеуматским предрастежањем (Слика 3.3.). Због тога тим поступком израђују се екстремно дубоки производи.

А) загрејана фолија је постављена на алат.

Б) фолија се пнеуматски растеже.

В) алат се креће и предообликује фолију.

Г) ваздух се исисава између фолије и модела и фолија добија облик модела са унутрашње стране.



Слика 3.3. Позитивно постављени алат и пнеуматско растезање фолије

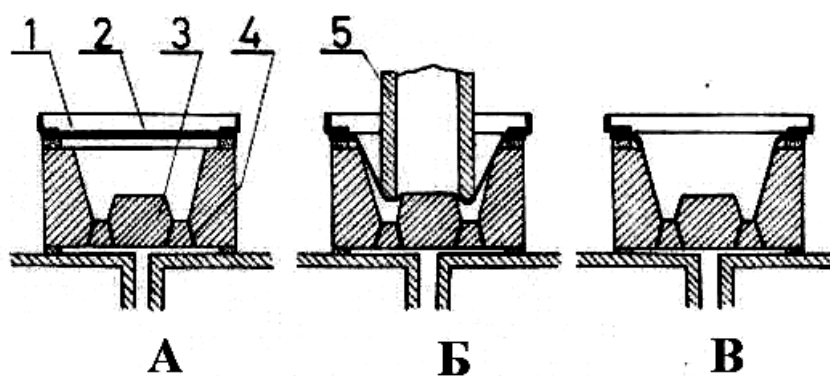
1. Оквир
2. Фолија
3. Модел
4. Канали за ваздух

Негативно постављени алати са механичким предрастезањем (Слика 3.4.) погодни су за вишеделне алате.

А) загрејана фолија је постављена на алат.

Б) фолија се механички предрастеже уређајем за предобликовање.

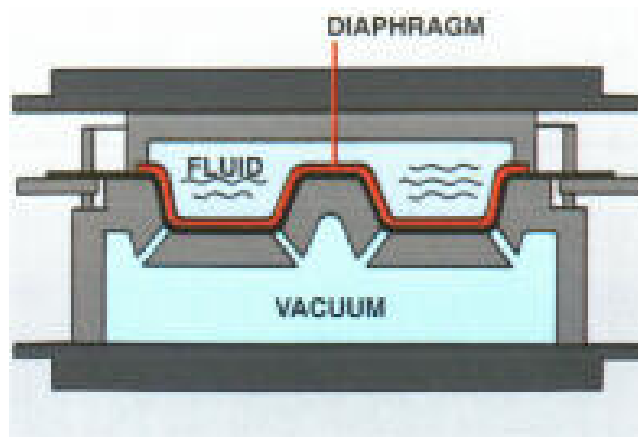
В) ваздух се исисава између фолије и модела и фолија добија облик модела са спољашње стране.



Слика 3.4. Негативно постављени алат и механичко растезање фолије

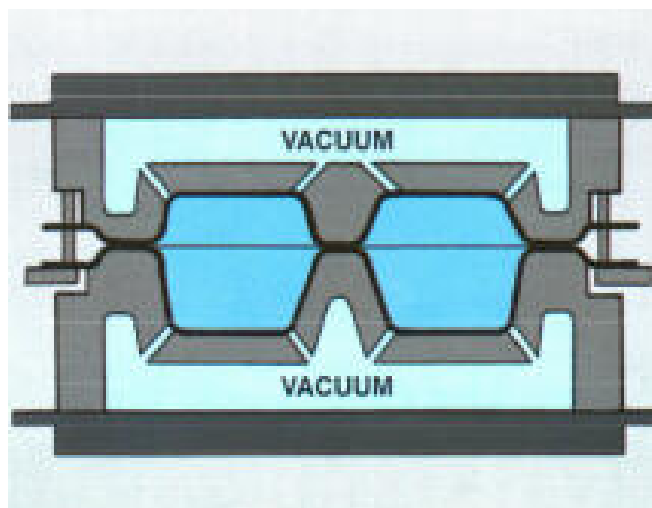
1. Оквир
2. Фолија
3. Модел
4. Канали за ваздух
5. Уређај за предобликовање фолије

Постоје поступци вакумирања са хидрауличним растезањем фолија (Слика 3.5.). Притисак флуида врши истезање фолије и њено обликовање, јер је ваздух између фолије и матрице исисан кроз канале. Овде је алат негативно постављен, дијафрагма има улогу зида између гнезда алата.



Слика 3.5. Истезање фолије помоћу флуида

Поступак формирања затворених контура дат је на слици 3.6. Матрица се састоји из два дела: горњег и доњег. Ваздух се истовремено исисава из оба дела матрице тако да фолија добија облик затворене контуре.



Слика 3.6. Формирање затворених контура

Конструктор алата и производа мора познавати капацитет машине за вакуум термообликовање, дакле осим максималне величине алата, и радне површине машине конструктор мора познавати и капацитет вакуум пумпе. Прорачунава се запремина ваздуха којег пумпа може исисати из простора између модела и фолије, брзина пражњења тог ваздуха и разлика притисака. Радни притисак може бити максимално 9,5 МПа.

4. Проблеми у процесу вакуум-термообликовања

И поред свега што знамо о вакуум – термообликовању, у току процеса постоји могућност појаве одређених проблема који нас спречавају да добијемо производ прихватљивог квалитета. Да бисмо проблеме решили морамо развити метод односно систем по коме можемо поставити дијагнозу и решити проблем.

Прва ствар коју треба урадити је дефинисати проблем. Шта је то погрешно у процесу? Који су то недостаци на предмету? Да би се што лакше дошло до решења поставићемо систем по коме је у левој колони описана ситуација која није прихватљива, а у десној колони се налазе потенцијални предлози који ће помоћи у решавању проблема.

Опис проблема	Могући узрок	Начини решавања
Мехури	• Влага.	• Претходно сушење.
		• Споро загревање на температуру за обликовање.
		• Заштитити од влаге.
	• Прекомерно загревање фолије.	• Снизити температуру обликовања.
	• Пребрзо загревање фолије.	• Смањити температуру грејача. Не треба да прелази 510°C.
		• Повећати растојање између грејача и фолије.
	• Неравномерно загревање фолије.	• Проверити делове пећи који се прегревају.
	• Загревање осетљивог материјала.	• Проверити температурне параметре сировине.

Стањење	Облик предмета.	- Коефицијент извлачења је превелики започетну дебљину фолије. - Предмет има специфичне области у којима је коеф. извлачења већи у односу на остатак предмета.
	Фолија је сувише танка.	Повећати дебљину фолије.
	Неравномерна температура фолије.	- Проверити струјање ваздуха у пећи. - Проверити грејач, може бити неисправан. - Проверити да ли варира дебљина фолије.
	Техника обликовања.	Испитати где је део најтањи и које технике обликовања би биле најбоље.
	Лош квалитет фолије, коеф. топљења може бити низак.	Анализити физичке особине фолије.
Промена боје	Температура обликовања је превисока.	Снизити температуру обликовања.
	Додавање пигмента је слабо.	Повећати количину пигмента.
	Претопле области пећи.	Проверити грејач.
Премошћавање или стварање мреже	Лош облик калупа.	- Преправити калуп. - Користити прстен за елиминисање мреже. - Смањити брзину вакуума.

	• Нетачна температура фолије.	• Углови могу бити претопли. • Или сувише хладни.
	• Велико улегнуће фолије.	• Прекинути загревање фолије за обликовање. • Изабрати материјал са нижим индексом топљења.
	• Превелика брзина вакуумирања.	• Смањити брзину. • Користити мање отворе за вакуум. • Ограничити проток вакуума са вентилом.
	• Недовољан вакуум.	• Проверити вакуумски систем на цурење. • Повећати број вакуумских рупа. • Селективно повећавати величине рупа.
Фолија се извлачи из стеге	• Деформисан облик стеге.	• Ставити папир у стегу и проверити да ли се извлачи.
	• Притисак стеге је премали.	• Цурење на рам стеге. • Ваздушни притисак на стегу је подешен на нижи ниво.
	• Висока скупљања у фолији.	• Ставити двострано лепљиву траку са шмирглом на раму стеге. • Ако је могуће, контролисати оріјентацију фолије.

Чворићи и испупчења	• Запрљаност фолије.	• Направити попречни пресек чворића и ако се разликује од пластичне основе, проблем је са екструдером.
	• Некомпатибилна пластика умешана у фолију.	• Проверити некомпатибилне чворове са инфрацрвеним тестом. • Проверити боју чворића са остатком фолије.
	• Капљице воде на загрејаној фолији.	• Направити попречни пресек чворића и проверити компатибилност.
	• Испупчења на калупу.	• Погледати страну фолије која је до калупа.
	• Отпаци на калупу.	• Проверити задњу страну формираног дела да ли су отпаци утиснути у део.
Испирање текстуре	• Квалитет цртежа на предмету је превише сјајан.	• Размотрити дубљу текстуру.
	• Фолија је превише загрејана, нарочито на делу где је текстура.	• Искључити грејаче на страни где се налази текстура у пећи. • Смањити укупну топлоту на фолији. • Засенчити одређене обласит на фолији да буду хладније и мање подложне стањењу.
Разлагање текстуре	• Текстура превише дубока за почињање стањења фолије.	• Променити текстуру.

	• Текстура има дубоке бразде у моделу.	• Променити текстуру. • Материјал који се користи може имати лошу грејну чврстоћу и мора се узети други материјал. • Прекомерно скупљање екструдираних фолије.
Фолија не може да стане у стегу рама	• Фолија није танка.	• Поставити додатну тежину на савијене области преко рама. • Претходно загрејати фолију због уклањања оптерећења.
Линије течења на производу	• Конци у фолији.	• Поновити.
	• Лоше вођење на екструдеру.	• Користити материјал на добром екструдеру. • Одабрати дубљу текстуру.
	• Коефицијент топљења смоле је неравномеран (нестабилан).	• Боље промешати смолу.
	• Линије на супротној страни фолије.	• Поновити. • Фолију у пећи заграјати на нижој температури. • Одабрати дубљу текстуру.
Замрљана текстура аморфних материјала	• Превише загрејано, нарочито код ПВЦ-а.	• Снизити температуру формирања. • Одабрати бољу текстуру. Неке текстуре косе могу утицати код ПВЦ-а.
	• Скупљање у високој пећи.	• Проверити скупљање и одржавати га у границама.

