

**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: 401/2011**

Жељко М. Мијатовић
Делови од пластичних маса у
аутоиндустрији
мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру мастер рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о значају коришћења пластичних маса у аутоиндустрији, као и врстама пластичних маса које се најчешће користе у аутоиндустрији. Посебну пажњу треба посветити условима инјекционог бризгања полиацетала. На крају рада дати пример дела и за њега извршити конструкцију и моделирање алата.

Препоручена литература:

- [1] **Недић Богдан, Лазић Миодраг**, *Производне технологије*, Обрада метала резањем, Крагујевац, 2007.
- [2] **Недић, Богдан**, *Технологија прераде пластичних маса*, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 2008.
- [3] **Перошевић, Бошко**, *Калупи за инјекционо пресовање пластомера (термопласта)*, Научна књига, Београд, 1995.

Резиме:

У оквиру мастер рада извршено је прикупљање и систематизација података о употреби пластичних маса у аутоиндустрији. Издвојене су врсте пластичних маса које се најчешће користе за израду делова у аутомобилима. Посебна пажња је посвећена условима и препорукама за инјекционо пресовање полиацетала, јеног од чешће коришћених полимера у аутоиндустрији. На крају рада дат је пример дела, шоље споне и за њу је извршена конструкција и моделирање специјалног алата и његових компоненти. За конструкцију алата је коришћен AutoCad, а за моделирање програм SolidWorks.

Кључне речи: аутомобилска индустрија, пластичне масе, полиацетал, инјекционо пресовање, конструкција, моделирање.

Resume:

The master paper included gathering data and systematic analyses on the use of plastics in the automotive industry. The types of plastics which are most frequently used in production of the car parts were marked off. Special attention was paid to the terms and the references for injection molding of polyacetal which is one of the most used polymers in the automotive industry. The example of the part, a cup of the tie rod, is given at the end of the paper. Its construction and modeling of special tools and its components are made, too. AutoCad is used for the construction and SolidWorks for modeling of the tools.

Key words: automotive industry, plastics, polyacetal, injection molding, construction, modeling.

САДРЖАЈ:

Увод.....	1
1. Пластичне масе у аутоиндустрији.....	3
1.1. Пластичне материје у аутомобилској индустрији: визија и технолошки план.....	5
1.1.1. Визија дизајна и функционалности.....	6
1.1.2. Визија безбедности.....	6
1.1.3. Еколошка визија.....	7
2. Врсте пластичних маса које се користе у аутоиндустрији.....	9
2.1. Полипропилен.....	10
2.2. Полиуретан.....	12
2.3. Поливинил хлорид.....	15
2.4. Полиацетал.....	17
3. Инјекционо пресовање полиацетала.....	19
3.1. Јединица за бризгање.....	22
3.2. Руковање машином за бризгање.....	22
3.2.1. Поступак стартовања.....	22
3.2.2. Поступак заустављања.....	22
3.2.3. Поновно грејање цилиндра у коме је полиацетал.....	22
3.2.4. Привремено заустављање.....	23
3.2.5. Заустављање у случају опасности.....	23
3.2.6. Температурни профил у цилиндру.....	23
3.3. Разматрање термичке стабилности.....	24
3.4. Услови бризгања.....	24
3.4.1. Температура растопа.....	25
3.4.1.1. Против притисак.....	25
3.4.1.2. Окретање пужа.....	25
3.4.2. Притисак бризгања.....	26
3.4.3. Брзина бризгања.....	27
3.4.4. Време предњег положаја пужа.....	27
3.4.5. Димензије уливног места.....	28
3.4.6. Циклус бризгања.....	28
3.4.7. Температура алата.....	29
3.4.8. Технике за оптимизацију продуктивности.....	29
3.5. Димензионо разматрање.....	33
3.5.1. Основи димензионе контроле.....	33
3.5.2. Скупљање у алату.....	34
3.5.2.1. Накнадно скупљање.....	35
3.5.3. Отпуштање полиацетала.....	35
3.5.3.1 Постпуци отпуштања.....	36
3.5.4. Толеранције.....	36
3.6. Помоћне операције.....	37
3.6.1. Руковање материјалом.....	37
3.6.2. Регенерат.....	37
3.6.3. Сушење.....	38
3.6.4. Бојење.....	38
4. Пример дела од пластичне масе који се користи у аутомобилу.....	40

4.1. Цртеж дела у AutoCad-у 2012 и моделирање дела у програмском пакету SolidWorks 2009	42
4.2. 2D цртеж и 3D модел алата за израду шоље за спону.....	43
4.3. Карактеристике машине марке Arburg за бризгање дела.....	69
4.4. Технологија прераде.....	72
Закључак.....	75
ЛИТЕРАТУРА:	76

Увод

Основни захтев савременог тржишта је градња све лакших аутомобила који ће што је могуће мање загађивати животну средину. То је уједно и највећи изазов за аутомобилску индустрију у 21. веку. Томе значајно доприноси одлука Европске Уније да се већ у 2012. години на европском тржишту могу продавати нови аутомобили који у просеку емитују 130 g CO₂ по пређеном километру. Да би се такав захтев остварио стручњаци који раде у истраживању и развоју морају да предложе читав низ мера које ће омогућити да се реализују постављени циљеви.

Очекује се да ће наведена одлука Европске Уније значајно допринети да се на тржишту повећа понуда још квалитетнијих полимерних материјала и још брже расте удео полимерних материјала не само у производњи путничких аутомобила већ и у производњи других транспортних средстава.

Захваљујући својим изванредним особинама, полимерни материјали имају скоро неограничену примену и постали су незаобилазна сировина у производњи аутомобила. Како се захтеви аутоиндустрије стално мењају, постоји стална потреба за материјалима специфичних особина. Примена лаких полимерних материјала уместо стакла и метала у производњи аутомобила се перманентно повећава.

Имајући у виду претходно наведено, овај рад има за предмет да сагледа примену компоненти од пластичних маса у аутоиндустрији, као и да да преглед полимера који се користе у аутоиндустрији и начин њихове прераде, да обједини потребна знања за израду дела од пластичне масе који се уграђује у аутомобиле.

Рад је теоријско-практичног карактера. У раду је коришћена дескриптивна метода, при чему је анализом садржаја прикупљене документације на бази литературе у писаној и електронској форми и посматрањем самог процеса производње у предузећу „ФАД“ АД, Горњи Милановац обављено проучавање дате теме.

У првом делу рада дат је кратак осврт на употребу пластичних маса у аутоиндустрији у прошлости, како би се презентовала и предвидела визија и технолошки план за даљу употребу пластичних маса у аутоиндустрији.

У другом делу рада дат је преглед најчешће заступљених врста пластичних маса које се користе у аутоиндустрији са њиховим основним карактеристикама и наведеним деловима који се у аутомобилима могу производити од њих. Акценат је стављен на полиацетат, који је битан за наредна поглавља рада.

Трећи део се односи на инјекционо пресовање полиацетала, као врсте пластичне масе од које је израђен одабрани део који се уграђује у аутомобиле. При томе је разматрана јединица за бризгање, руковање машином за бризгање, термичка стабилност, услови бризгања, димензионо разматрање, као и помоћне операције при бризгању полиацетала.

Тема рада је заокружена практичним примером дела који се уграђује у систем за управљање аутомобилом, односно у један његов део, спону. За одабрани део, шољу споне, израђен је конструкциони цртеж и модел, а затим и компоненте и склоп алата за бризгање дела. За делове кућишта алата и цео алат су урађени конструкциони цртежи у програмском пакету *AutoCad 2012* и модел у програмском пакету *SolidWorks2009*. Даље су дате основне карактеристике машине *Arburg* на којој се може бризгати одабрани део, као и технологија прераде изабраног дела.

Завршни део рада су запажања проистекла из задате теме. На крају рада је наведена коришћена литература.

1. Пластичне масе у аутоиндустрији

Не тако давно, аутомобили су се скоро искључиво производили од челика, али жестока конкуренција и притисак да се производе лакша и штедљивија возила, довели су до потребе да се више користе алуминијум, пластичне масе и мноштво различитих композита.

Главне промене у материјалима од којих се производи аутомобил су од виталног интереса за руководиоце у индустрији сировог материјала. Притисак за новим материјалима је подстакнут потребом за бољом економичношћу у потрошњи горива, за високо-конкурентним тржиштем, за поштравањем еколошке бриге. Изазов за произвођаче аутомобила је да се произведу јефтина, еколошка возила, која су безбедна, привлачна и економична [7].

Заједно са напретком у алатима, опреми, компонентама дизајна и развоја, методологији рада, напредује и технологија достигнућа у материјалима. Пластични материјали су имали највећи утицај на ауто дизајнере. Произвођачи пластичних маса стално развијају нове врсте пластике и производе разне варијације постојећих пластичних маса. Једна од области технологије производње пластичних маса данас заузима посебно место, а то је употреба Нано технологије за побољшање перформанси пластичних маса, како физичких особина као што су чврстоћа и жилавост, тако и нивоа отпорности на оштећења. Са више од 60 основних врста пластике, лако доступних на тржишту, јасно је да произвођачи настављају да развијају нове врсте и побољшавају постојеће како би задовољили променљиве потребе тржишта.

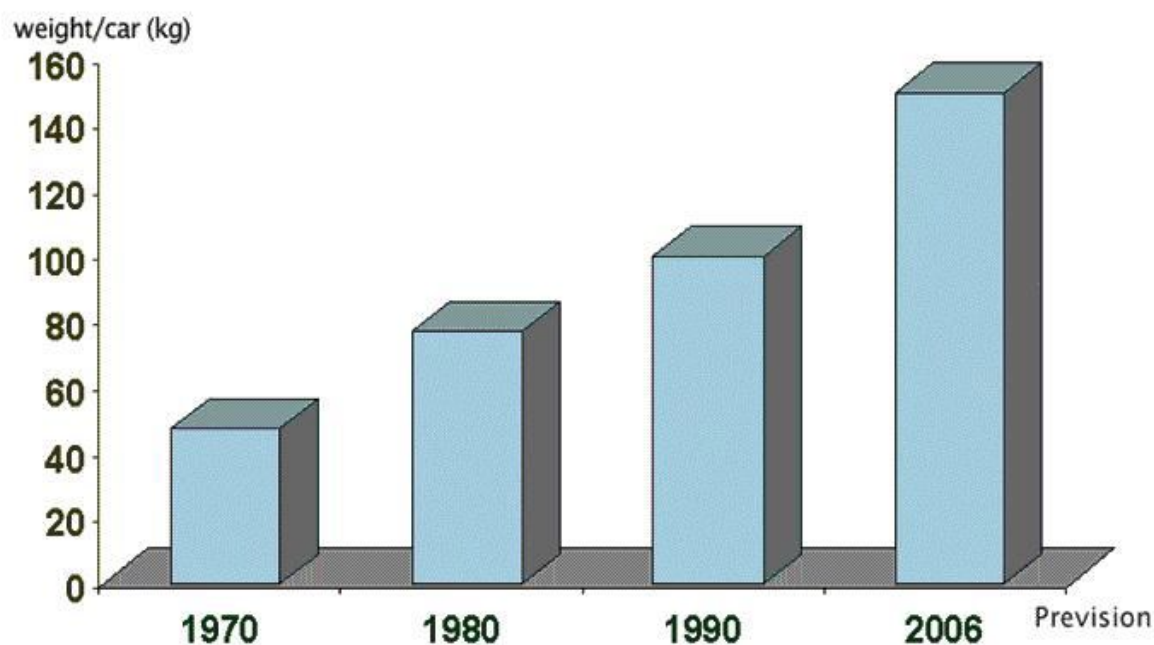
Главни фокус аутомобилских стручњака је на развоју нових лаких, чврстих материјала, како би се смањила тежина возила, а тиме и количина горива потребног за управљање возилом. Истраживачи имају за циљ да смање масу возила и до 40% – скоро 600 kg – у односу на просечну данашњу средњу вредност масе аутомобила.

Права револуција у употреби пластичних маса у аутомобилској индустрији почела је 1950. године коришћењем термопластике, почевши од ABS, па преко полиамида, полиацетата, поликарбоната па све до увођења мешавине разноврсних полимера. Стални развој напредних, високих перформанси полимера је драматично повећао њихову употребу. Првобитне врсте пластичних маса су уведене јер су понудили добре механичке особине у комбинацији са одличним изгледом производа, укључујући и могућност самобојења.

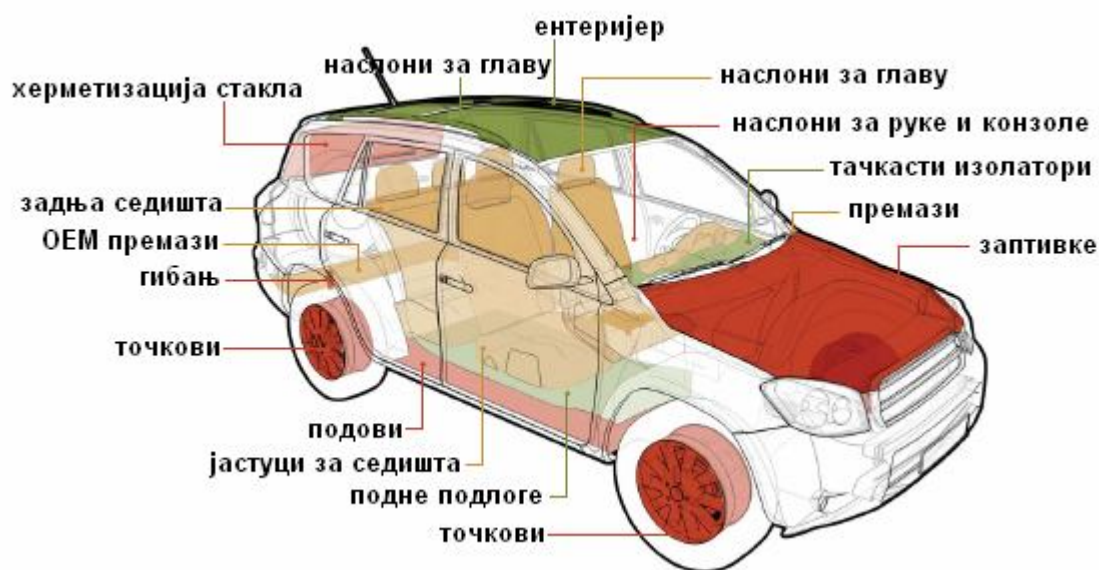
Примена компоненти од пластичних маса у аутомобилској индустрији је у порасту последњих деценија. Пластика и полимерни композити обухватају различите функционалне материјале који показују широк спектар пожељних особина. Они су трајни, јаки и лагани, отпорни су на хемикалије и одлични су топлотни и електрични изолатори. Они могу бити транспарентни, прозирни или непрозирни, меки, флексибилни, готово свих облика и величина и могу се рециклирати. Могу бити електрично и термички проводљиви. Ове особине, у комбинацији са ценом пластичних маса су кључни разлог што пластичне масе постају приоритетан материјал у широком спектру комерцијалних апликација у аутомобилској индустрији и имају тенденцију да

постану неки од најраширенијих материјала који се користе у аутомобилима широм света. У последњих 40 година, употреба лаких пластичних маса у аутомобилима је порасла од просечно 27 kg по возилу на око 150 килограма по возилу у 2006. години (слика 1.1.). Више од 50% делова типичног возила (слика 1.2.) се састоји од полимера и композита, али ови материјали чине око 10%–15% од укупне масе возила. Ове чињенице су омогућиле аутомобилским дизајнерима да смање масу возила, а тиме смање и трошкове производње и побољшају безбедности, перформансе возила и потрошњу горива [11].

Данас се пластика, углавном, користи за производњу енергетски ефикаснијих аутомобила, смањене тежине, а уједно се морају обезбедити трајност, отпорност на корозију, жилавост, добар дизајн, отпорност и друге захтеве, а све то по ниској цени.



Слика 1.1. Повећање употребе делова од пластике у аутомобилима [11]



Слика 1.2. Апликације у аутомобилу направљене од пластичних маса [19]

1.1. Пластичне материје у аутомобилској индустрији: визија и технолошки план

Аутомобилска индустрија је на ивици револуције, а индустрија пластике је спремна да у тој револуцији игра главну улогу. Пут ове револуције води ка употреби пластике и пластичних композита. У аутомобилској индустрији пластика је спремна да убрза развој иновативних производа и да помогне аутомобилској индустрији да постави нове стандарде у дизајну, безбедности и еколошким перформансама.

На глобалном нивоу, у последњих 25 година, употреба пластичних маса је кључ за дизајнирање возила високих перформанси са побољшаним безбедносним карактеристикама и економичном потрошњом горива.

Нова визија се односи на то да у аутомобилској индустрији друштво препозна пластику као приоритетни материјал. Ова визија је подржана са три стратешка циља:

1) конкурентност и просперитет на глобалном тржишту (циљ се заснива на схватању да просперитет и конкурентност зависе од способности аутомобилске индустрије да ефикасно искористити пун потенцијал пластике и полимерних композита);

2) стално унапређење одрживости, перформанси и естетских предности возила произведених од пластичних маса (потпуно и ефективно коришћење пластике и полимерних композита ће оснажити аутомобилске индустрије како би се задовољили купци и друштвени захтеви);

3) развој индустрије пластичних маса (индустрија мора постати потпуно ефикасна у раду са пластиком и комбиновањем више материјала у функционалну целину. Истовремено, развојна инфраструктура мора да постане у потпуности вешта у пројектовању пластичних маса и смишљању нових апликација за пластику, посебно у светлу еволуције сигурносних критеријума извршења и циљева енергетске ефикасности).

Тржиште је данас веома различито од онога што је била пре само неколико година. Да би остала конкурентна и просперитетна, аутоиндустрија треба да има интегрисану стратегију за будућност, који поравнава интересе и аутоиндустрије и индустрије пластике и полимерних композита. Ове индустрије морају да раде у партнерству са државним и савезним владиним и невладиним организацијама и тиме додатно унапреде заједничке циљеве решавања глобалних климатских промена, обезбеђујући сигурност енергената.

Велики напредак у особинама материјала, способности прераде полимера довео је до могућности да се делови од полимерних материјала уграђују у све велике системе аутомобила, укључујући ентеријер и екстеријер, шасију, погонску групу, мотор, електрични систем, систем горива, као и сигурносне делове аутомобила. Разлози произвођача аутомобила су јасни: пластика често нуди бољи квалитет од алтернативних материјала, пружајући боље перформансе уз смањене трошкове.

Аутомобилска индустрија се тренутно суочава са мноштвом нових изазова који ће се вероватно интензивирати у годинма које следе. Потпуна капитализација широког

спектра особина и функционалности полимера ће омогућити произвођачима аутомобила да додатно побољшају безбедност, комфор, перформансе и изглед возила, уз смањење потрошње енергије и утицаја на животну средину.

Иако се пластика данас у великој мери користи у возилима, постоји значајан простор за раст, као и тражење иновативних решења материјала за изазове дизајна.

1.1.1. Визија дизајна и функционалности

Са естетске тачке гледишта, пластика и пластични композити нуде дизајнерима аутомобила очигледне предности у многим апликацијама. Пластика обезбеђује лаган, свестран дизајн за електричне, електронске и делове за осветљење аутомобила, а поред тога унапређује могућност обликовања делова. Многоструке су предности употребе пластичних маса, а посебно што она омогућава ефикасане дизајнерске могућности било у једном делу или у њиховим компонентама, смањујући производне трошкове и нижом ценом повећавајући доступност возила купцу.

Кориснички захтев за појачањем перформанси и уградњом модерних електронских уређаја у аутомобиле је један од неколико трендова који је остао непромењен од почетка 21. века и вероватно ће остати непромењени у догледној будућности. Међутим, корисници све више очекују многе додатне функције без додатних трошкова или тежине возила. Иновативна употреба пластике може да омогући аутомобилској индустрији да испуни овај захтев. Многе функције у возилима, као што су ваздушни јастуци, видео уређаји, радија и системи глобалног позиционирања (ГПС) једноставно не могу да постоје без употребе пластике. Чак и углађени, аеродинамички облик модерног возила зависи од пластике.

Повећана употреба пластике и полимерних композита даје произвођачима аутомобила више опција и омогућавају боље перформансе возила, без повећања трошкова или тежине возила.

1.1.2. Визија безбедности

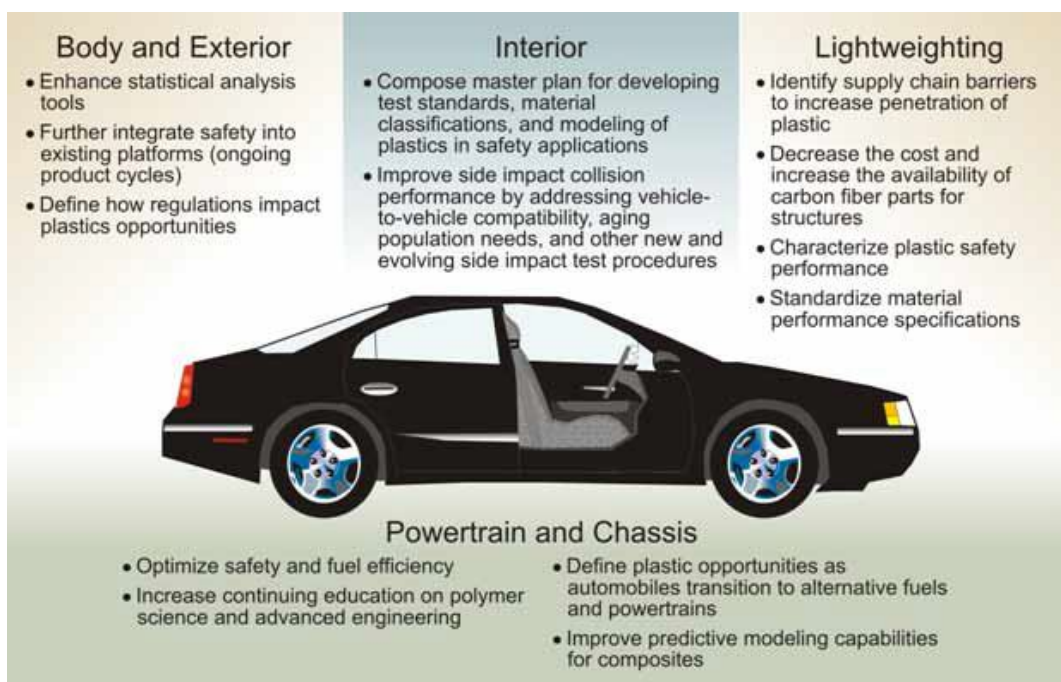
Безбедност је кључни приоритет у аутомобилској индустрији, међутим, укључивање нових безбедносних функција у аутомобиле може да повећа трошкове и тежину возила. Јединствене особине и дизајн, флексибилност пластике и пластичних композита може побољшати безбедносне карактеристике за возача и путнике у аутомобилу.

Мања тежине пластике омогућава кровни дизајн са нижим центром гравитације за возила, што помаже да се смањи вероватноћа превртања. Полимерни материјали се такође користе за предње и бочне ваздушне јастуке, наслоне за главу, завесе, бранике и заштиту за блокирање кочница, а то су уређаји који зависе од пластике. Да би се испунио растући идеал безбедности, број делова од пластика ће расти док не постане

примарни материјал који се користи у аутомобилском инжењерингу, помажући да се обезбеди безбедност и возача и путника.

Да би се одолело великим изазовима у вези са побољшањем безбедности, произвођачи аутомобила и пластике, заједно са својим добављачима, идентификовали су сет приоритета на побољшању перформанси (слика 1.3.):

- 1) ентеријера,
- 2) екстеријера,
- 3) погона и шасије,
- 4) смањења масе аутомобила.



Слика 1.3. Резиме највишег приоритета истраживања и развоја потребног за побољшање будућност аутомобилске сигурности са пластиком [9]

1.1.3. Еколошка визија

Позитиван одговор од аутомобилске и индустрије пластике на изазове животне средине могу да допринесу бољем квалитету живота и побољшању животног стандарда широм света. Лагани пластични делови и аеродинамички дизајн, омогућени кроз уградњу делова од пластике, већ су значајно допринеле смањењу потрошње горива.

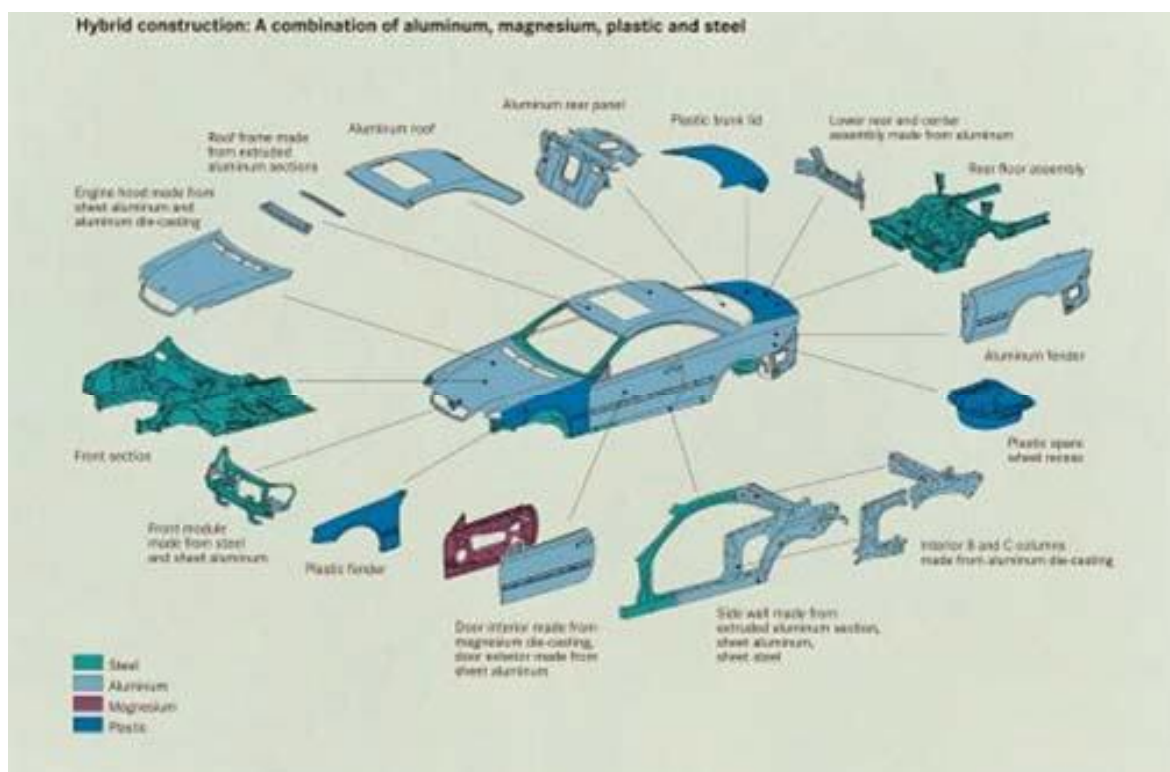
Возила у будућности морају бити произведени у већини од рециклираних материјала. До данас је примарни фокус на примени полимера у возилима је био на побољшању компоненти и перформанси возила и/или у смањењу тежине возила. У наредним годинама, произвођачи аутомобила и пластике ће морати да дају већи нагласак на животни век возила и као и рециклажу делова из возила, са крајњим циљем потпуне наплативости. Већи део истраживања неопходних за постизање овог циља је завршен.