Замрљана текстура олефинских материјала	• Лош контакт калупа.	• Пескарена површина калупа.
	• Неравномерно хлађење на калупу.	• Контролисати температуру калупа. • Проверити отворе за хлађење.
Неконзистентан део	• Неравномерно загревање фолије.	• Проверити ваздушне отворе у пећи. • Проверити фолију за варијације у мерењу. • Проверити излазну снагу.
	• Лош састав фолије.	• Урадити ИЦ или Брабендер тест за одређивање густине материјала.
	• Део је компликован за обликовање датом техником.	• Променити технику која је коришћена.
Искривљени делови	• Делови се хладе неуједначено.	• Контролисати температуру. • Проверити термометар алата за проток воде. • Проверити да ли се фолија добро превукла преко калупа. Важно у формирању олефина. • Проверити места за вентилаторе. • Проверити прикључне рупе за вакуум.
	• Калуп је сувише хладан.	• Претходно загрејати калуп.
	• Стега је сувише хладна.	• Претходно загрејати стегу. Важно за формирање олефина.

	Висока температура вађења дела из калупа.	- Повећати време хлађења. - Смањити температуру формирања. - Поставити више вентилатора за хлађење дела.
	Прегрејана фолија, материјал се сувише опушта.	Скратити време загревања фолије у пећи.
	Лоше израђен калуп.	- Проверити прикључне рупе за вакуум. - Направити више вакуумских рупа. - Користити алтернативне технике обликовања. - Ишмирглати калуп у случају олефина.
	Лоша израда дела.	- Избегавати велике равне површине. “Крунисати” део ако је могуће. - Избегавати високе коефицијенте извлачења. - Поставити ребра или променити дизајн на равним подручјима.
Лоши детаљи на делу	Фолија је превише хладна.	- Повећати време загревања у пећи. - Повећати температуру грејача. - Проверити конзистентност пећи. - Проверити могуће отворе на пећи.

	• Недовољан вакуум.	• Проверити цурења у вакуумском систему. • Проверити да ли систем обезбеђује довољан вакуум. • Проверити да ли калуп има добро заптивање. • Проверити да ли су отвори за вакуум зачепљени. • Проверити да ли има довољно вакуумских рупа. • Проверити распоред рупа и њихову величину.
	• Хладан рам за стезање.	• Загрејати стегу због бољег заптивања.
	• Погрешна техника формирања.	• Променити технику у зависности од геометрије дела. • Искористити додатни притискивач ради боље расподеле материјала и вакуумског деловања.
	• Превелика чврстоћа материјала.	• Изабрати материјал мање чврстоће. • Користити технику формирања притиском.
	• Пластика је превише густа у областима са лошим детаљима.	• Користити другу технику ради боље расподеле материјала. • Више загрејати област где је дебља фолија.
Лоша површина финалног производа	• Површина калупа је груба.	• Исполирати површину калупа. • Ишмирглати површину калупа.

• Хладне ознаке.	• Набавити термометар. • Више загрејати калуп. • Променити технику да се елиминишу хладне ознаке. Подесити дубину ознаке.
• Површина калупа ствара превише трења.	• Исполирати површину на одређеним местима. • Подмазати калуп у тим подричјима.
• Заробљавање ваздуха између калупа и формиланог предмета.	• Направити више рупа за вакуум. • Ишмирглати површину калупа.
• Прљава фолија.	• Очистити фолију изопропил алкохолом или дејонизујућим ваздухом.
• Прљав калуп.	• Очистити калуп са ваздухом или механичким средством.
• Прљавштина и честице у ваздуху (атмосфери).	• Ставити систем за филтрацију. • Детаљно очистити зону термоформирања. • Изоловати зону термоформирања.
• Контаминирана фолија.	• Обрисати фолију пре стављања у термоформер. • Одвојити лист фолије који је контаминиран.
• Празнине.	• Заобићи те области колико је то могуће.
• Огребана фолија.	• Међулист фолије. Пажљиво руковати.

		• Избећи превлачење фолије преко површине са текстуром.
	• Нијансе.	• Проверити са чим се чисти фолија пре стављања у термоформер. • Пигмент није распршен у фолији. • Лоше мешање током екструзије. Замени материјал. • Прљавштина утиснута на ролни у току процеса екструдирања. Очистити текстуру ролне.
	• Песак и прљавштина у ваздуху.	• Одржавати зону термоформирања чистом. Ставити систем за филтрирање ако је неопходно.
Рупице на предмету на страни до калупа	• Вакуумски отвори су превелики.	• Смањити величину отвора за ваздух.
	• Фолија је претопла.	• Подесити време загревања или смањити температуру пећи.
	• Прљавштина или крхотине на површини калупа.	• Чистити калуп периодично у току формирања.
	• Велика снага вакуума.	• Смањити јачину вакуума.
Губитак боје или бељење или црвењење	• Фолија је сувише хладна.	• Загрејати фолију на већу температуру пре обликовања.
	• Фолија је сувише топла.	• Искључити загревање да се избегне губитак боје.

		• Подесити температуру грејача да се избегне презагрејаност површине. • Подесити растојање грејача у односу на фолију која се загрева.
	• Предмет је сувише танак.	• Повећати дебљину фолије. • Променики технику обликовања да се повећа дебљина. • Искључити грејаче на местима где се фолија стањује.
	• Калуп је сувише хладан.	• Повећати температуру калупа.
	• Лош дизајн калупа.	• Променили углове нагиба. • Повећати заобљења. • Променили геометрију калупа.
Лоше течење материјала и/или претерано стањење у појединим областима	• Неједнако загревање фолије.	• Проверити грејаче да ли су правилно подешени. • Проверити да ли има неисправних грејача. • Проверити ваздушна струјања или отворе на пећи. • Заклонити пећ ако није могуће зонирање елемента. • Проверити да ли су елементи сувише близу пластици.
	• Превелики број разлика у фолији.	• Измерити фолију.

	• Хладан калуп.	• Повећати температуру калупа. • Проверити да ли је калуп прикључен на воду.
	• Превелика улегања.	• Снизити температуру фолије. • Користећи зонско загревање снизити температуру у средишту фолије.
Сјајне пруге на предмету	• Фолија је претопла у појединим тачкама.	• Контролисати температуру у врућим зонама фолије искључивањем грејача у одређеним областима. • Повећати растојање између грејача и фолије. • Преконтролисати пећ да ли се топлота расипа равномерно. • Проверити необликовану фолију на сјајне тачке.
Истањењи углови на готовом делу	• Фолија је претанка.	• Користити дебљу фолију.
	• Лоше течење материјала.	• Редуковати температуру обликовања фолије. • Променити технику обликовања због бољег течења. • Променити калуп из негативног у позитивни облик.
	• Температура фолије у угловима је превисока.	• Проверити температуру у грејној зони.

Прекомерно скупљање после вађења дела из калупа	• Неадекватно хлађење.	• Повећати време хлађења. • Подесити температуру калупа. • Користити бољи вентил за хлађење. • Поставити вентилаторе на више места. • Користити стабилно хлађење.
Скупљене области на делу	• Лоше налегање ивице калупа.	• Поправити или побољшати налегање ивица. • Ставити у канал на калупу.
	• Површина калупа је превише глатка.	• Пескарењем финиширати калуп.
	• Неадекватан вакуум.	• Проверити калуп и систем вакуума да ли има цурења. • Повећати јачину вакуума. • Проверити отворе за вакуум. • Додати или повећати отворе за вакуум ако је потребно.
Отежано скидање дела са калупа	• Недовољни нагиби на позитивном делу калупа.	• Повећати нагибе. • Склонити део са калупа док је топао уколико је могуће без кривљења.
	• Позитивни део калупа је превише хладан.	• Повећати температуру калупа да би се део сачувао од претераног хлађења.

	Површина калупа је сувише груба за угао нагиба.	- Лагано скинути калуп са области за закључавање. - Подмазати калуп на местима где се закључава.
	Ваздух за избацивање је слаб или не траје довољно дуго.	- Повећати или продужити деловање ваздуха за избацивање. - Додати више вакуумских рупа.
	Погешан материјал калупа се користи за потребне нагибне углове.	- Променити материјал калупа. - Користити одговарајуће подмазивање калупа.
	Подсецање на калупу је сувише тешко.	- Променити величину подсецања. - Повећати притисак за избацивање. - Склонити део са калупа раније у тренутку хлађења. - Ставити калуп у преклопни оквир. - Ставити померљиве делове на калуп који се могу склонити после обликовања. - Користити обраду калупа која одговара.
Губитак снаге вакуума	Заптивање на калупу је лоше.	Поправити заптивање.
	Материјал није стабилан у стеги рама.	Поправити стегу или ставити чивије због бољег пријањања.
	Стега је сувише хладна.	Претходно загрејати стегу.

	• Стега није правилно подешена или не врши довољно стезање по ивици калупа.	• Подесити стегу правилно.
Фолија се разлива током обликовања	• Лош облик калупа.	• Размотрити промену геометрије калупа. • Променити технику обликовања. • Повећати заобљења на предмету.
	• Фолија је превише загрејана пре обликовања.	• Искључити загревање. • Смањити температуру грејача нарочито у одређеним областима. • Проверити вруће тачке на фолији.
	• Лоше течење материјала.	• Проверити фолију на неуједначену дебљину. • Проверити неуједначено загревање.
Пластична фолија се лепи за држач	• Температура држача је превисока.	• Смањити температуру држача. • Прекрити држач изолационим материјалом. • Користити отпуштање калупа од држача.
	• Погрешан материјал се користи за држач.	• Променити материјал у одговарајући. • Прекрити држач са изолационим материјалом.
Прекомерно увијање фолије	• Фолија је превише загрејана.	• Смањити време загревања. • Смањити температуру грејача.

	• Лоше подношење топлоте пластичне фолије.	• Користити други материјал.
	• Површина фолије је превелика у односу на дубину извлачења.	• Користити заклањање да се смањи загревање у средишту фолије. • Променити технику обликовања.
Ниво увијања варира од фолије до фолије	• Температура фолије варира.	• Проверити нагибе у пећи. • Проверити варирање снаге. • Коефицијент топљења пластике је нестабилан.
	• Неправилно млевење.	• Избегавати мешање фолије различитих коефицијената топљења. • Избегавати коришћење фолије која има преосталог постојања. • Контролисати квалитет рециклирања фолије.
Висина или дубина неравнина варира	• Температура фолије је неравномерна.	• Проверити кућиште грејача. • Проверити снагу грејача да ли варира. • Проверити да ли грејни елементи функционишу правилно. • Прегледати пећ мерењем температуре у датим областима фолије.