На основу светских студија, десет одсто смањења тежине возила доводи до 5% повећања километра по галону.¹ На годишњем нивоу од неколико стотина милиона путничких возила годишње је то прилична уштеда у бензину и пратећој емисији штетних гасова [14]. Процењује се да у просеку 100 килограма пластике замењује 200-300 килограма конвенционалног материјала, смањујући потрошњу горива и преко 750 литара за животни век од 150 000 километара. Додатни прорачуни на свим аутомобилима сугеришу да ово смањење потрошње нафте од 12 милиона тона смањује и емисију CO₂ за 30 милиона тона годишње само у западној Европи. Дванаест милиона тона нафте је око 10 одсто потрошње горива у путничким аутомобилима у западној Европи за једну годину [13].

¹ 1 амерички галон износи 3,785411784 литара.

2. Врсте пластичних маса које се користе у аутоиндустрији

Аутомобилска индустрија користи модификоване композите полимера и пластике у широком опсегу апликација, као друга, најчешћа врста аутомобилских материјала, након обојених метала и легура (ливено гвожђе, челик, никл), које чине 68% по маси. Други место заузимају обојени метали као што су: бакар, цинк, алуминијум, магнезијум, титанијум и њихове легуре (слика 2.1). Пластични делови чине око 50% свих унутрашњих компоненти комерцијалних возила укључујући безбедност подсистеме, врата и склопове седишта.



Слика 2.1. Хибрид изградње возила: комбинација алуминијума (светло плава боја), магнезијум (црвене боје), пластика (тамно плаве боје) и челик (зелена боја) [20]

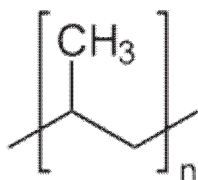
У току је енормни раст употребе пластичних компоненти у аутомобилској индустрији. Многе врсте полимера се користе у више од хиљаду различитих делова свих облика и величина. Кратак поглед унутар модела аутомобила показује да се пластика сада користи у деловима за екстеријер и ентеријер, као што су браници, врата, прозори, предња, задња и бочна светла, ретровизори, пртљажник, хауба, маске и фелне...

Иако и до 13 различитих полимера може да се користи у једном моделу аутомобила (табела 2.1), само три врсте пластике чине око 66% од укупне пластике која се користи у аутомобилима, а то су: полипропилен (32%), полиуретан (17%) и PVC (16%) [12], те ће о њима бити више речи у даљем раду.

Компонента/део	Врста пластике	Маса у аутомобилу (у килограмима)
Браници	PS, ABS, PC/PBT	10,0
Седишта	PUR, PP, PVC, ABS, PA	13,0
Командна табла	PP, ABS, SMA, PPE, PK	7,0
Системи горива	HDPE, POM, PA, PP, PBT	6,0
Каросерија	PP, PPE, UP	6,0
Компоненте испод хаубе	PA, PP, PBT	9,0
Унутрашња декорација	PP, ABS, PET, POM, PVC	20,0
Електричне компоненте	PP, PE, PBT, PA, PVC	7,0
Спољашња декорација	ABS, PA, PBT, POM, ASA, PP	4,0
Расвета	PC, PBT, ABS, PMMA, UP	5,0
Тапацирање	PVC, PUR, PP, PE	8,0
Резервоари за течности	PP, PE, PA	1,0
Укупно		105,0

Табела 2.1. Пластичне масе које се користе у типичном аутомобилу [12]

2.1. Полипропилен



Слика 2.2. Молекул полипропилена



Слика 2.3. Грануле полипропилена

Полипропилен (PP) је линеарни угљоводонични полимер (слика 2.2.), који спада у групу засићених полимера и представља тврди термопластични полимер. Прави се у облику белог или провидног праха или гранула (слика 2.3.), али може бити и обојен пигментима.

Полипропилен је један од најзаступљенијих материјала за производњу предмета од пластике. Користи за производњу најразличитијих предмета, од производње влакана

па све до производње предмета за широку потрошњу. Овако широку примену има захваљујући добрим физичко-хемијским особинама које се могу подешавати додавањем различитих врста адитива. Особине које га одликују су: умерена еластичност, добра тврдоћа, добра отпорност на замор материјала, а једна од најважнијих особина РР је његова постојаност при високим температурама и хемијска постојаност, као и постојаност према води (мања од 0.5% за 24 часа). Основне карактеристике полипропилена дате су у табели 2.2. [4]

	ОСОБИНЕ	Јединица мере	РР
ТЕРМИЧКЕ	Специфични топлотни капацитет	kJ/kgK	2.0
	Топлотна проводност	W/mK	0.17-0.22
	Температурна проводност	$m^2/s \cdot 10^8$	6.7-5.9
	Топлотна продорност	$Ws^{1/2}/m^2K$	620-682
	Температура постојаности облика (ДИН 53460)	K	363-373
ФИЗИЧКЕ	Густина	kg/m^3	900-907
	Скупљање	%	1-2
	Апсорбција воде, 3mm	%	0.01
	Брзина горења	cm/min	споро
	Пропусност светла	%	-
	Отпорност на киселине	/	врло добра
	Отпорност на базе	/	врло добра
МЕХАНИЧКЕ	Чврстоћа на истезање	N/mm^2	28-38
	Чврстоћа на савијање	N/mm^2	-
	Отпорност на удар	$kg \cdot cm/cm$	2.7-10.8
	Модул еластичности	N/mm^2	1120-1500
	Тврдоћа, по Роквелу	/	R-85 до 110
ЕЛЕКТРИЧНЕ	Диелектрична чврстоћа	$V/0.0025 \text{ min}$	500-600
	Површински отпор	Ω	$1 \cdot 10^{16}$
	Диелектрична константа 60 cikla	/	2.2-2.6
	Запремински специфични отпор	Ω/cm	$10^{15}-10^{16}$
	Диелектрични фактор губитка код 50Hz	/	0.003-0.0010

Табела 2.2. Основне карактеристике полипропилена

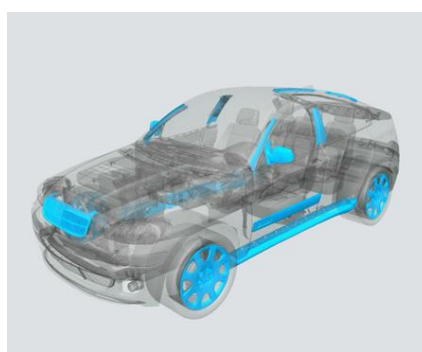
Производња полипропилена може да се одвија на неколико различитих начина, чија је заједничка особина да се мономер пропилен излаже топлоти и притиску уз присуство катализатора. Полимеризација се добија при релативно ниским температурама, при чему се добија безбојан или благо обојен полипропилен. У зависности од употребљеног катализатора и услова приликом полимеризације могу се добити различита својства добијеног полипропилена.

РР нема проблем са пуцањем приликом напрезања и нуди одличну електро и хемијску отпорност. Особине овог материјала су сличне особинама полиетилена (РЕ), али такође постоје и специфичне разлике. Најбитније разлике су мања густина, већа чврстоћа и тврдоћа као и виша тачка топљења (око 160°C, док се полиетилен топи на око 100°C). Адитиви који се користе приликом производње свих комерцијалних врста полипропилена имају задатак да заштите полимер приликом производње и побољшају особине коначног производа. Адитивима се може решити и проблем деградације и уништавања макромолекула приликом излагања полипропилена УВ зрачењу.

У аутомобилској индустрији РР се првенствено користи при изради ентеријера возила, али такође и за израду браника и делова екстеријера возила. Полипропилен намењен за ове примене одликују низак коефицијент термичког ширења, висока хемијска отпорност, отпорност на временске услове. Употреба обојеног полипропилена смањује потребу за накнадним бојењем појединих делова возила (слика 2.4.). Инструмент табла, облоге врата, облоге стубова, заслони, руковрати, облоге крова, тапети путничког и пртљажног простора, полица пртљажника, изолација инструмент табле, мале цистерне за течности (нпр. брисаче), електричне компоненте (слика 2.5)... готово све што је у унутрашњости аутомобила настаје из ситних гранула пластомера полипропилена. Те су грануле црне или беле боје, а додавањем разних нијанси белој добијају се и остале боје. У екстеријеру аутомобила од полипропилена се производе: предњи и задњи браници са саставним деловима, украсне летвице врата, калоте, разни заштитници шасије, екструдирани профили...

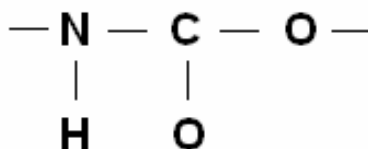


Слика 2.4. Неки од делова у аутомобилима израђени од полипропилена [13]



Слика 2.5. Плаво обојени делови у аутомобилу су од полипропилена [21]

2.2. Полиуретан



Слика 2.6. Општа формула полиуретана

Полиуретани (PUR) су једна велика породица неметалних материјала која се користи у различитим гранама индустрије. То су полимери добијени реакцијом између двоструких и вишеструких полиизоцијоната и полихидроксилних група (слика 2.6.). Полиуретан је материјал погодан за израду делова сложене геометрије. Разликују се две главне групе PUR-а:

1. PUR (poliuretan-elastomer na bazi polietera) - доступан у четири различите тврдоће. Појединачне врсте препознају се по карактеристичној боји (црвена, зелена, окер и плава).
2. PUR-NG (poliuretan-elastomer na bazi poliestera).

Карактеристике:

Обе групе PUR -а имају високу прекидну чврстоћу, добре термичке особине, добру отпорност на абразију, отпорност на хабање, отпорност на ударце, отпорност на ниске температуре и отпорност на агресивне течности (уља и раствараче), отпорност према кисеонику, озону и УВ зрацима. Такође, поседују изврсну еластичност и савитљивост.

PUR (полиуретан-еластомер бази полиетера) се примењује код следећих типова оптерећења:

- код високих динамичких оптерећења (висока фреквенца код опружног елемента)
 - код абразивних хабања
 - код контакта са врућом водом (отпорност на хидролизу)
- PUR-NG се врло добро показао у индустрији животних намирница.

Карактеристике полиуретана дате су у табели 2.3.

Особине	Јединица мере	PUR црвени	PUR зелени	PUR окер	PUR плави
Подаци о механичким особинама					
Густина	g/cm^3	1,08	1,1	1,13	1,18
Модул еластичности	N/cm^2	2300	4900	7700	16000
Затезна чврстоћа	N/cm^2	2100	3150	4300	5850
Издужење до прекида	%	800	500	450	315
Тврдоћа по Шору А		80±3	90±2	96±1	98±0.5
Тврдоћа по Шору Д			40±3	50±3	60±3
Подаци о термичким карактеристикама					
Термичка кондуктивност	W/mK	0,137	0,132	0,124	0,134
Коефицијент линеарног ширења	$1/^{\circ}C$				
од -3 до 0		$2,8 \times 10^{-4}$	$2,57 \times 10^{-4}$	$2,28 \times 10^{-4}$	$1,94 \times 10^{-4}$
од 0 до 25		$1,92 \times 10^{-4}$	$1,82 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,49 \times 10^{-4}$
од 25 до 100		$1,98 \times 10^{-4}$	$1,71 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,55 \times 10^{-4}$
од 100 до 150		$1,74 \times 10^{-4}$	$1,62 \times 10^{-4}$	$1,24 \times 10^{-4}$	$1,33 \times 10^{-4}$
Подаци о електричним карактеристикама					
Диелектрична чврстоћа	kV/mm	17-19	17-19	17-19	17-19
Површинска отпорност	Ohm/cm				
код 25		$5,0 \times 10^{11}$	$4,8 \times 10^{11}$	$3,7 \times 10^{12}$	$2,7 \times 10^{12}$
код 70		$2,8 \times 10^{10}$	$3,8 \times 10^{10}$	$2,0 \times 10^{11}$	$2,8 \times 10^{11}$
код 100		$1,7 \times 10^{10}$	$2,3 \times 10^{10}$	$1,1 \times 10^{11}$	$3,6 \times 10^{11}$

Табела 2.3. Карактеристике полиуретана [15]

Примена:

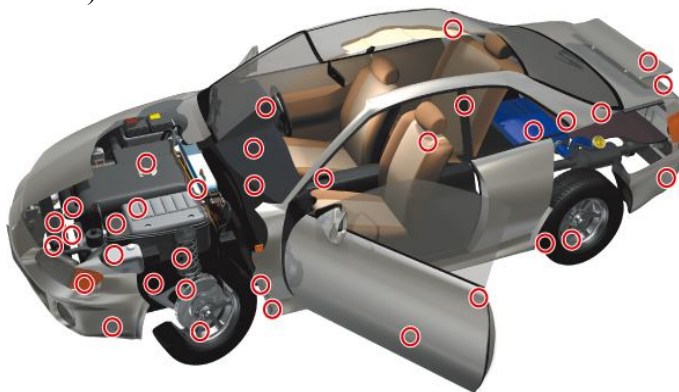
Најшира примена PUR-а је у индустрији обуће, кућних апарата, играчака, апарата и уређаја широке потрошње. Такође, PUR све више налази примену у градњи алата и прибора као и у изради машина, возила (аутомобилска индустрија) и авиона. Опружни штап, опружни прстен, браник, свлакач, избацивач и амортизер од PUR-а показали су се одличним код тешких услова и високих промена оптерећења са издржљивошћу без замора. PUR има велики значај у домену заштите животне средине код мера смањења буке у различитим машинским уређајима.

Различите индустријске гране преферирају PUR као материјал за следеће специјалности: хидроциклоне, озубљене опружне траке, мембране, сегменте за пумпе, цевне чауре за индустрију нафте. Машински елементе за текстилну и електро индустрију, заптивни прстенови, траке за скијашке везове, точићи за агресивне течности, итд.

У аутомобилској индустрији унутрашњост возила може бити направљена од полиуретана (врата и стране), облога крова, топлотна и звучна изолација, рукохвати, наслони за руке, седишта и сл. (слика 2.8.)



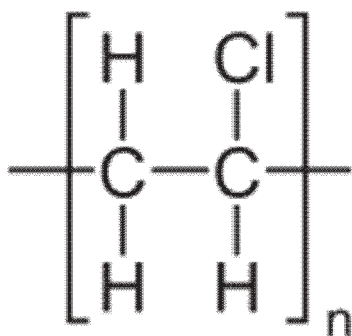
Слика 2.7. Нова технологија израде гума-точак израђен од полиуретана [23]



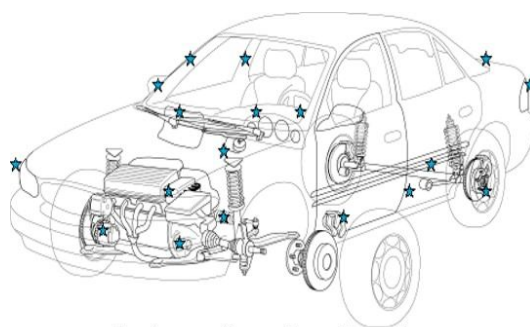
Слика 2.8. Кружићима обележени делови аутомобила израђени од PUR-а [22]

Произвођач аутомобилских гума, компанија Ханкоок, на сајму аутомобила у Франкфурту представила је концепт пуне гуме која не мора да се пумпа и која је уједно замена за аутомобилски точак. Ова гума-точак (слика 2.7.) израђена је од полиуретана, а према речима произвођача знатно је лакша у односу на комбинацију класичног точка и гуме. Друга значајна разилка је што гума не користи ваздух, па не мора да се пумпа, а самим тим не може ни да се пробуши и онеспособи у вожњи.

2.3. Поливинил хлорид



Слика 2.9. Општа формула поливинил хлорида



Automotive Applications

Слика 2.10. Неки од делова у аутомобилу израђени од PVC-а [24]

Поливинил хлорид или PVC је термопластични материјал изведен из обичне соли и фосилних горива. PVC се већином производи поступком који се назива суспензиони поступак полимеризације. Полимеризација се врши на ниским притисцима испод 1 MPa, и температури од 30 до 80°C у присуству неког неорганског или органског пероксида као активатора. Може се добијати и полимеризацијом у маси и полимеризацијом у емулзији.

PVC је ретка врста пластике која садржи атоме хлора (Cl) (слика 2.9.). Због тога што садржи хлор, тачка топљења PVC-а је веома висока (100–260°C) тако да у случају избијања пожара материјал испољава особину самогасивости. PVC се лако разлаже при веома високим температурама производећи хлороводоничну киселину и корозивни гас за разлику од других полимера.

Особине поливинил хлорида зависе од молекуларне тежине и додатих адитива. Без адитива он је тврд и ломљив.

Поливинил хлорид је тежак, тврд, савитљив и средње јак, аморфан, транспарентан материјал. Има изврсну отпорност на хемикалије (киселине и базе), масти и уља; добре реолошке карактеристике; и стабилна електрична својства. Отпоран на абразију, одличне механичке чврстоће и тврдоће – што су кључне његове техничке предности за употребу у конструкцијама. Лаган за обрађивање. PVC се може лако сећи, обликовати, варити и спајати у различите облике. PVC је отпоран на деградацију, хемијско труљење, корозију, ударце и абразију. Физичке карактеристике PVC-а дозвољавају дизајнерима висок степен слободе када дизајнирају нове производе облике где се PVC користи као замена или материјал за обнову. Његове детаљне карактеристике дате су у табелици 2.4.

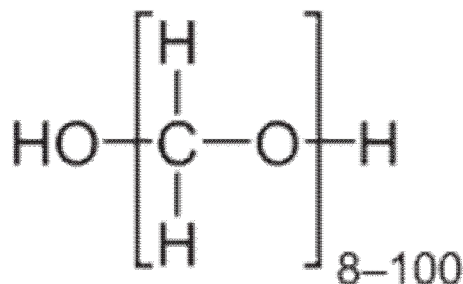
PVC је најпожељнији материјал за рекламне панеле, прозорске профиле и оквире, системе за текућу и стајаћу воду, изолацију каблова и многе друге примене.

У ауто-индустрији се користи за израду брисача, унутрашњости аутомобила, подне простирке, делове акумулатора, фолија – изолатор за стакло, седишта, електричне компоненте, тапацирање и сл. (слика 2.10.)

	ОСОБИНЕ	Јединица мере	PVC- тврди	PVC- меки
ТЕРМИЧКЕ	Специфични топлотни капацитет	kJ/kgK	0.85-0.90	0.90-1.8
	Топлотна проводност	W/mK	0.14-0.17	0.15
	Температурна проводност	$m^2/s \cdot 10^8$	7.2	-
	Топлотна продорност	$Ws^{1/2}/m^2K$	448-474	-
	Температура постојаности облика (ДИН 53460)	K	348-385	313
ФИЗИЧКЕ	Густина	kg/m^3	1380-1550	1160-1350
	Скупљање	%	0.6	0.5
	Апсорбција воде, 3mm	%	0.07-0.4	0.15-0.75
	Брзина горења	cm/min	споро	самогасив
	Тачка омекшавања	K	338-349	-
	Отпорност према деловању светла	/	нема промена	нема промена
	Пропусност светла	%	-	-
	Мутноћа	%	-	-
	Отпорност на киселине	/	врло добра	врло добра
	Отпорност на базе	/	врло добра	врло добра
МЕХАНИЧКЕ	Чврстоћа на истезање	N/mm^2	35-63	10.5-24.5
	Чврстоћа на савијање	N/mm^2	70-90	-
	Отпорност на удар	$kg \cdot cm/cm$	2.1-108	зависи од количине пластификатора
	Модул еластичности	N/mm^2	2460-4220	-
	Тврдоћа, по Роквелу	/	D-65 до D-85	A-50 до A-100
ЕЛЕКТРИЧНЕ	Диелектрична константа 60 cikli	/	3.2-3.6	5-9
	Запремински специфични отпор	Ω/cm	$1 \cdot 10^{16}$	-
	Диелектрични фактор губитка код 50Hz	/	0.0012-0.0045	-

Табела 2.4. Основне карактеристике неких PVC-а [4]

2.4. Полиацетал



Слика 2.11. Хемијска формула полиацетала

Полиацетал је тврда ацетална смола високе молекуларне тежине. По хемијском саставу то су полимери на бази формалдехида (слика 2.11.). На тржишту се може наћи као ацетал хомополимер и ацетал кополимер.

Полиацетали се највише примењују као замена за метале, нпр. цинк и бакар, који су дефицитарни на тржишту и чија је цена висока. Познат је по својој високој механичкој снази, отпорности на топлоту и dobrим антифрикционим својствима. Због готово занемарљиве апсорпције воде димензионална прецизност и стабилност је већа него код полиамида. Физичке карактеристике остају непромењене у разним срединама.

Основне карактеристике полиацетала су дате у табlici 2.5.

Производи се у природној боји (бела) као и у црној боји уз коришћење кополимерних смола. Примењује се за израду зупчаника, полуга, опруга, рачвастих прикључака, прекидача са ексцентром, копчи, компоненти пумпи, опрема за поступање с блатом као и за друге уређаје за рад под водом и у муљу.

Тренутно, полиацетал се може наћи у аутомобилима код делова који су у контакту са горивом и водом, у деловима спољашње и унутрашње декорације, код инструмент табли, делова карбуратора, електронских уређаја у аутомобилима, рукохвата, зупчаника, лежајева, уређаја за контролу брзине, преклопника за сигнализацију на воланима, и због својих добрих особина за многе сигурносне и прецизне делове (попут шољица у спонама аутомобила).

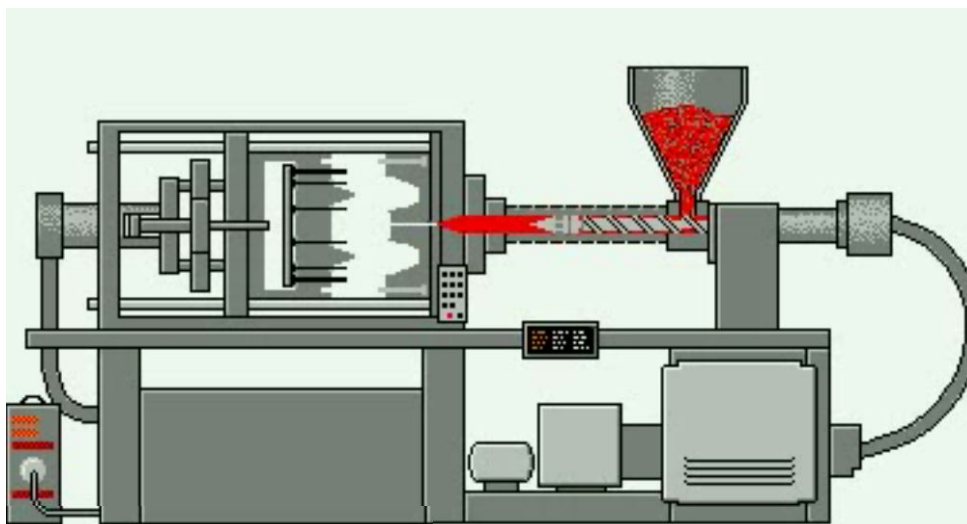
	ОСОБИНЕ	Јединица мере	РОМ
ТЕРМИЧКЕ	Специфични топлотни капацитет	kJ/kgK	1.46
	Топлотна проводност	W/mK	0.25-0.30
	Температурна проводност	$m^2/s \cdot 10^8$	8.0-4.2
	Топлотна продорност	$Ws^{1/2}/m^2K$	897-951
	Температура постојаности облика (ДИН 53460)	K	473-483
ФИЗИЧКЕ	Густина	kg/m^3	1410-1420
	Скупљање	%	1.9-2.3
	Апсорбција воде, 3mm	%	0.22-0.25
	Отпорност према деловању светла	-	нема промене
	Отпорност на киселине	/	врло добра
	Отпорност на базе	/	врло добра
МЕХАНИЧКЕ	Чврстоћа на истезање	N/mm^2	60-70
	Чврстоћа на савијање	N/mm^2	108-117
	Отпорност на удар	$kg \cdot cm/cm$	6.5-8.6
	Модул еластичности	N/mm^2	2900-3520
	Тврдоћа, по Роквелу	/	М-78 до 94
ЕЛЕКТРИЧНЕ	Диелектрична чврстоћа	$V/0.0025 \cdot min$	380
	Површински отпор	Ω	$5 \cdot 10^{11}$
	Диелектрична константа 60 cikla	/	3.7
	Запремински специфични отпор	Ω/cm	$1 \cdot 10^{15}$
	Диелектрични фактор губитка код 50Hz	/	0.011-0.015

Табела 2.5. Основне карактеристике полиацетала [4]

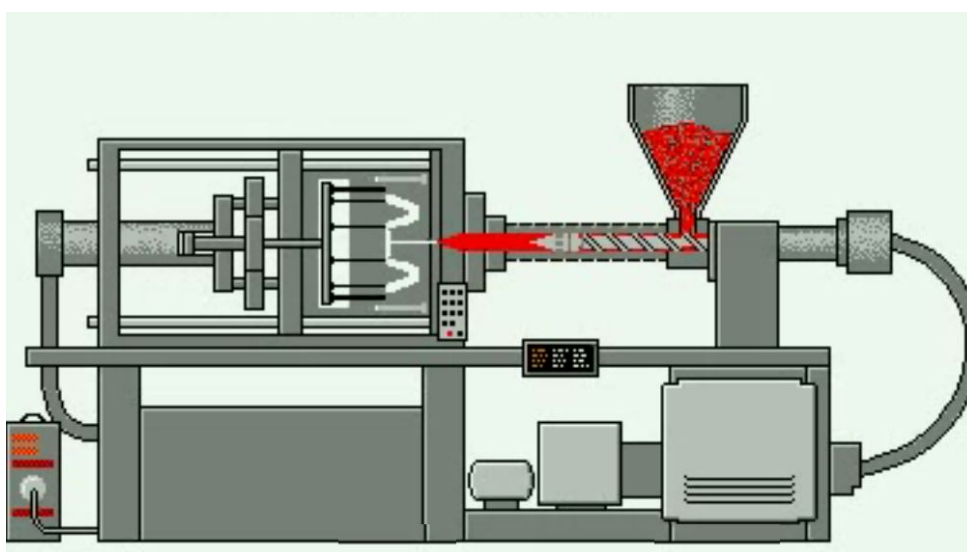
3. Инјекционо пресовање полиацетала

Екструзионим бризгањем данас се прерађују сви полимерни материјали: дурупласти, еластомери и пластомери. Од наведених полимера најраспрострањенија је прерада екструзионим бризгањем пластомера позната и под именом инјекционо пресовање термопласта [2].