	• Вакум или ваздух цури кроз кутију или заптивну ивицу.	• Проверити заптивање у кутији.
	• Ваздушни притисак или снага вакуума је превелика за величину кутије.	• Ускладити снагу вакуума или ваздушни притисак да би се смањила осетљивост на неравнине (проширити обрадни простор).
Бељење фолије	• Фолија је сувише хладна.	• Повећати време загревања. • Повећати температуру грејача.
	• Фолија је истегнута изнад тачке пластичности.	• Променити технику обликовања. • Редизајнирати део.
Део пуца током века трајања	• Део је сувише танак у одређеним зонама.	• Повећати дебљину фолије. • Користити додатне држаче да би материјал боље текао. • Попунити танка подручја задње стране са епоксидном смолом. • Размотрити промену технике обликовања.
	• Лош дизајн предмета.	• Размотрити промену облика дела. • Повећати заобљења у оштрим областима на делу.
	• Део је обликован хладан.	• Повећати температуру обликовања предмета.
	• Део није правилно монтиран или је неправилно причвршћен на друге објекте.	• Проверити технику склапања да се прегледа да ли је добро монтирано.

	• Лош одабир материјала.	• Проверити да ли су физичке карактеристике одабраног материјала одговарајуће за производњу дела.
Делови су крти	• Неправилна температура хлађења на калупу.	• Проверит да ли је калуп сувише хладан. Повећати температуру калупа. • Проверити да ли је хлађење калупа нагло, ако јесте јавља се магљење.
	• Пластика се загреје превише и пребрзо.	• Проверити да ли се површина пластике угљенисала и смањити температуру грејача.
	• Мазиво на калупу је неодговарајуће за пластику која се користи.	• Променити мазиво.
	• Део је чишћен са штетним хемијским средством у току паковања.	• Проверити средство за чишћење које се користи.
Равна површина није равна	• Равна површина на клупу није правилно ојачана. Уље се скупља током вакуумског процеса.	• Проверити крутост и трајност калупа.
Бразде или линије у делу	• Урезане линије на пластици.	• Поновити процес. • Обликовати пластику на хладнијој температури.
Пластика се разлива током загревања или обликовања	• Лош коефицијент топлоте пластике.	• Изабрати одговарајућу пластику.

• Пластика је делимично спаљена током екструзије.	• Тестирати вискозност материјала. Поновити са одговарајућим материјалом ако је неопходно.
• Мешовит састав фолије.	• Користити само одговарајући састав. • Користити рециклирану фолију доброг квалитета.
• Зрнаста текстура је предубока за дебљину за коју се користи.	• Одабрати текстуру која се неће одвајати током процеса загревања.

5. Машине за вакуум – термообликовање

Машине за вакуум – термообликовање врше обраду термопластичних материјала разлиитих димензија и различите дебљине. Материјал који се користи може да буде намотан у ролне, а може да буде и у облику плоча, а материјали могу бити: *PP, PS, HIPS, PET, PLA, PVC*.

MEAF Machines (www.meaf.com) је компанија која производи опрему за индустрију пластике већ више од шест деценија и за то време се позиционирала као специјалиста у прављењу веома робусних и компактних линија за екструдирање фолије, машина за термообликовање и помоћне опреме која испуњава специјалне захтеве купаца. Предности због којих настоје да испуне захтеве и потребе корисницима су: преко 60 година искуства, могућности пролагођавања према техничким и просторним захтевима купаца, континуирано истраживање и развој рада, блиска сарадња са произвођачима сировина, решавање проблема и услуге након продаје широм света и помагање клијентима са сваким кораком у процесу, чак и у годинама после куповине машине.

Главне операције које се изводе на овим машинама су:

1. загревање,
2. обликовање помоћу вакуума и
3. хлађење готовог облика.

На слици 5.1 приказано је неколико примера производа добијених на овим машинама.



Слика 5.1. Готови производи

KMS600

KMS600 је термоформинг машина високог капацитета намењена предузећима која захтевају велике капацитете, са 3 до 5 редова калупа. МЕАФ-ова термоформинг машина *KMS600* комбинује технологију опуштања са линеарно вођеним погоном, што чини *KMS600* поузданом, јефтином за одржавање и издржљивом машином. Идеална је за средња и велика предузећа која захтевају већи капацитет (до 70000 комада/х) и ефикасност.



Техничке карактеристике машине:

• Материјал	PP, PS, HIPS, PET, PLA, PVC
• Ширина фолије	640 mm
• Дебљина фолије	0,3 – 1,9 mm
• Максимална димензија алата	600x350 mm
• Висина модела	5 – 180 mm
• Напон	400V, 201A, 50Hz
• Снага	65 kW
• Горњи грејач	32 kW
• Доњи грејач	34 kW
• Проток ваздуха приближно	2 m ³ /h
• Притисак ваздуха	6 – 8 bar
• Проток воде за хлађење	3 m ³ /h темп. 6 – 15°C
• Притисак воде за хлађење	3 – 5 bar

BMS700

BMS700 је термоформинг машина средње величине, која је дизајнирана за предузећа која захтевају додатну количину производа, са једноредним или дворедним калупом. *BMS700* комбинује рад калупа са серво мотором, што машину чини поузданом, са јефтиним одржавањем и издржљивом. Идеална је за мања и средња предузећа која захтевају већи производни капацитет (максимално 25000 комада/х) и ефикасност.



Техничке карактеристике машине:

• Материјал	PP, PS, HIPS, PET, PLA, PVC
• Ширина фолије	770 mm
• Дебљина фолије	0,3 – 1,9 mm
• Максимална димензија алата	700 – 740x300 mm
• Висина модела	5 – 150 mm
• Напон	400V, 160A, 50Hz
• Снага	90 kW
• Горњи грејач	36 kW
• Доњи грејач	31 kW
• Проток ваздуха приближно	250 – 425 m ³ /h
• Притисак ваздуха	6 – 8 bar
• Проток воде за хлађење	8 – 12.5 m ³ /h темп. 8 – 15°C
• Притисак воде за хлађење	4 – 5 bar

BMS500

BMS500 је термоформинг машина предвиђена за предузећа која захтевају мањи капацитет, са једноредним калупом. Такође, може бити идеална за мању производњу или пробни рад.

BMS500 машина комбинује рад калупа са серво мотором, што чини машину поузданом, јефтином за одржавање и издржљивом. Идеална је за мала и средња предузећа, капацитета до 25000 комада/х.



Техничке карактеристике машине:

• Материјал	PP, PS, HIPS, PLA, PVC
• Ширина фолије	550 mm PS, HIPS, PLA, PVC 496 mm PP
• Дебљина фолије	0,3 – 1,8 mm
• Максимална димензија алата	514x300 mm PS, HIPS, PLA, PVC 460x300 mm PP
• Висина модела	5 – 150 mm
• Напон	400V, 80A, 50Hz
• Снага	43 kW
• Горњи грејач	16,8 kW
• Доњи грејач	11,2 kW
• Проток ваздуха приближно	180 – 200 m ³ /h
• Протисак ваздуха	6 – 8 bar
• Проток воде за хлађење	4,5 – 5.5 m ³ /h темп. 8 – 15°C
• Притисак воде за хлађење	3 – 5 bar

CM420

CM420 машина је предвиђена за мали и средњи обим производње, са дворедним калупом за средњи обим производње (максимално до 15000 комада/х) и са једноредним калупом за мали обим производње.

CM420 обједињује технологију подижућег калупа са директним слагањем са калупа, што чини машину поузданом, издржљивом и јефтином за одржавање. Посебно за компаније чији су производи лагани и/или компликованог дизајна, CM420 може бити идеално решење.



Техничке карактеристике машине:

- | | |
|------------------------------|--|
| • Материјал | PP, PS, HIPS, PLA, PVC |
| • Ширина фолије | 460 mm – PS, HIPS, PLA, PVC
420 mm – PP |
| • Дебљина фолије | 0,3 – 1,9 mm |
| • Максимална димензија алата | 420 x 250 mm – PS, HIPS, PLA, PVC
380 x 250 mm – PP |
| • Висина модела | max 140 mm |
| • Напон | 400V, 100A, 50Hz |
| • Снага | 65 kW |
| • Горњи грејач | 32 kW |
| • Доњи грејач | 19 kW |
| • Проток ваздуха приближно | 0,5 m ³ po ciklusu |
| • Притисак ваздуха | 6 – 8 bar |
| • Проток воде за хлађење | 4,5 m ³ /h temp. 6 – 15°C |
| • Притисак воде за хлађење | 3,5 – 4 bar |

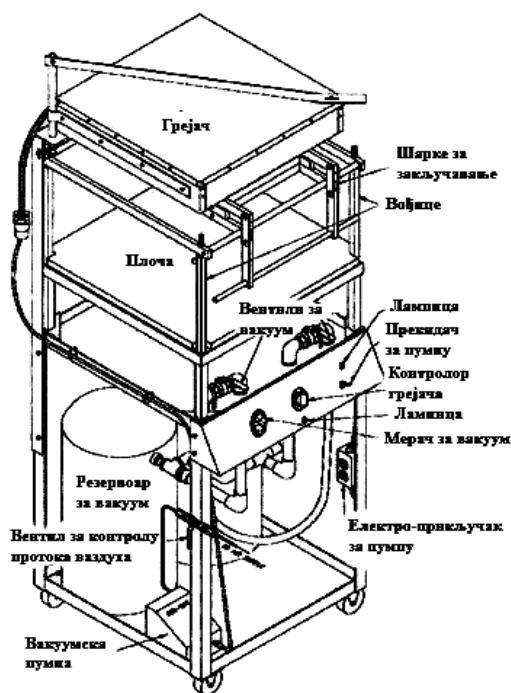
6. Пример пројектовања машине за вакуум – термообликовање

Поред основног упознавања са пластичним масама и са поступком вакуум – термообликовања, у овом делу дипломског рада потребно је урадити моделирање простије машине за вакуум – термообликовање. Биће приказани основни делови машине. Као пример машине коришћена је машина за вакуум – термоформирање од Винсента Цинцерија (Слика 6.1.).

Машина користи грејач од 120V, могуће је обликовати фолију димензије 300 x 420 mm, дебљине 6 mm и има могућност коришћења позитивног и негативног калупа. Користи ваздушну пумпу за стварање вакуума, али може се употребити и електрична пумпа. Машина је постављена на точкиће тако да је омогућено њено лако премештање са једног места на друго, а подесиви носач омогућава коришћење калупа различитих величина.

Направљена је као рам од челичних угаоних профила. Доње постоље је довољно велико да издржи два четрдесетолитарска вакуумска резервоара и вакуумску пумпу. Резервоари се могу мењати у зависности од потребе.