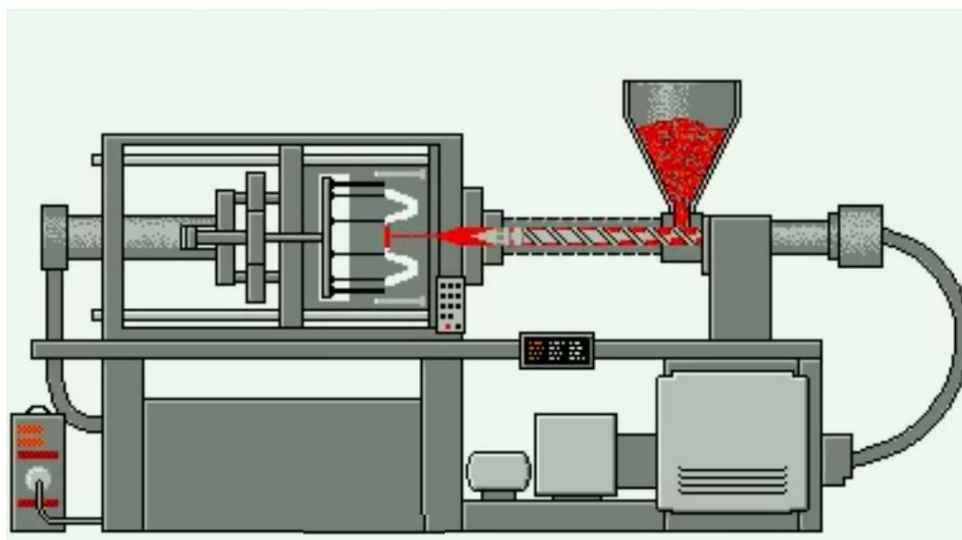
Екструзионо бризгање се може дефинисати као поступак прераде пластомера брзим убризгавањем пластомерног растопа у темперирану калупну шупљину и уједно очвршћавање у жељени облик производа (често назван отпресак). Поступак инјекционог пресовања дат је на сликама 3.1-3.7 [16].



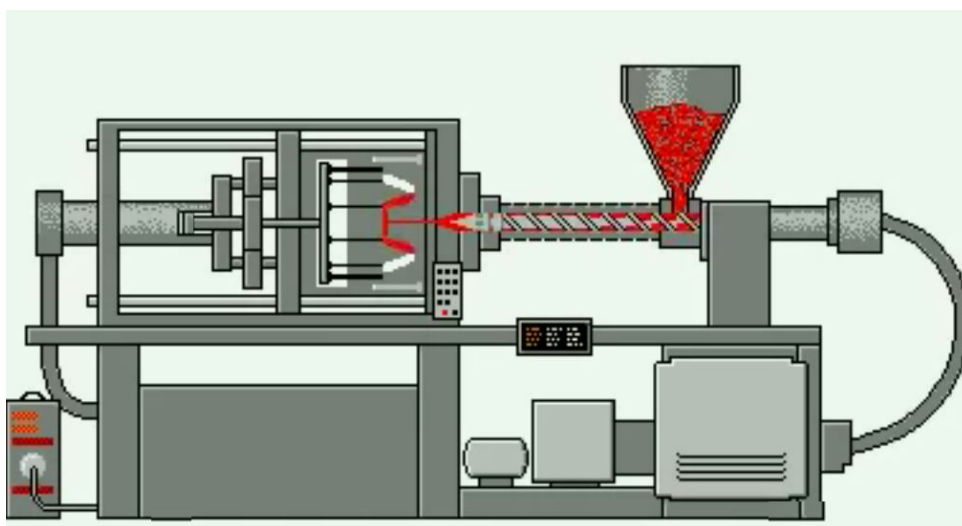
Слика 3.1. Топљење гранулата



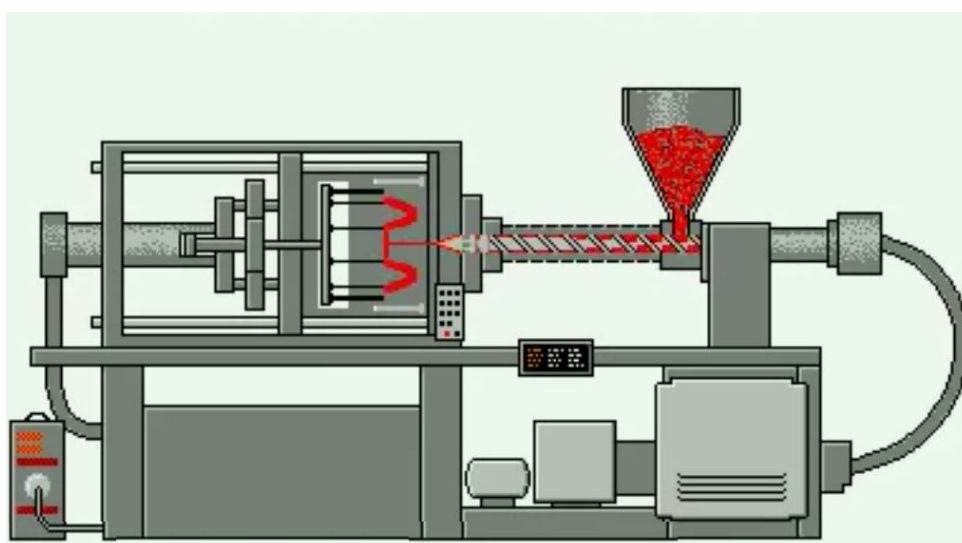
Слика 3.2. Затварање калупа



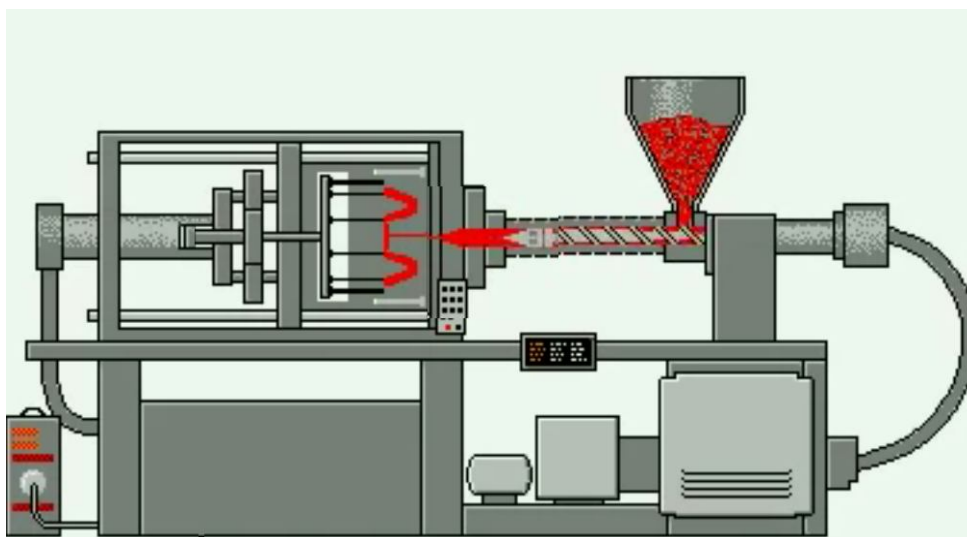
Слика 3.3. Покретање пужа напред



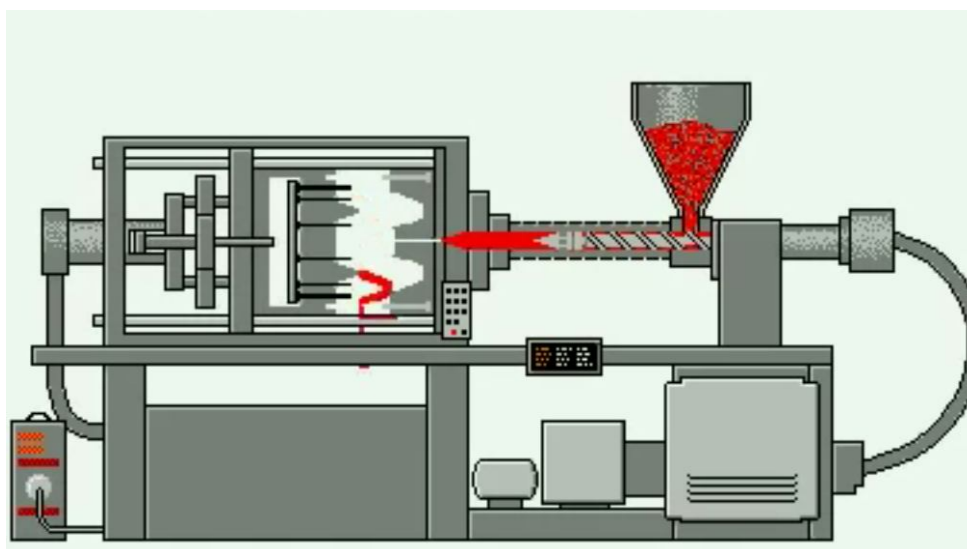
Слика 3.4. Излазак растопа под притиском



Слика 3.5. Пуњење калупне шупљине растопом



Слика 3.6. Хлађење производа, враћање пужа у почетни положај



Слика 3.7. Избацивање готовог дела из калупа

Главне предности прераде полимерних материјала поступком екструзионог бризгања су у уштеди материјала, мањем времену израде и мањем потребном простору за одвијање процеса производње. Најчешће примењене машине за ову врсту обраде полимера су екструдери са пужном предпластификацијом. Кроз левак у улазни отвор цилиндра долази гранулат пластомера. Пуж екструдера захвата гранулат и транспортује га напред ка загреваном делу цилиндра. На том путу пластомер се помера, загрева и прелази у растоп. На крају пужа растоп излази под притиском кроз млазницу и попуњава кроз уливни канал калупну шупљину. Након завршетка запреминског попуњавања калупне шупљине и компресије растопа делује накнадни притисак који служи за компензацију контракције производа при хлађењу. По завршеном хлађењу, калуп се отвара и врши се избацивање готовог производа.

Од значаја за рад је поступак инјекционог пресовања полиацеталног (РОМ-полиоксиметилена) гранулата. Он је сличан преради других пластичних гранулата. Међутим, техничке примене за које се он користи често захтевају строгу одређеност механичких особина, уске толеранције, димензионалну стабилност и леп површински изглед тако да контрола процеса бризгања постаје много критичнија [5].

3.1. Јединица за брызгање

Полиацетални гранулати се прерађују широм света на најразличитијим машинама за инјекционо пресовање које се знатно разликују по својој конструкцији. У циљу да се обезбеди најбоља прерада и највећа продуктивност, требало би пажљиво испитати машину на којој би се прерађивао РОМ. Ово испитивање обухвата цилиндар, пуж, повратни вентил, адаптер и млазницу. Уопште говорећи, клипне машине и машине са предпластификацијом не би биле погодне за прераду ове врсте материјала.

3.2. Руковање машином за брызгање

3.2.1. Поступак стартовања

Препоручен поступак стартовања са полиацеталом је припремљен да спречи непотребно предгревање гранулата и могућу контаминацију у цилиндру са материјалом са којим се претходно радило.

Приликом стартовања машине која у цилиндру има други гранулат мора се прво цилиндар прочистити на температури изнад температуре топљења тог гранулата. кристални полистирен и полиетилен су хемијски компатибилни са РОМ, док само трагови поливинил хлорида нису. Контаминација РОМ-а, PVC-ом може да проузрокује недозвољен мирис или чак жестоко избацивање материјала кроз левак за дозирање. Неопходно је веома темељно чишћење да би се уклонили и последњи трагови PVC-а из цилиндра.