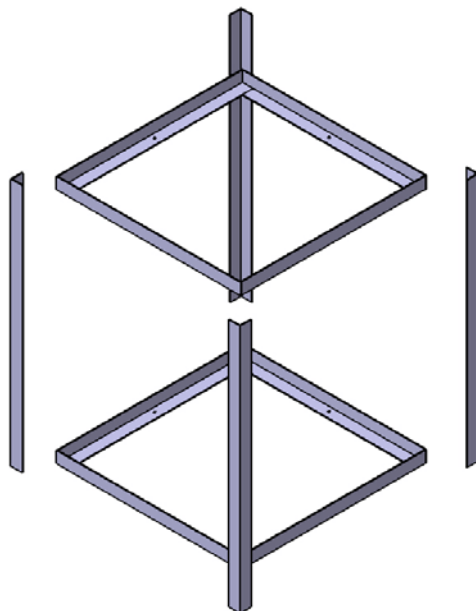
Контролни панел садржи вакуумски мерач, прекидач са потенциометром за контролу температуре грејача и светлосну лампицу тј. показивач активности грејача.



Слика 6.1. Машина за вакуум - термообликовање

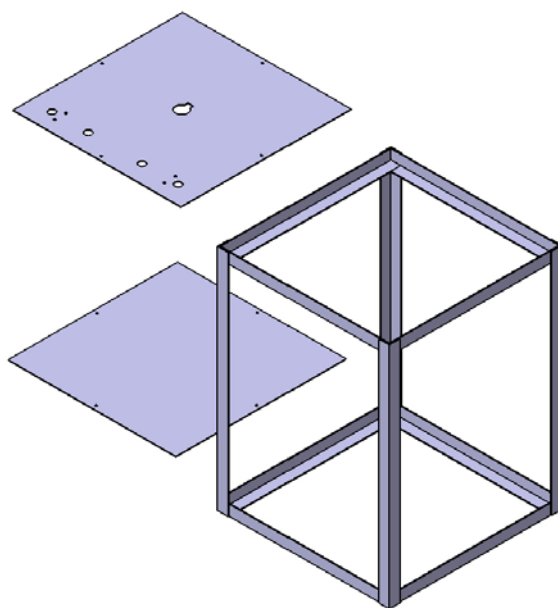
6.1 Постоље машине

За постоље машине које је састављено од горњег и доњег рама и 4 ногара конструисани су делови у облику угаоног челичног профила L 35 x 35. Сви делови се спајају заваривањем (Слика 6.2.).



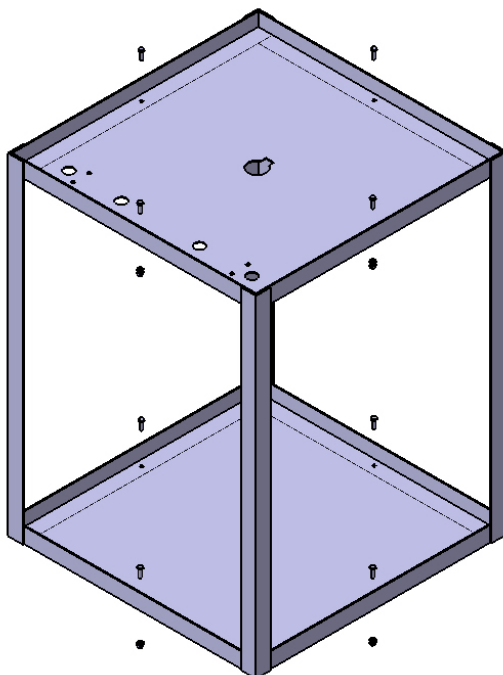
Слика 6.2.

Плоче које се стављају у рамове су од лима дебљине 2 – 3 mm. Плоча која се смешта у доњи рам је без отвора, а плоча у горњем раму има на себи отворе (Слика 6.3.).



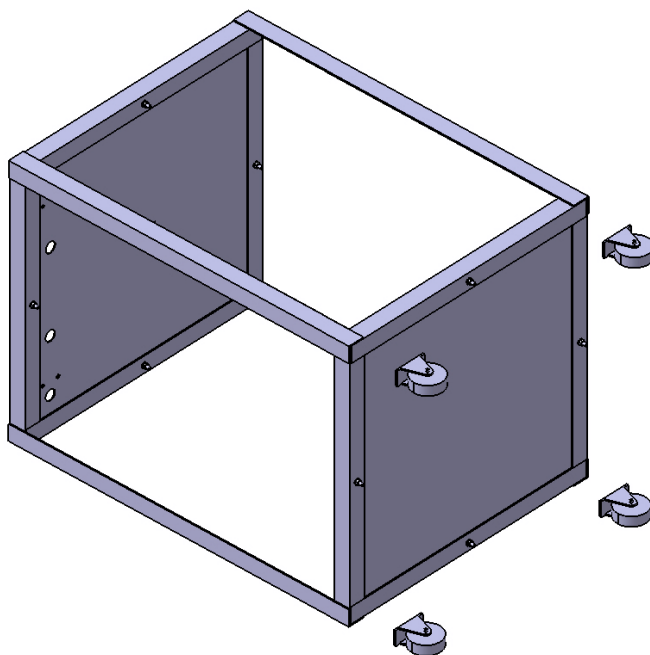
Слика 6.3.

Плоче се помоћу завртњева, навртки и подлошки везују за рамове (Слика 6.4.).



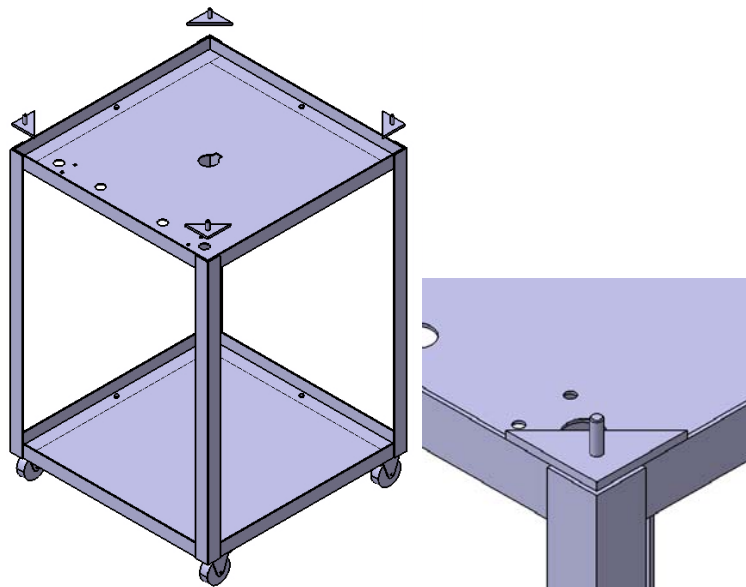
Слика 6.4.

Ради лакше покретљивости машине, за постоље машине се везују точкићи, два пара, окретни и фиксирани (Слика 6.5.).



Слика 6.5.

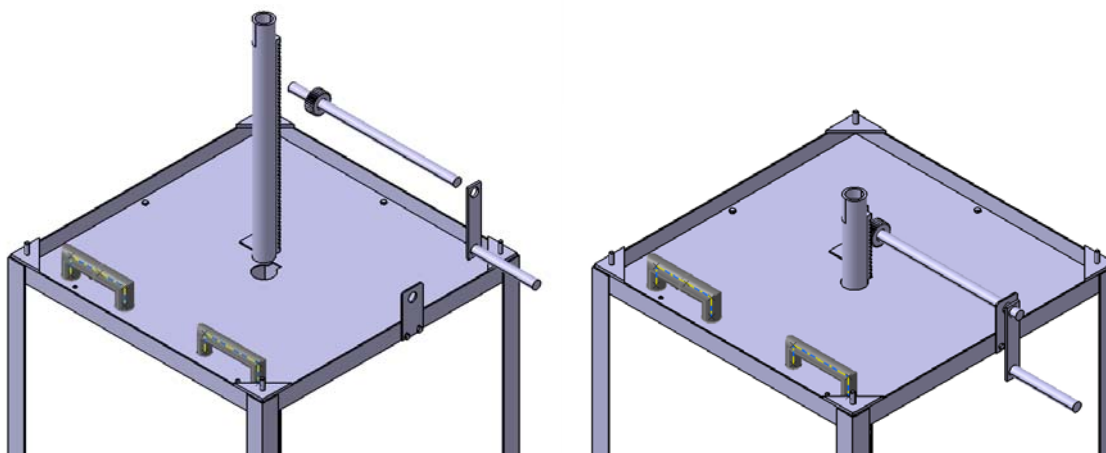
На углове горњег рама се заварују угаони држачи са завртњевима (Слика 6.6.).



Слика 6.6.

6.2 Дизалица и вентили

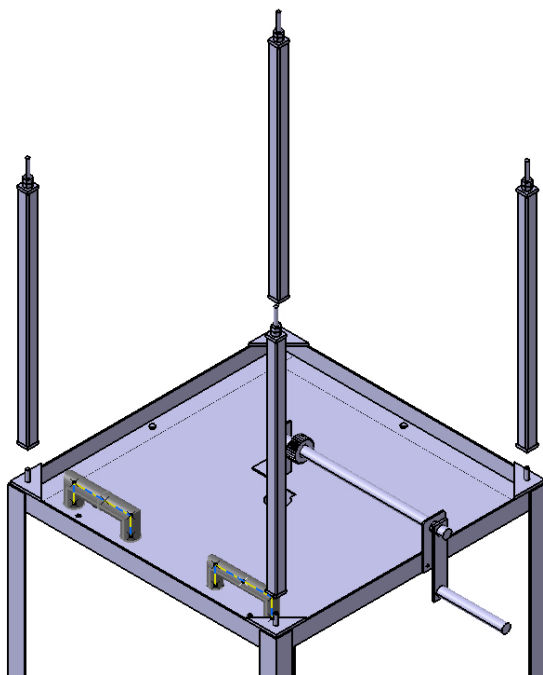
За дизалицу је потребна цев на коју је заварена зупчаста летва. Затим, зупчаник који је везан за вратило и који је у спреси са зупчастом летвом. Да би дизалица вршила своју функцију потребна је и ручица која је везана за вратило и чијим се окретањем врши вертикално кретање. На горњој плочи се монтирају и два куглична вентила као што је приказано на слици (Слика 6.7.).



Слика 6.7.

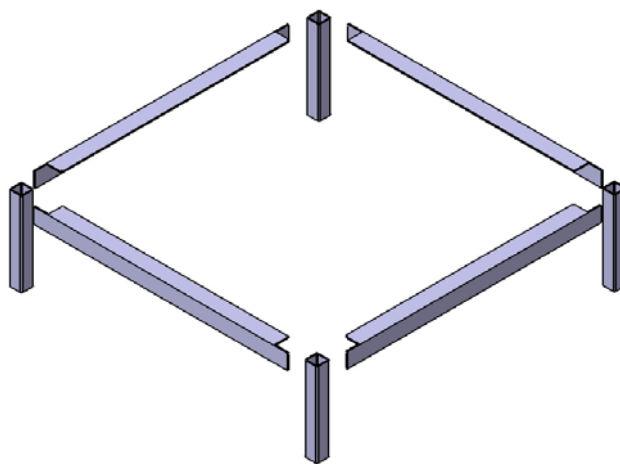
6.3 Носач плоче

Носач плоче се креће по непокретним стубовима. Направљени су од квадратних цеви 25 x 25 mm, и дужине 500 mm, на чијим крајевима су заварене капице са завојним отвором. Монтирају се на угаоне држаче привијањем (Слика 6.8.).



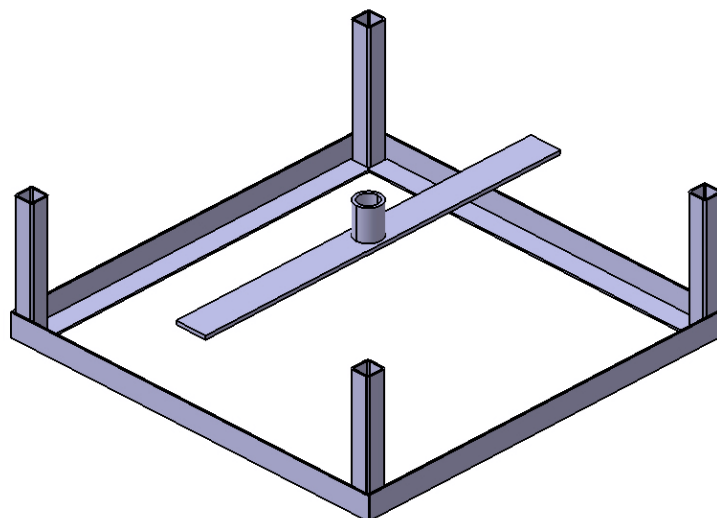
Слика 6.8.

Носач плоче се може кретати по вођицама јер су ногари носача четвртасте цеви, димензија 30 x 30 mm и дужине 200 mm, које клизају по вођицама. Ногари су заварени за рам носача који је израђен од угаоног челичног профила L 35 x 35 (Слика 6.9.).

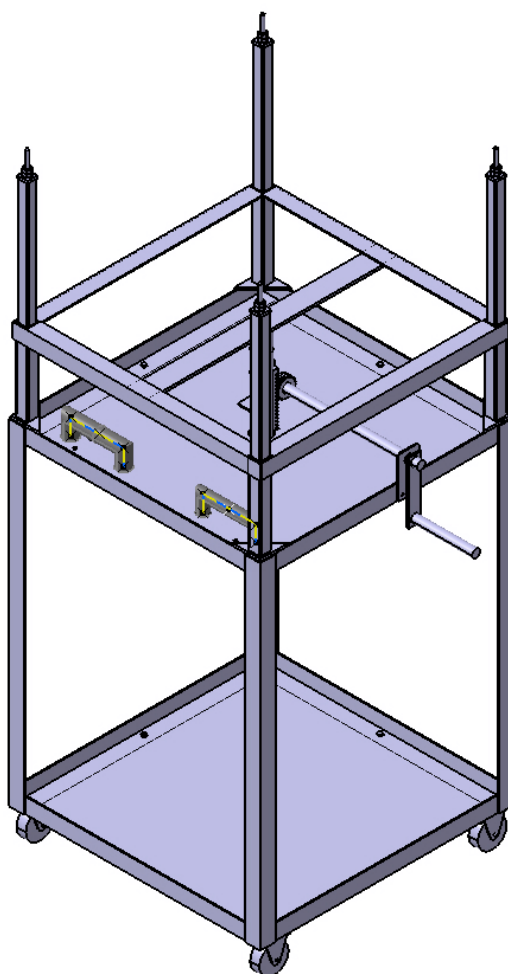


Слика 6.9.

За носач је заварена и попречна шина са отвором за вакуумско црево (Слика 6.10.).

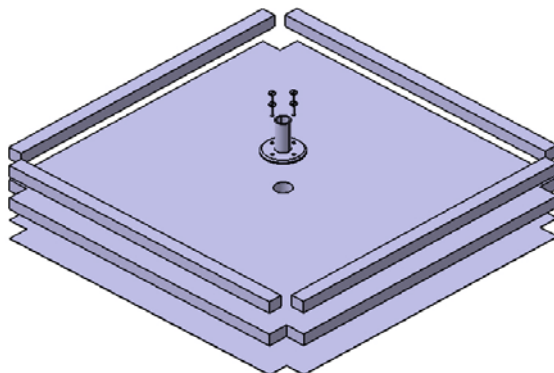


Слика 6.10.



Слика 6.11.

На рам носача се ставља дрвена плоча на коју је са горње стране залепљена пластична фолија. Кроз средиште плоче је направљен отвор за вакуум, а испод плоче на месту где је отвор причвршћен је прикључак за црево. Такође, са доње стране за плочу су причвршћене дрвене летвице преко којих се плоча ослања на носач (Слика 6.12.).

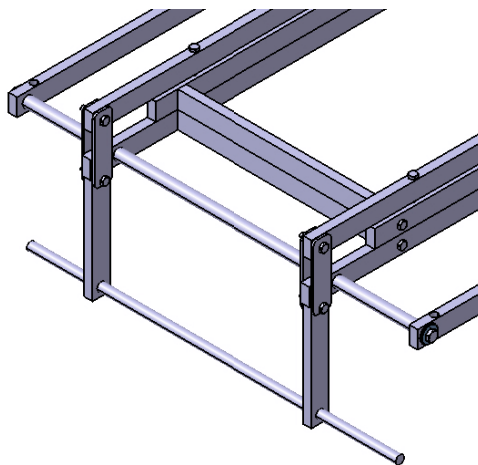


Слика 6.12.

6.4 Стега

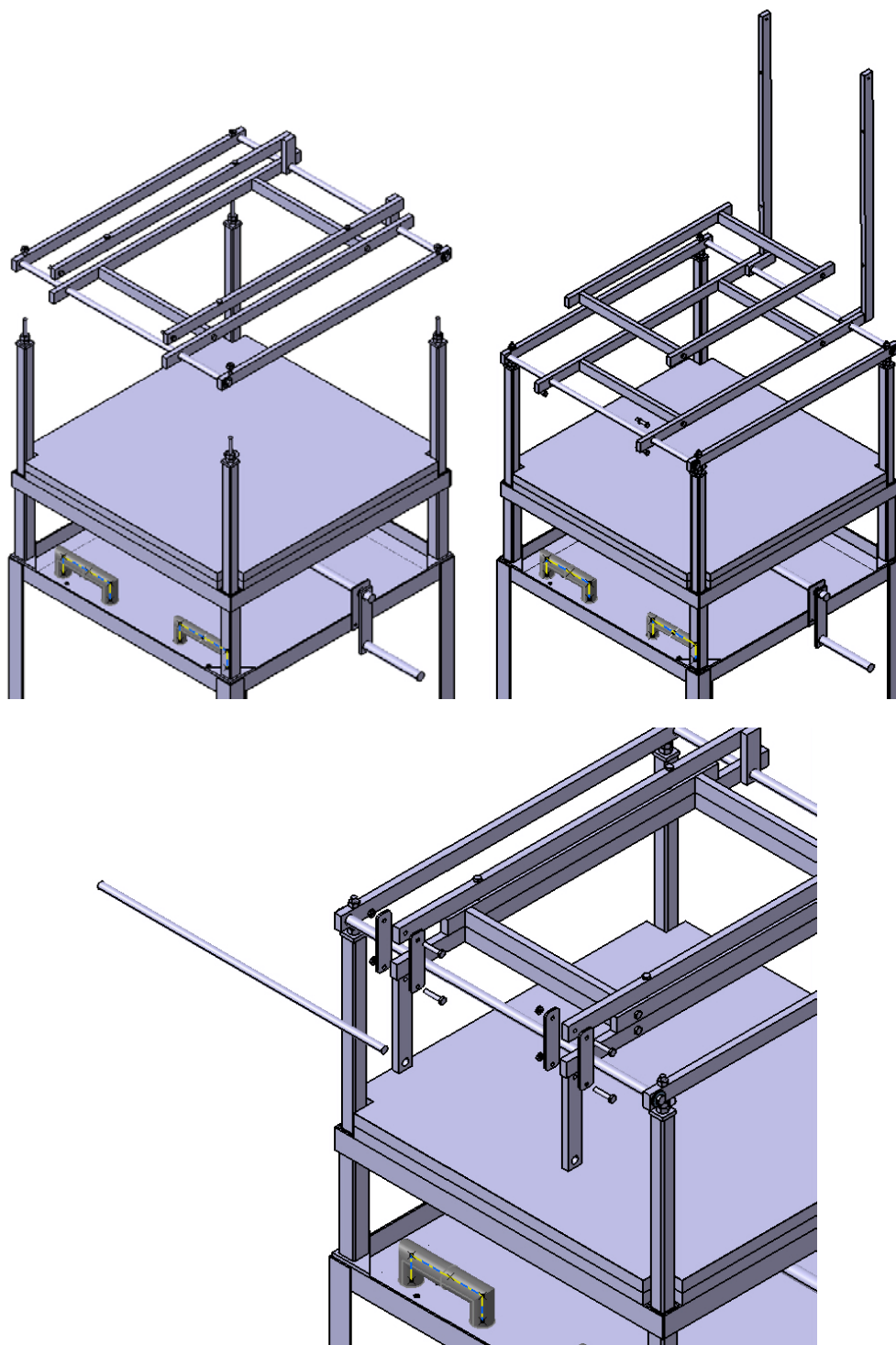
Стега има улогу да чврсто држи фолију у току процеса загревања и формирања (обликовања). Састоји се од три основна дела: доњег, средњег и горњег рама са механизмом за закључавање. Израђена је од алуминијуских правоугаоних шина попречног пресека 25 x 12 mm.