3.2.2. Поступак заустављања

Престанак прераде полиацетала је веома једноставан. Најбољи начин је да се затвори довод грнулата на дну левка за дозирање, да се искључе грејачи на цилиндру (остављајући укључен грејач на млазници) и наставити нормално брызгање док се цилиндар не испразни. Машина се искључи са пужем у предњем положају и она је спремна за поновно грејање.

3.2.3. Поновно грејање цилиндра у коме је полиацетал

При нормалном поступку заустављања пуж и цилиндар ће бити готово празни. У том случају температуру млазнице, а касније и температуре на цилиндру би требало поставити на нормалне радне вредности. РОМ у млазници и адаптеру би требало да се истопи пре него што зоне у цилиндру достигну радне температуре. Ако су грејачи на млазници одговарајући онда, нормално, није потребно продужено време грејања млазнице. Када су све температуре у области радних требало би покренути пуж како би се проверило да ли је слободан. Потом левак за дозирање може да се напуни и да се отвори, а брызгање може да почне после кратког избрызгавања РОМ-а на празно.

3.2.4. Привремено заустављање

Не би требало дозволити да машине за бризгање са полиацеталом у цилиндру, на радној температури, стоје беспотребно. Уколико је неопходно да се рад прекине због мање преправке, препоручује се или да се повремено избризгава на празно или да се затвори довод гранулата на левку за дозирање и испразни цилиндар. Уколико се прекид продужава температуре би требало смањити на око 150°C . Ове радње спречавају могуће стварање депозита на пужу и цилиндру који не може да се потпуно очисти и делује као извор контаминације.

3.2.5. Заустављање у случају опасности

После заустављања у случају опасности, било због престанка довода енергије или других узрока, потребно је применити другачији поступак. У том случају цилиндар може да буде пун полиацетала који се полако хлади и који је изложен температури топљења за дужи период времена. Пуж чак може да буде у задњем положају са великом количином полиацетала испред њега. У овом случају је битно да се отворена млазница загреје на радну температуру с циљем да се омогући излазак гасова који су могли да се створе деградацијом гранулата. Потребно је да се обезбеди да су затворене дизне у отвореном положају и да се полиацетал у тој области потпуно растопи пре него што се у цилиндру достигне температура топљења. Зоне на цилиндру би требало да се загреју на неку средњу температуру испод тачке топљења полиацетала и да се обезбеди да се машина уравнотежи на тој температури. Препоручује се температура цилиндра од 150°C до 175°C . Како су све зоне биле краће на тој температури, температуре цилиндра би требало да се подигну на 205°C . Ово време зависи од величине цилиндра. Чим се РОМ истопи требало би га избацити из цилиндра додавањем новог гранулата. Уколико врућ, делимично деградиран растоп који се избризгава развија непријатан мирис требало би га убацити у посуду са водом. Када се стари материјал избризга из цилиндра, температуре у цилиндру могу да се подигну на нормалне радне вредности.

3.2.6. Температурни профил у цилиндру

Полиацетални гранулат је кристални материјал са тачком топљења од 175°C . Температура растопа би требала да буде у опсегу $210\text{--}220^{\circ}\text{C}$, мерено пирометром (слика 3.8.) са иглом уроњеном у избризгани растоп. Стварно постављене температуре на цилиндру које су потребне за достизање ове температуре растопа ће зависити од конструкције грејног цилиндра и пужа, брзине окретања пужа, радног капацитета и дужине циклуса.



Слика 3.8. Ручни пирометар [7]

3.3. Разматрање термичке стабилности

Полиацетали имају веома добру термичку стабилност при нормалној преради, али као и код свих пластичних материјала, под неуобичајеним условима може се запазити разлагање. Уколико је материјал прегрејан разлагање до формалдехида може да створи сребрне пруге на површини готовог дела и мехуре у растопу. Разлагање може, такође, да проузрокује жуте или браон мрље.

Степен разлагања или деградације зависи од времена и од температуре. Мада ће се гранулати разложити брзо на веома високој температури, он може да се разложи и на нормалној температури после веома дугог времена.

Проблем стабилности полиацетала је готово увек проузрокован неодговарајућом или нефункционалном опремом за бризгање. Грејни цилиндар, повратни вентил или млазница са слабом пропусном моћи ће изложити макар мало материјала продуженом времену загревања. Области задржавања материјала, такође може да буде резултат неодговарајућег налагања млазнице или адаптера. Проблеме могу да стварају и лоше регулисани грејачи.

Одређене нечистоће и контаминација имају негативан ефекат на стабилност овог материјала. Разлагање може чак да се јави и због употребе погрешних пигмената или прахова за подмазивање.

3.4. Услови бризгања

Најважније променљиве при бризгању су:

- Температура растопа,
- Притисак пресовања,
- Време предњег положаја пужа и
- Температура алата

3.4.1. Температура растопа

За производњу прецизних делова који поседују највише механичке особине неопходно је имати уједначен квалитетан растоп.

Показало се да полиацетали дају хомоген растоп при температури растопа од $215 \pm 5^{\circ}\text{C}$, уколико су остали радни услови нормални. Ако је време задржавања дуго, нпр. 10-15 минута, и нижа температура растопа била би довољна за добијање хомогеног растопа. У случајевима када је време задржавања у цилиндру неубичајено кратко, 2-3 минута, потребна је виша температура растопа.

Чак и при тачној температури растопа могуће је имати неистопљених гранула, што може бити проузроковано неодговарајућом конструкцијом пужа.

Што је температура растопа униформнија и што униформније материјал кристализује то се унутрашња напрезања смањују. Неуједначена температура растопа ће водити неуједначеној густини и скупљању у алату. Ово је још један разлог више да се створи хомоген растоп на тачној температури.

3.4.1.1. Против притисак

Коришћење противпритиска би било прихватљиво само онда када сва друга подешавања нису у могућности да побољшају квалитет растопа. Повећањем против притиска повећава се рад пужа у растопу. То повећава температуру растопа и његову уједначеност. Већи противпритисак може да се користи да би се елиминисале неистопљене честице и да би се побољшало мешање пигмената у случајевима када се користе концентрати боја. Повећање против притиска смањује учинак пужа гледано на количину растопа који може да избаци у току јединице времена, због продужења времена враћања пужа у задњи положај. Против притисак би требало користити само онда када повећање температуре на цилиндру или нека друга промена нису ефикасни или нису могући.

3.4.1.2. Окретање пужа

Топљење једног дела гранулата је проузроковано топлотом која се ствара смицањем унутар гранулата. Додатна топлота се обично доводи у цилиндар преко спољних грејача. Већа брзина окретања пужа повећава степен смицања и топљења.

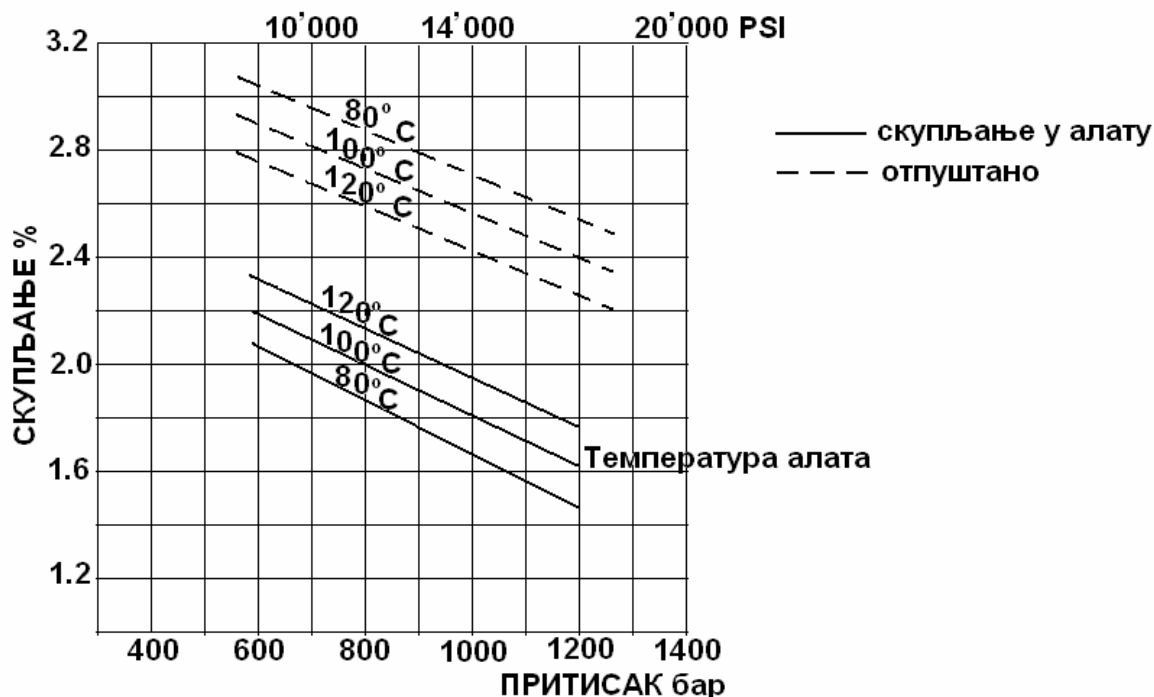
Повећање брзине окретања пужа повећава створену количину топлоте. Степен овог предгревања зависи и од конструкције пужа (нпр. од дубине и дужине појединих зона).

Код гранулата ацетала превелика брзина окретања пужа (периферна брзина) може да делује штетно на растопљен полимер због врло великог степена смицања створеног трењем између пужа и цилиндра. То значи да се под брзином окретања пужа подразумева периферна брзина, а не само брзина окретања пужа.

Периферна брзина која прелази 0.2 до 0.3 m/s може већ да буде претерана.

3.4.2. Притисак бризгања

Као и код свих термопластичних материјала скупљање у алату зависи у многоме од притиска бризгања. Повећање притиска бризгања ће резултирати у смањењу скупљања у алату (слика 3.9.)



Слика 3.9. Однос између параметара притиска и скупљања [5]

Сила затварања алата може да се израчуна из притиска бризгања којим се делује на растоп за сваки квадратни центиметар пројектоване површине. Ова рачуница аутоматски даје да је сигурносни фактор око 10%. Уколико сила затварања дозвољава могуће је да се користе и много виши притисци бризгања, али ово не би обавезно морало и да побољша механичке особине. Употреба високог притиска бризгања може да резултује у прегревању хидрауличног система машине за бризгање, што води већим варијацијама избризгане количине растопа у појединим циклусима. Притисак бризгања може да буде лимитиран силом затварања алата уколико је пројектована површина гнезда и канала велика. Превазилажење ове силе ће довести до отварања алата и разливање масе по линији споја. Притисак бризгања може да буде лимитиран и конструкцијом алата. Неадекватан држач плоча алата ће дозволити деформацију алата и резултоваће разливањем масе по линији споја. Недовољан притисак бризгања може довести до недовољно напуњених зидова дела, шупљина, унутрашњих напрезања, а самим тим и до слабијих механичких особина и мање димензионалне стабилности избризганих делова.

При бризгању полиацетала посебно се препоручује коришћење једноступеног притиска бризгања. Нагле промене притиска бризгања у току времена предњег положаја пужа могу да проузрокују промене у кристалној структури, што може да води смањењу механичких особина и слабој димензионалној стабилности.

Користећи оптималне услове бризгања и конструкцију дела, скупљање у алату при истим областима притиска бризгања су од 1,8% до 2,4%.

Уколико је време предњег положаја пужа краће од оптималног, повећава се скупљање у алату, а повећава се и ризик појаве витоперења, деформација, унутрашњих напрезања и шупљина (порозност).

Да би се осигурала ефикасност времена предњег положаја пужа, мора да буде обезбеђен добар пренос хидрауличног притиска машине преко пужа на растоп у гнезду алата. Овај пренос је једино могућ уколико постоји „јастук“ за напајање од 5 до 10 *mm* испред пужа. Како је овај „јастук“ растопљен материјал он ће се понашати као флуид и тако ће се преносити хидраулични притисак у гнездо. Због тога је важно да се спречи повраћај растопа преко повратног вентила за време одржавања притиска.

3.4.3. Брзина бризгања

Оптимална брзина бризгања зависи од геометрије дела, величине и положаја уливног места и температуре растопа. Када се бризгају делови танких зидова обично се захтевају велике брзине бризгања како би се напунило цело гнездо пре очвршћавања. Ако је брзина бризгања довољно велика да дозволи потпуно пуњење гнезда пре него што растоп почне да очвршћава могуће је да се постигне већи и уједначенији сјај површине. Локализоване површинске мане као што су убризгавање масе код уливног места и створене мрље се често смањују подешавањем брзине бризгања. Пажљивим подешавањем брзине бризгања понекад могу да се исправе витоперење и други проблеми.

Брзина бризгања и притисак бризгања би требало, идеално гледано, да се контролишу независно, мада су они међусобно повезани. Притисак бризгања се контролише отпуштањем вентила који ограничава притисак уља на нож. Брзина бризгања се контролише вентилом за контролу протока који регулише проток уља у хидраулични цилиндар за бризгање. Само код делова танких зидова може да буде корисно, у циљу повећања брзине бризгања, да се користи врло висок притисак бризгања до тренутка пре него што се гнездо максимално напуни, а онда да се укључи други, нешто нижи притисак.