У току процеса обликовања, механизам за закључавање причвршћује горњи и доњи део стеге тако да фолија буде привршћена између д и средишњег дела стеге. Подесиви завртњиви служе за подешавање у зависности од дебљине фолије која се користи (Слика 6.13.).



Слика 6.13.

Стега се ставља на вођице, а затим се монтира централни део стеге (Слика 6.14.).

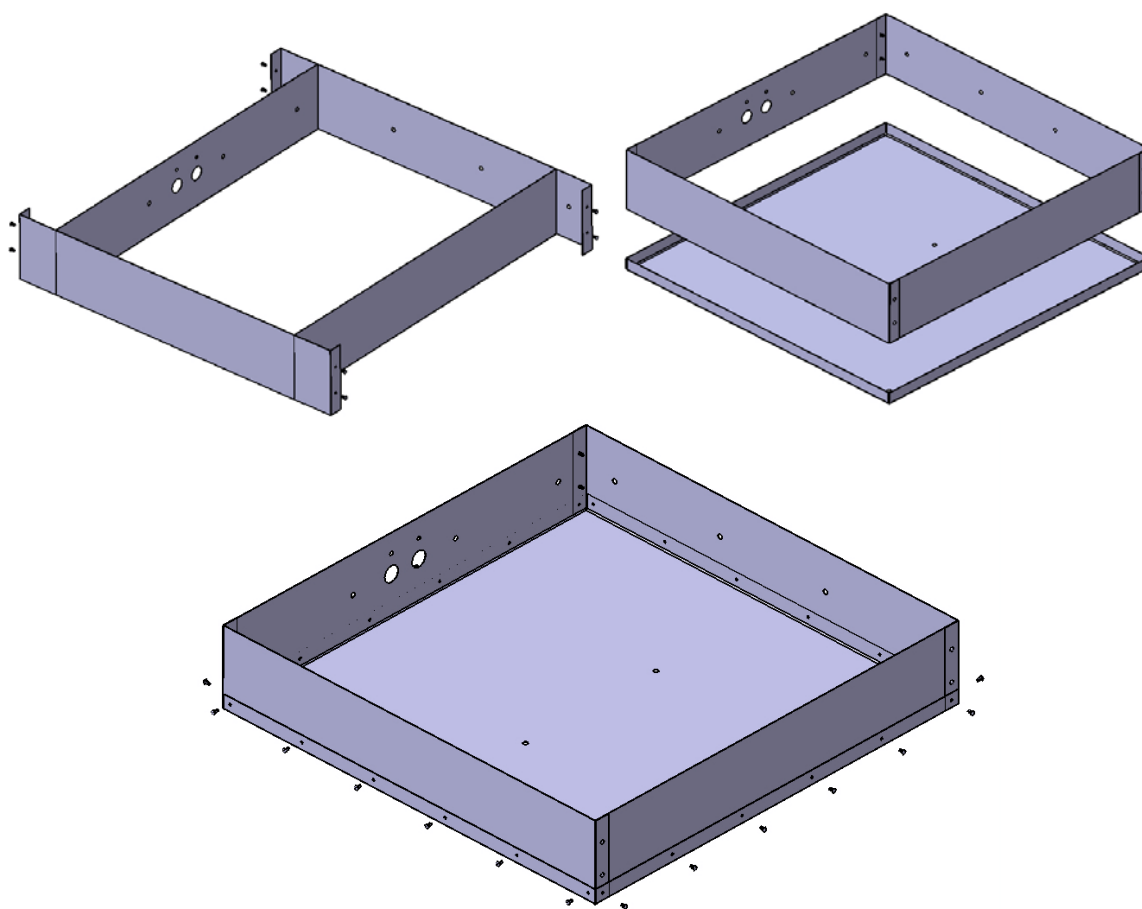


Слика 6.14.

6.5 Грејач

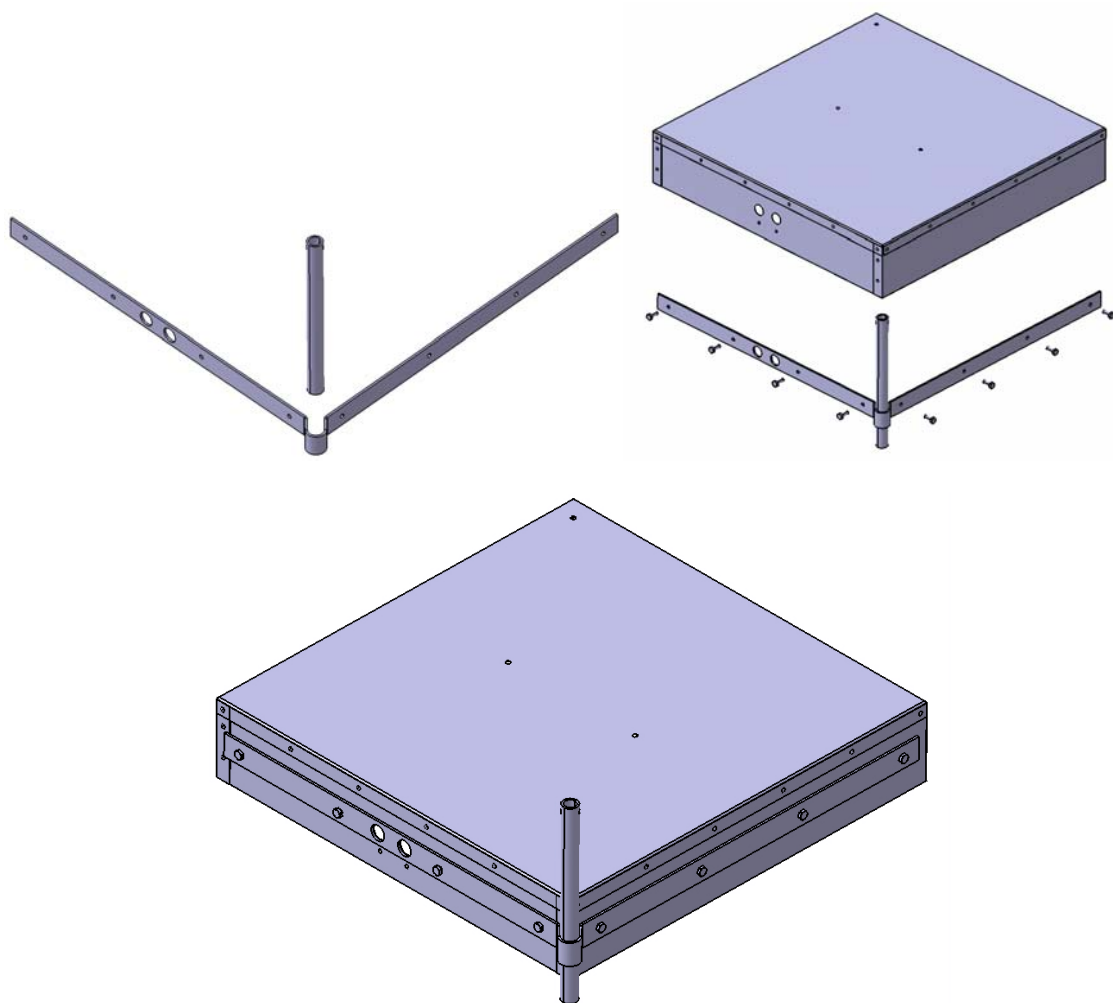
Грејач је заправо лимена кутија у којој се налази грејни елемент. Може да се заокреће на страну јер је накачен на штап који је монтиран на рам машине.

Странице кутије грејача се спајају нитнама. Кутија је израђена од лима дебљине 2 mm (Слика 6.15.).



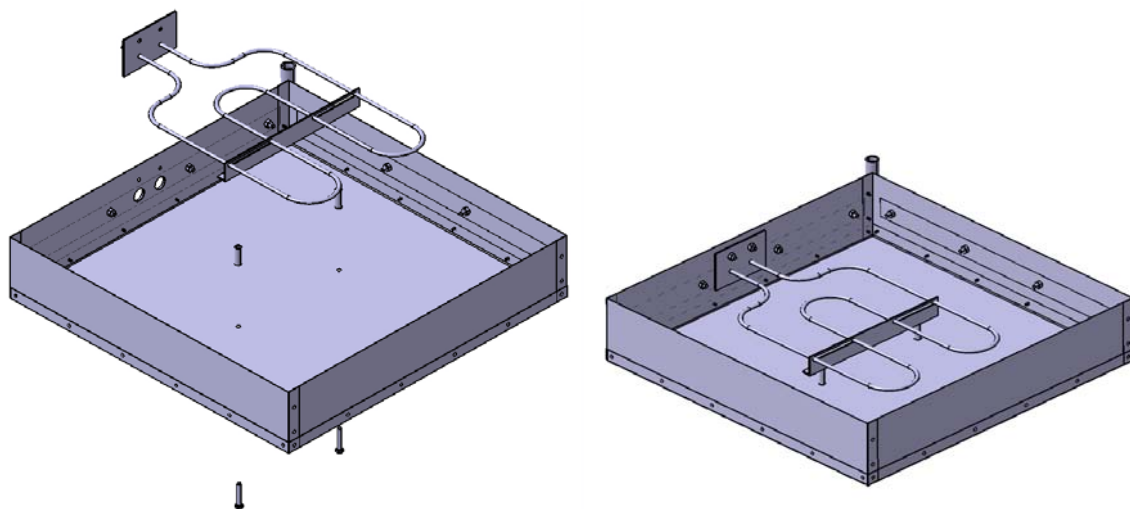
Слика 6.15.

Држач грејача је заварен за цев која се ставља на шипку око које може да се ротира. Израђен је од гвоздене траке димензија 1100 x 30 mm и дебљине 3 mm. Трака је савијена на средини тако да чини угао од 90° и садржи “U” део кроз који пролази цев. Држач грејача је везан за кутију грејача уз помоћ завртњева и навртки (Слика 6.16).



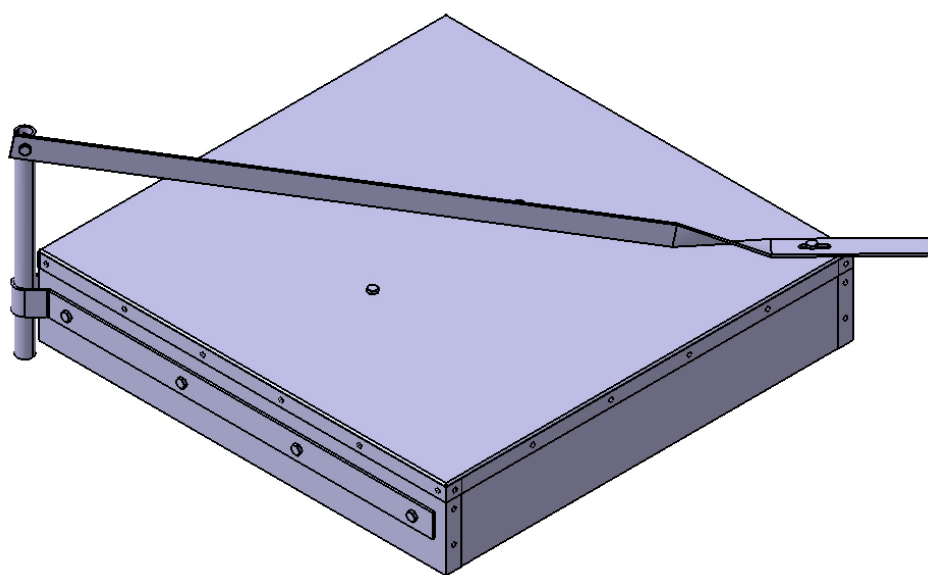
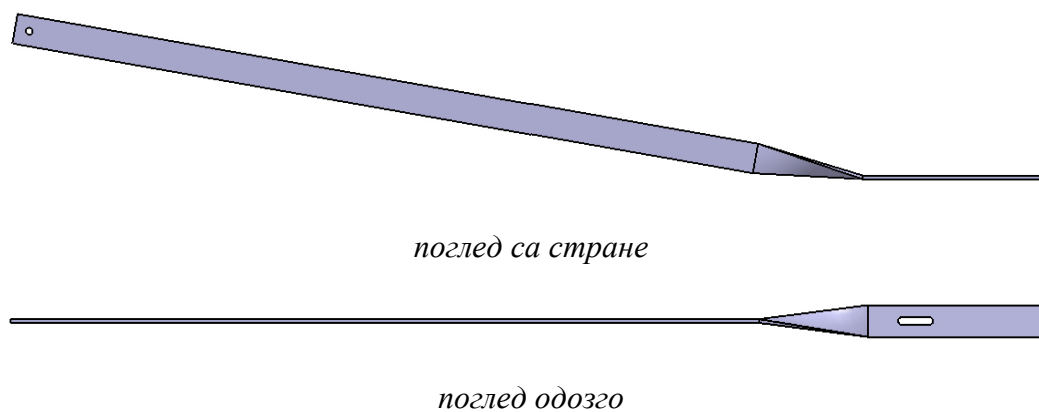
Слика 6.16.

У кутију се монтира грејни елемент (Слика 6.17.).



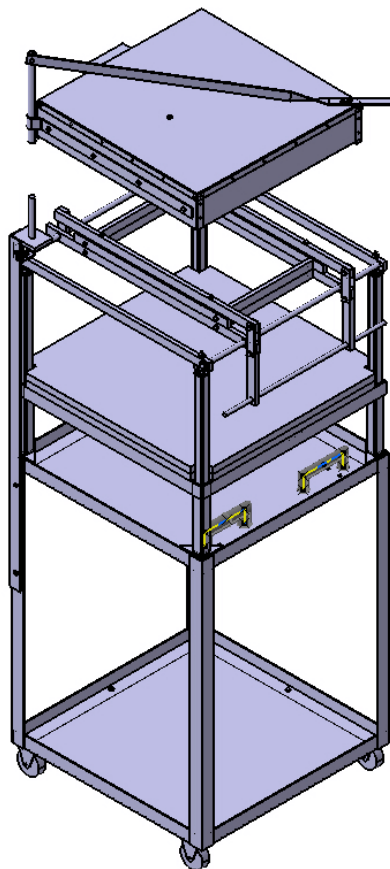
Слика 6.17.

Када се овако конструисан грејач монтира може доћи до благог нагињања предњег десног угла грејача. Да би се ово нагињање спречило, изнад грејача се везује подупирач (Слика 6.18.).



Слика 6.18.

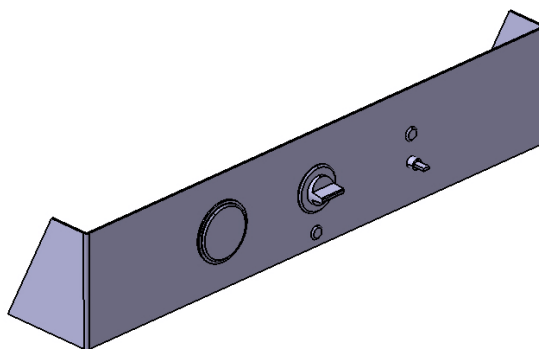
Затим се грејач монтира на штап који је везан за рам машине (Слика 6.19.).



Слика 6.19.

6.6 Контролни панел

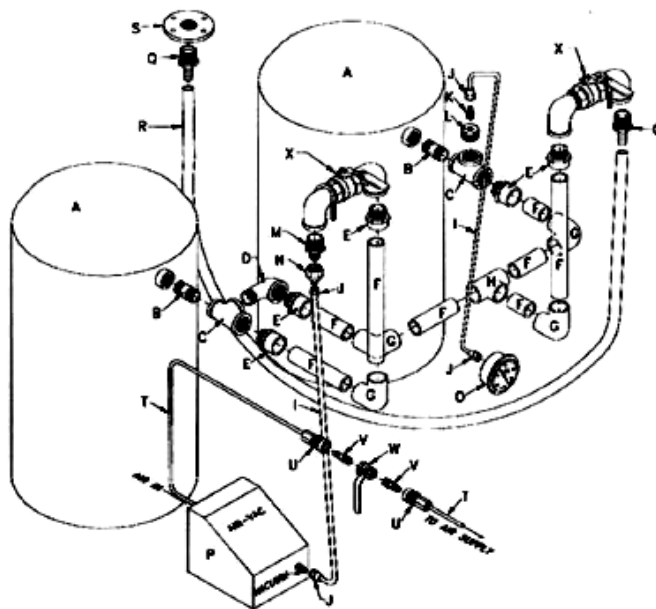
На контролном панелу, који је израђен од лима дебљине 2 мм, налазе се мерач за вакуум, потенциометар за грејач, прекидач за вакуумску пумпу и индикатори (лампице) за грејач и пумпу (Слика 6.20.). Контролни панел је везан са предње стране машине.



Слика 6.20.

6.7 Систем цevi – вакуумска инсталација

На слици 6.21. је приказан један начин вакуумске инсталације.



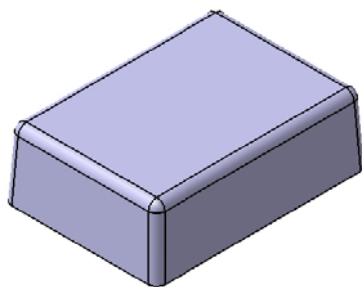
Слика 6.21.

За стварање вакуума користи се ваздушна вакуумска пумпа или електрична вакуумска пумпа. Да би вакуум довољно брзо деловао користе се резервоари за вакуум. Вакуум се регулише преко вентила.

6.8 Пример калупа

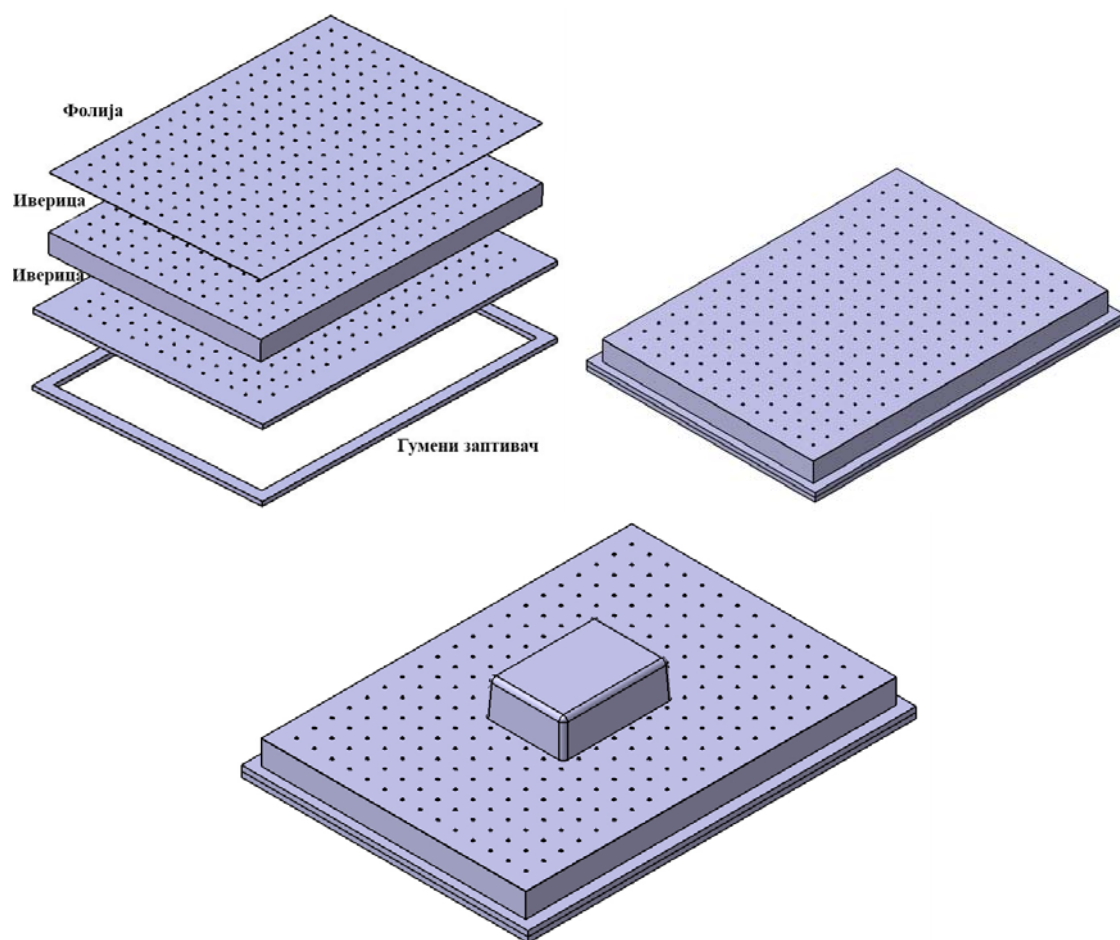
Калуп мора бити од чврстог материјала тако да може да издржи притисак све док загрејана фолија не дође у контакт са калупом. Може бити израђен од различитих материјала као што су: дрво, фиберглас, гипс, алуминијум итд.