3.4.4. Време предњег положаја пужа

Време предњег положаја пужа (PPP) је укупно време у току кога хидраулични притисак делује на нож. Време PPP је у функцији дебљине комада и незнатно се мења са температуром алата.

Уколико се од комада захтевају оптималне механичке особине, добар површински изглед (без присуства улегнућа и деформација) и димензионална стабилност онда се, свакако мора користити правилно време PPP.

Тачно време предњег положаја пужа се одређује мерењем тежине избризганог комада (из истог гнезда) уз степенасто повећање времена предњег положаја пужа. Добро пуњење ће се јавити при крају времена предњег положаја пужа управо када тежина дела почиње да буде константна. Време PPP ће бити ефикасно само код делова са правилно одређеним уливним местима, тако да уливно место не очврсне пре него

што се гнездо напуни. Када комад достигне своју максималну тежину може да се прихвати да је уливно место очврсло и да је гнездо пуно.

3.4.5. Димензије уливног места

Најважнији принципи којих се треба придржавати код овог сегмента су:

1. Дебљина уливног места би требало да буде најмање 50% дебљине дела на страни уливног места.
2. Уливна места би требало да се уливају на најдебљи део комада који се ради.
3. Уливни канали би требало да буду дебљи од најдебљег пресека дела који се израђује.
4. Попречни пресек уливног канала који има најмање губитака притисака (осим кружног који је идеалан) је трапезоидан пресек, а дебљина канала је у овом случају пречник уписане кружнице у трапезни пресек.

3.4.6. Циклус бризгања

Циклус бризгања се састоји из више сегмената. Главни елементи циклуса су:

- Време предњег положаја пужа (време PPP)
- Време повлачења пужа (време хлађења)
- Време отварања алата

Време предњег положаја пужа се састоји од времена бризгања и времена за које пуж потиснут напред дејством притиска бризгања. Затим се пуж повлачи тако да се испред њега задржи довољно растопа за следеће бризгање. Део може да се избаци из алата. Није потребно да се у оквиру циклуса остави додатно време за хлађење. Када су комади урађени под dobrим условима и уз тачно време предњег положаја пужа биће могуће да се избаце из алата одмах после повлачења пужа и то: због чврстоће смоле и на високим температурама. Време отвореног алата је диктирано самом машином и параметрима алата.

У идеалном случају циклус бризгања ће бити одређен највећим делом дебљином зида који се ради. Време предњег положаја пужа које је функција дебљине комада и мења се незнатно са температуром алата, биће довољно дуго за очвршћење правилно димензионисаног уливног места. Ово резултује максималном тежином камада, минималним скупљањем у алату и минималном тенденцијом стварања шупљина и површинских деформација. Као резултат тога, механичке особине, а посебно елонгација, ће бити највеће када се користи време предњег положаја пужа које одговара дебљини комада. У већини случајева постоји мала потреба за додатним временом хлађења и зато је време повлачења пужа само толико дуго колико је потребно да се допуни цилиндар и пуж.

Полиацетал може, исто тако да се прерађује циклусима који су краћи од онога који би био захтеван у зависности од дебљине комада. Под овим условима димензије уливног места би требало да се подесе тако да скраћено време предњег положаја пужа буде одговарајуће за очвршћавање самог уливног места. Време предњег положаја пужа

не би требало да се смањује до степена где се појављују шупљине и деформације. Други захтеви комада при експлоатацији морају да се пажљиво провере, тако да квалитет комада и његово понашање у експлоатацији буду задовољавајући.

Низ других фактора, поред услова бризгања, могу да имају знатан утицај на циклус. Слаба конструкција или неадекватно хлађен алат, машина за бризгање са спорим реакцијама или машина са неодговарајућом јединицом за бризгање могу, такође, да повећају трајање циклуса.

3.4.7. Температура алата

Како је полиацетал висококристални материјал он има релативно високо изражено скупљање. Температура алата утиче на брзину кристализације растопа током очвршћавања комада у алату. Зато је то и одлучујући фактор у одређивању димензионалне стабилности.

Укупно скупљање, које се јавља код дела од полиацетала састоји се од скупљања у алату и накнадног скупљања. Скупљање у алату је дефинисано као промена димензија између величине гнезда и очврснутог комада 24 часа по избацивању из алата. Накнадно скупљање се јавља после старења комада и оно се такође назива скупљање под дејством околине.

Скупљање у алату за полиацетал се повећава са повећањем температуре алата. Међутим, укупно скупљање, скупљање у алату и накнадно скупљање, се смањује са повећањем температуре алата.

3.4.8. Технике за оптимизацију продуктивности

Ови поступци се заснивају на проналажењу таквих услова прераде под којима ће се обезбедити оптималне механичке особине, димензиона стабилност, толеранције, сам изглед итд. Максималне физичке особине материјала нису увек захтеване за комад од стране крајњег корисника те ће бити разматране технике за повећање продуктивности уз обезбеђење квалитета који одговара захтевима крајњег корисника.

Процедура „корак по корак“ има за циљ да буде путоказ који помаже одређивању оптималног циклуса бризгања. Она се састоји у следећем:

- 1) Обезбедити производне податке за комад у комерцијалној производњи према постојећем циклусу

Ово нам служи као основа за процену побољшања продуктивности.

- 2) Одредити критичне параметре квалитета за тај комад.

Овај корак је неопходан да би могао да се одреди када се произведе задовољавајући, односно незадовољавајући комад. Критични параметри квалитета могу да буду тежина, димензије, толеранције, изглед итд. Из практичних разлога је пожељно да се комади провере брзо при изласку из алата да би се одредили релативни ефекти

променљивих услова прераде уз минималан губитак времена. Међутим, требало би прихватити да ће се стварне димезије променити када се комад охлади и код комада где су димензије критиче требало би обавити мерење око 24 часа по бризгању.

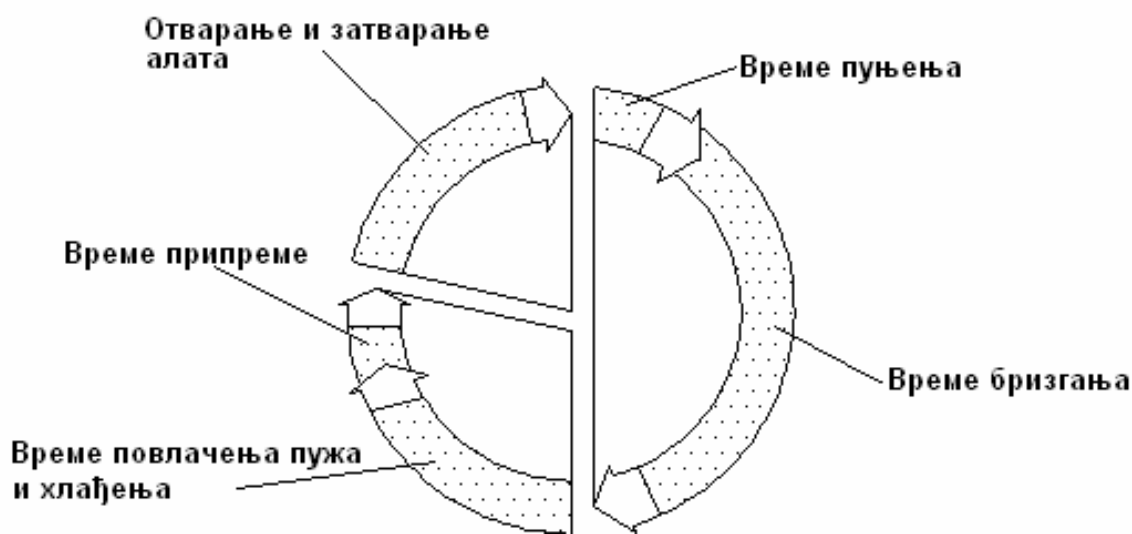
Веома је важно да се пажљиво чувају подаци и тачно обележени узорци после сваке извршене промене у условима прераде. Ако се постигне веома кратак циклус, а утврди се после стања преко ноћи да је комад ван спецификације, онда подаци из табеле могу да покажу који други циклус може да да задовољавајући комад, а да се не иде на првобитан. На пример, фина промена променљивих, као што је притисак бризгања може да доведе комад унутар димензионих толеранција при краћем циклусу него што би се очекивало. Релативно просте промене у алату као што је промена величине уметка, такође могу да се користе за даље скраћивање укупног циклуса, а да се даље добија комад задовољавајућих карактеристика. Критични параметри квалитета комада би требали да се проверавају после сваке извршене промене.

3) Провера рада опреме

У циљу максималног остварења предности које могу да се очекују из карактеристика које нуди полиацетал сви делови који су укључени у сам процес инјекционог пресовања морају да тачно функционишу. Често се неки проблем на опреми, који смањује оптимални ниво продуктивности, може отклонити веома лако.

4) Почети бризгање уобичајним циклусом

Бризгање треба почети са већ утврђеним циклусом уз коришћење постојећих података из производње, како би се постигли уобичајени услови. Како се циклус скраћује неопходно је да се захтева већи проток растопа. Такође се мора мало повећати температура на цилиндру. Смањити температуру алата да би се одржала температура у гнезду у препорученој области. Касније може да се дотера притисак да би се добио оптималан квалитет комада. Операције од 5 до 10 се односе на слику 3.10., која шематски приказује од чега се састоји циклус бризгања.



Слика 3.10. Циклус бризгања [5]

5) Одржавати што краћим време за које је алат отворен

Алат би требало да буде отворен само онолико колико је потребно да се уливни канали и комади избаце из њега. Само отварање би требало да буде што је могуће краће и могу да се користе разне технике, као на пример, ваздушни млаз, да би се убрзало избацивање лаких комада. Комплексни алати са унутрашњим ексцентрима, клизним вођицама или алати са три плоче увек ће имати дуже време отварања.

6) Смањити време пуњења

Да би се гнездо брзо напунило користе се пумпе велике запремине. Ово је посебно случај код комада са танким зидовима. Време кретања пужа зависи од сабирника и првог степена притиска бризгања који би требало да се заврши само који тренутак пре него што се гнездо сасвим напуни.

7) Повећати притисак бризгања

За комаде који имају дебљину зида испод 1.5 mm притисак бризгања би требало подићи на максимални ниво који неће узроковати отварање алата уз одржавање тачних димензија комада.

8) Смањити време хлађења

Време хлађења се може смањити тако да буде једнако времену повлачења пужа. Број окретања пужа (RPM) може да се повећа да би се смањило време повлачења, мада периферна брзина не би требао да пређе $0,2$ до $0,3\text{ m/sec}$.

У посебним случајевима, када се користи врло пажљиво конструисана и одржавана затворена млазница, може да се дозволи да се време повлачења пужа протеже и кроз време отварања алата. Ово дозвољава избацивање комада из алата док се пуж још увек повлачи.

9) Подесити уређај за контролу температуре алата

Температура флуида који се користи за контролу температуре алата требало би да се смањи са циљем да се одржи жељена температура површине гнезда пошто је циклус скраћен и прилив растопа се повећао. Како се време за један циклус смањило то ће бити неопходно да се из гнезда одведе већа количина топлоте. У појединим случајевима може да буде потребно да се користи много јачи измењивач топлоте.

10) Скратити време предњег положаја пужа

Када се време повлачења пужа доведе до минимума и када су комади још увек унутар спецификације, може да се скраћује време предњег положаја пужа. Максимално време бризгања је најкраће време при коме се комади лако избацују из алата. Даље смањивање је обично ограничено деформацијама или пробијањем комада избацивачима или немогућношћу одржавања жељених димензија. Уређаји за контролу температуре алата и растопа морају да се поново наштелују да би се одржала жељена температура у гнезду. Међутим, требало би да се посвети пажња да се време предњег положаја пужа превише не скрати, јер то може да утиче на механичке особине готовог комада.

11) Радити са новим циклусима

Са новим циклусима треба радити око једног часа и то пошто су се сви услови стабилисали. Потребно је периодично контролисати критичне параметре квалитета за комад који се ради.

12) Увести нови циклус у производне податке

После рада неколико смена са новим циклусима треба упоредити број произведених задовољавајућих комада са бројем произведеним у претходним циклусима. Број задовољавајућих комада по смени може да се дефинише као укупан прој произведених комада умањен за шкарт.