На овој машини је могуће користи и позитивне и негативне калупе. На слици 6.22. је приказан веома прост пример позитивног калупа за кутију 125x90mm, чије су бочне стране нагнуте за 3° ради лакшег скидања са калупа. Све ивице су заобљене осим ивица које чине базну површину.



Слика 6.22.

Овај део калупа се ставља на плочу са отворима за вакуум (Слика 6.23.). Димензије плоче морају да одговарају димензијама стеге која врши притисак на ивице плоче и на тај начин спречава губљење вакуума. По ивици плоче налази се гумена трака која обезбеђује боље пријањање на носач плоче.



Слика 6.23.

6.9 Склоп машине

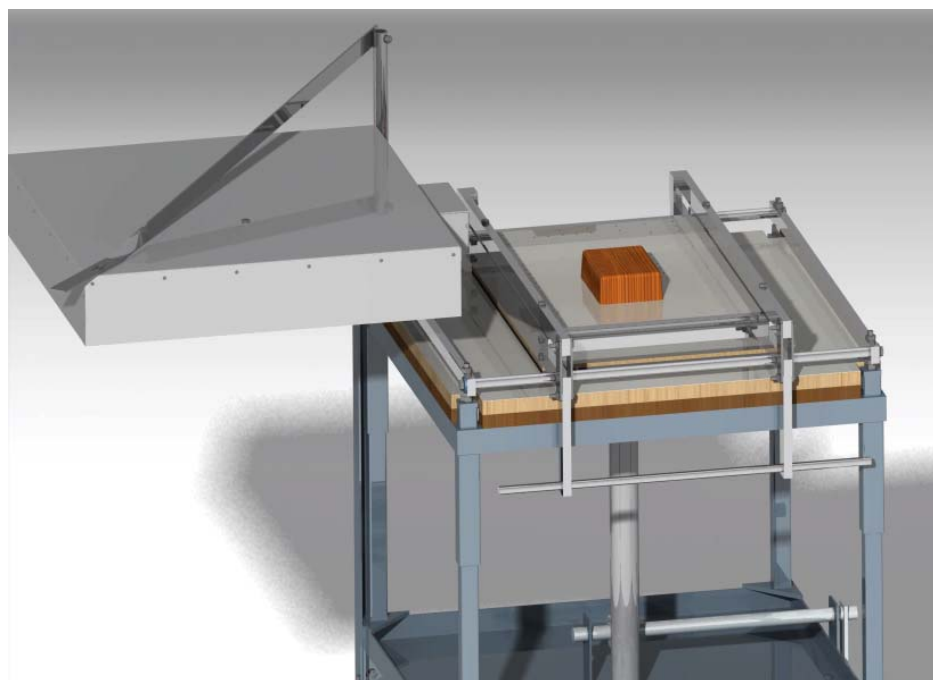
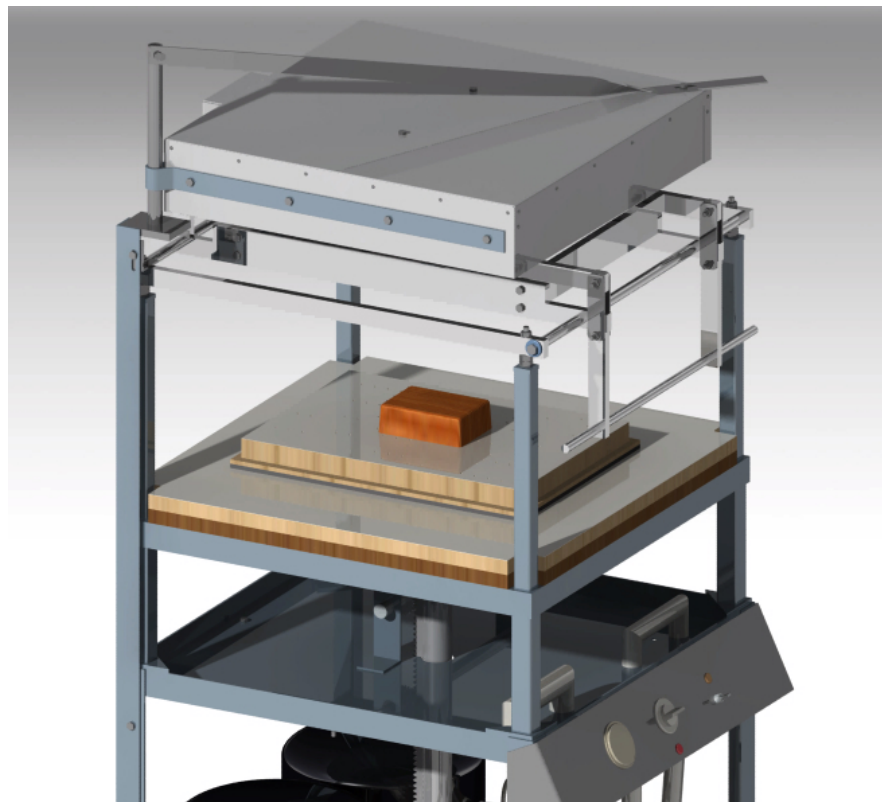
Коначан изглед машине приказан је на слици 6.24. Основне димензије машине су 615 x 615 mm и висина 1600 mm. Максимална димензија алата је 420 x 300 mm.



Слика 6.24.

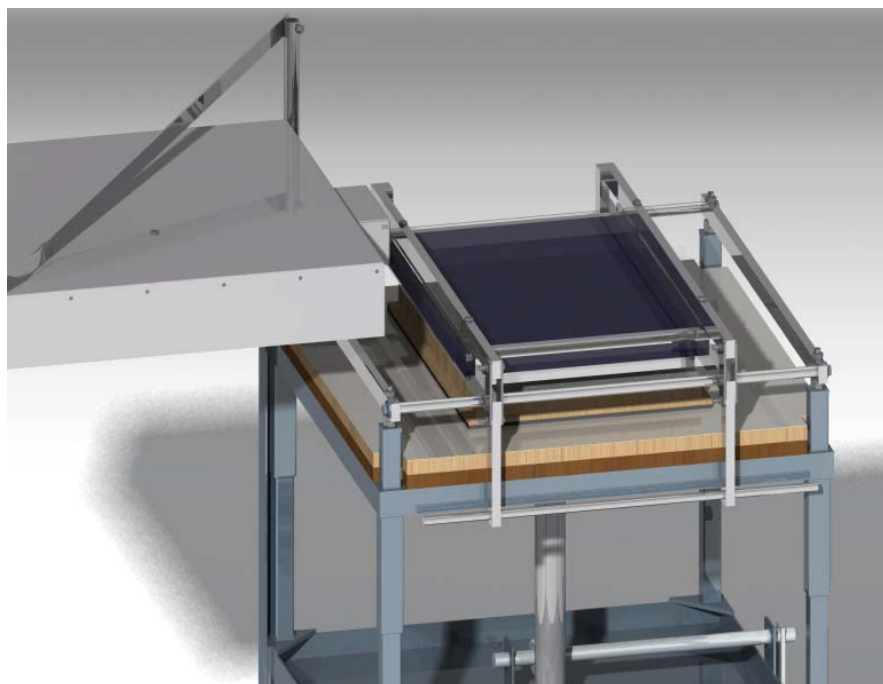
6.10 Принцип рада машине

Алат се поставља на носећу плочу и подиже се до стеге (Слика 6.25.).



Слика 6.25.

Пластична фолија се причвршћује стегом (Слика 6.26.).



Слика 6.26.

Грејач се враћа у позицију изнад стеге. Затим се пумпа укључује, а вентил који отвара и затвара довод између пумпе и резервоара се отвара и на тај начин се ствара вакуум у резервоарима. Потенциометар за грејач се подешава на максималну вредност и фолија почиње да се загрева до температуре обликовања.

Када је постигнута довољна количина вакуума у резервоарима и фолија је омекшана, вентил који повезује резервоаре са носећом плочом се отвара и пластична фолија бива усисана у/око калупа. Затим се грејач помера у страну, а вакуум се оставља да делује неколико секунди док се фолија охлади, тада се вентил искључује, а производ се може извадити из/скинути са калупа.

7. Закључак

Данас би живот човека био готово незамислив без производа који се добијају процесом вакуум – термообликовања. Не постоји просторија у којој нема таквих производа. Такође, нема ни индустријске гране која у већој или мањој мери нема потребу за производима од пластичних маса:

- телекомуникациона опрема,
- електронска опрема широке потрошње,
- медицинска опрема,
- рачунари,
- аутомобилска индустрија и др.

Описани поступак пројектовања машине је са аспекта економичности веома прихватљив. Материјал који се користи за израду машине је лако доступан и не захтева компликованију додатну обраду. Машина се може користити у кућним условима и лако се транспортује.

Пошто смо упознати са основним деловима и поступком израде машине за вакуум – термообликовање, можемо закључити да сама израда машине не захтева велика улагања, а иста се може прилагођавати у зависности од потреба. Због тога постоји велики избор ових машина, од оних које се могу користити у кућним условима до оних које се користе у великим предузећима.

Сам процес вакуумског термообликовања је тешко аналитички описати због утицаја читавог низа фактора, почевши од карактеристика материјала, комплексности геометрије производа, карактеристика машине и процеса, итд. Све ово намеће потребу за инжењерским алатом који би инжењерима пружио подршку у свим фазама развоја алата до коначног процеса производње.

Управо зато, термовакuumско обликовање представља веома погодно подручје за економичнију израду прототипова у односу на остале процесе прераде пластичних маса, а уз то и примену *CAD/CAM* система.

На крају се може закључити да сам процес прераде пластичних маса има добру перспективу због релативно ниских улагања у опрему, флексибилности програма производње и могућности брзог обрта капитала.

8. Литература

- [1] Vincent R. Gingery – *The Secrets Of Building A Plastic Vacuum Forming Machine* – Rogersville, USA 1999.
- [2] Богдан Недић, Владислав Ђукић – *Пластичне масе* – скрипта, Машински факултет, Крагујевац 2004.
- [3] Мирослав Нађ – *Полимерни материјали* – Научна књига, Загреб 1978.
- [4] Група аутора – *Техничка енциклопедија 10* – Југословенски лексикографски завод, Загреб 1986.
- [5] Борис Ресимић – *Неконвенционални поступци обраде* – Дипломски рад, Крагујевац 2004.
- [6] Интернет: www.plastimach.com 01.10.2014.
www.meaf.com 01.10.2014.