У циљу добијања максималних предности побољшања прераде може да буде корисно да се размотре нека од следећих питања:

- систем за довод гранулата – он мора да буде способан да снабдева машину и при већим производним брзинама;
- контрола температуре алата – она је критична за обезбеђивање производње комада са добром димензионалном уједначеношћу;
- рад алата – највећа предност рада са кратким циклусим најбоље може да се постигне код потпуно аутоматизованих алата;
- одзрачавање алата – за квалитет комада је критично и одзрачавање алата. Када су циклуси скраћени, брже бризгање више оптерећује постојеће канале за одзрачавање. Потискиван ваздух мора брзо да напусти алат, како би растоп несметано могао да напуни гнездо. Одговарајуће одзрачавање, такође, помаже спречавању корозије алата и стварање депозита;
- систем уливних канала – други начин да се скрати циклус је да се систем уливних канала смањи на минимум који може да обавља своју функцију;
- руковање коадима – руковање коадима и њихово паковање морају да се обављају несметано и при повећаној брзини производње;
- гранулати као фактор оптималне продуктивности – од врсте гранулата у многоне зависи и продуктивност при инјекционом пресовању. И између полиацетала постоје разлике у побољшању. Најбољи су они полиацетали који су побољшани тако да могу брже и лакше да пуне гнездо и имају мању тенденцију витоперења, који брже очвршћавају, те се могу раније избацити из алата, са побољшаним подмазивањем како би се лакше избацио комад из алата и који имају смањену осетљивост на мање варијације бризгања (уједначенији квалитет, мањи шкарт, ређе прекидање континуираног рада), а такав је нпр. полиацетал „Дерлин 100.“

3.5. Димензионо разматрање

Делови израђени од полиацеталних гранулата имају веома добру димензионалну стабилност под разним спољашњим условима. Међутим, као и код свих материјала постоје фактори који утичу на димензионалну стабилност делова од полиацетала и уколико су толеранције веома битне ови фактори би требало да се посебно размотре. Ту најпре треба размотрити следеће факторе:

- Основи димензионалне контроле
- Скупљање у алату
- Накнадно скупљање
- Отпуштање
- Промена услед дејства околине
- Толеранције при бризгању

3.5.1. Основи димензионе контроле

Димензије бризаног дела су примарно одређене оним променљивим које утичу на пуњење гнезда и брзину хлађења. И притисак бризгања и време предњег положаја пужа (до очвршћавања уливног места) имају важан утицај на пуњење гнезда (и на тежину тела). Брзина хлађења је у великој зависности од температуре алата и дебљине комада.

Брзина хлађења утиче на димензије бризганих делова од полиацетала због тога што је то кристални материјал. У растопу су ланци полимера у хаотичном распореду. Када полимер очвршћава ланци заузимају правилнији и гушћи кристални распоред. Са повећањем кристалности такође се повећавају и густина и скупљање.

Димензионе промене које могу да се појаве после бризгања могу да буду реверзибилне или иреверзибилне. Реверзибилне промене су резултат тоplotног ширења или контракције и због апсорпције воде или других растварача. О овоме ће бити више речи касније, у овом поглављу, под променама услед дејства околине.

Иреверзибилне промене код димензија се јављају када се полимерни ланци који су очврсли у нестабилном распореду уређују у стабилније стање, на пример опуштање унутрашњих напона или повећање кристалности. Ове промене ће се разматрати код накнадног скупљања и отпуштања.

Димензионисање гнезда за полиацетал мора да узме у обзир и скупљање у алату. Скупљање у алату је разлика димензија између гнезда на температури алата и готовог комада пошто се охлади на собну температуру (око 24 часа по бризгању). Накнадно скупљање се наставља после овог периода у бесконачност.

3.5.2. Скупљање у алату

Скупљање у алату за полиацеталне гранулате зависи од:

- Температура алата (гнезда)
- Притиска бризгања
- Времена предњег положаја пужа
- Величине уливног места
- Дебљине комада

Температура алата (односно температура зидова гнезда) има значајан утицај и на скупљање у алату и на накнадно скупљање. Повећање температуре зида гнезда повећаће скупљање у алату док ће смањење температуре зидова смањити скупљање у алату (промена је око $0,1\%/14^{\circ}\text{C}$). Накнадно скупљање је зависно у супротном смеру. Што је већа температура зида гнезда то је мање накнадно скупљање и комад је димензионално стабилнији.

Уопштено говорећи, да би се добила димензионална стабилност и добар спољашњи изглед за комаде који су тањи од 3mm , потребна је виша температура зидова гнезда, обично изнад 90°C . Комади чија је дебљина већа од 3mm могу да захтевају нижу температуру гнезда.

У нормалним областима притиска бризгања од $80\text{--}100\text{MPa}$ промене од око 7MPa одговарју промени скупљања од око $0,07\%$. Притисци бризгања који су нижи од горе препоручених могу да створе унутрашње напоне у комаду које воде слабој димензионалној стабилности у лошем изгледу.

Време предњег положаја пужа зависи од дебљине комада који се ради и температуре алата, уз коришћење правилно димензионисаног уливног места.

Бризгање полиацетала са краћим временом предњег положаја пужа него што је потребно за максималну тежину комада, проузроковаће велико повећање скупљања у алату. Оваква техника бризгања може понекад да се користи, уколико нису потребне максималне особине, ипак није могуће дати неки корекциони фактор. Повећање скупљања у зависности од величине скраћења времена предњег положаја пужа може да буде у области од $0,1\text{--}1\%$.

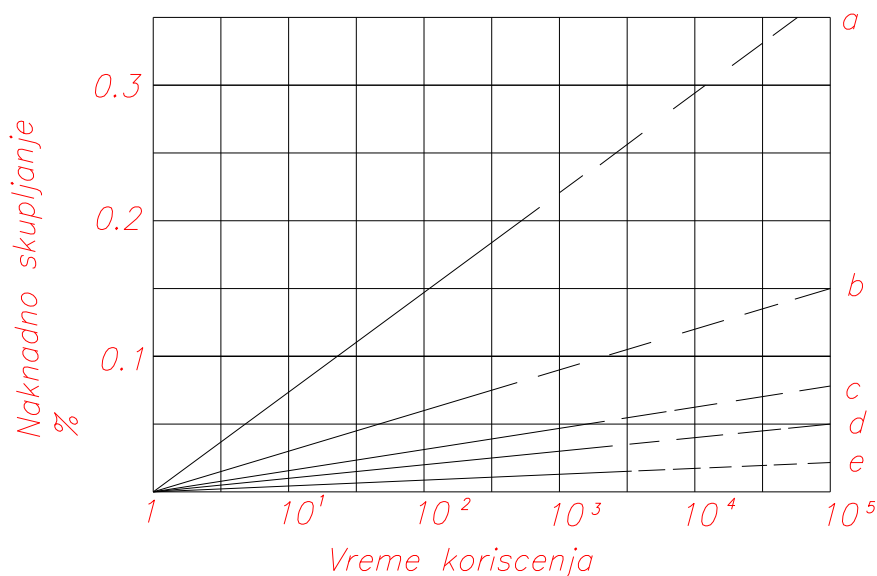
Идеална дебљина уливног места би била од $50\text{--}60\%$ дебљине комада на страни уливног места. То обезбеђује отворео уливно место све док комад не очврсне јер ће треће растопа у току времена бризгања повећати температуру метала око уливног места. Уколико је уливно место сувише мало оно ће прерано очврснути. У том случају би требало очекивати веће скупљање, као што би био случај када се користи кратко време предњег положаја пужа са правилно димензионисаним уливним местом.

Скупљање у алату код комада са уједначеном дебљином зидова ће бити уједначено. Ако је уливно место правилно постављено на најдебљем делу комада и ако се примењује правилно време предњег положаја пужа скупљање ће бити скоро једнако на свим деловима, чак и код комада са неједнаким дебљинама зидова. Уколико је уливно место постављено на тањем делу, оно ће очврснути пре него што се дебљи зид потпуно испуни и довешће до већег скупљања у тој области.

3.5.2.1. Накнадно скупљање

Скупљање у алату се јавља у гнезду и до уравнотежења температуре са околином, док се стајањем може јавити додатно скупљање. Ово накнадно скупљање је иреверзибилно и одређено је брзином хлађења, што значи температуром алата и дебелином комада. Врући алати, 90°C или више, мерено на површини гнезда, смањују накнадно скупљање на врло низак ниво. Уколико комад захтева уске толеранције, а изложен је дуже време повишеној температури, може да буде неопходно отпуштање. Међутим, уколико се комад излаже умереним температурама може да се постигне добра димензионална стабилост и без отпуштања уколико се користи температура алата од најмање 90°C .

Ефекат континуираног излагања комада дебелине $3,2\text{mm}$ бризганих уз различите температуре алата може да се види из слике 3.11.



а-температура алата 60°C
 б-температура алата 90°C
 ц-температура алата 90°C
 д-отпуштано
 е-отпуштано

температура коришћења 60°C
 температура коришћења 60°C
 температура коришћења 23°C
 температура коришћења 60°C
 температура коришћења 23°C

Слика 3.11. Зависност скупљања од времена изложености различитим температурама [5]

3.5.3. Отпуштање полиацетала

Отпуштање полиацетала је повремено корисно како би се отпустили унутрашњи напони и стабилизовале димензије. Обим скупљања који може да се појави зависи од променљивих које утичу на брзину хлађења, посебно од температуре алата и дебелине комада. За епрувету дебелине 3mm из алата са температуром 38°C утврђено је после отпуштања накнадно скупљање по дужини од 1,1% док је иста епрувета из алата на 121°C имала скупљање после отпуштања само 0,4%. Ове вредности могу да буду веће за тање комаде.

3.5.3.1 Постпуци отпуштања

Отпуштање делова од полиацеталних гранулата може да се изводи у ваздуху или у уљу.

Отпуштање у ваздуху се најбоље изводи у пећи са принудном циркулацијом ваздуха на $160^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Када се пећи са деловима постигне ова температура треба сачекати 30 минута да би се обезбедило да сви делови достигну ту температуру. После овога комаде треба оставити на тој температури и то око 5 минута/*mm* дебљине.

Делови могу да се отпуштају и у инертним минералним уљима која имају високу тачку кључања и то задржавањем око 5 минута/*mm* дебљине по достизању температуре од $160^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Мора да се обезбеди добро мешање како би се обезбедила уједначена температура уљног купатила и спречило местимично прегревање уља. Местимично прегревање може да проузрокује деформације дела или чак топљење.

Било да се за отпуштање користи ваздух или уље мора се обезбедити лагано хлађење делова у медијуму за отпуштање. Када температура падне на око 80°C делови могу да се изваде без проблема. Димензије комада од полиацеталних гранулата се мењају са температуром околине и са апсорпцијом мале количине воде.

3.5.4. Толеранције

Делови добијени бризгањем су подложни малим варијацијама димензија од комада до комада. Уколико бризгане компоненте морају да се уклопе са неким другим компонентама, онда један од главних задатака постаје задовољавање прописаних толеранција.

Да би се код бризгања испуниле задане толеранције, прво мора да се почне са разматрањем конструкције алата. У овом погледу алат добија већу важност са повећањем броја гнезда. Код алата са више гнезда сва морају да буду идентична. Уливно место за свако гнездо мора да се пажљиво димензионише и прецизно направи како би се обезбедило пуњење сваког гнезда идентичном количином растопа. Место постављања уливног места може, такође, да буде критично за обезбеђивање уједначеног пуњења свих делова гнезда. Уливни канали такође морају да буду тако конструисани да обезбеђују што је могуће униформнији проток растопа до свих гнезда. Како скупљање у алату много зависи од уједначене брзине очвршћавања, то би температура алата требало да буде иста како на свим површинама унутар појединог гнезда тако и у свим гнездима.

Процес инјекционог пресовања може да се сматра као једна стационарна операција која се прекида увек у тачно одређеним временским интервалима. Одступање од тачних временских интервала или неуједначеност било које променљиве у овој операцији ремети стационарне услове што ће се одразити у уједначености квалитета како од циклуса до циклуса тако и од комада до комада. Сходно томе се императивно намеће што је могуће строжа контрола сваке поједине променљиве. Ово обухвата одржавање константних фактора као што су температуре цилиндара и алата, брзина бризгања, притисак, укупно време трајања циклуса, као и времена појединих делова циклуса.

Важно је напоменути неколико општих примедби о толеранцијама:

1. Прописане толеранције не би требало да буду строже од оних које ће функционално задовољити.
2. Уске толеранције не би требало да се прописују код комада који имају знатне варијације у дебљини зида.
3. Уколико се уске толеранције траже за више димензија то ће редовно резултирати повећањем цене комада.
4. Уске толеранције не би требало да се прописују за димензије код линије затварања алата нити код димензије које су контролисане покретним уметцима.
5. Једна од најбољих метода за проверу уједначености производње од циклуса до циклуса је контрола тежине комада. За добро контролу је неопходна вага са тачношћу од 0,3% од тежине комада.

3.6. Помоћне операције

Помоћне операције повезане са прерадом полиацетала су:

- руковање материјалом,
- регенерат,
- сушење,
- бојење.

3.6.1. Руковање материјалом

Зависно од произвођача, полиацетали могу да се испоручују суви или са одређеним степеном влаге. Код сувих полиацетала нема потребе за додатним сушењем, али се неће погрешити и ако се мало досуше. Гранулат који је био ускладиштен у хладним складишту требало би да се, пре почетка прераде, доведе на собну температуру, како би се спречила кондензација влаге и разлика у укупно потребној количини топлоте за топљење материјала, а самим тим и температуре растопа.

Већина полиацеталних гранулата садрже средства за подмазивање, те даље подмазивање није потребно.

3.6.2. Регенерат

Поновно коришћење већ прерађеног полиацеталног гранулата је могуће без значајних одступања физичких особина и боје.

Успешно коришћење регенерата зависи од низа фактора:

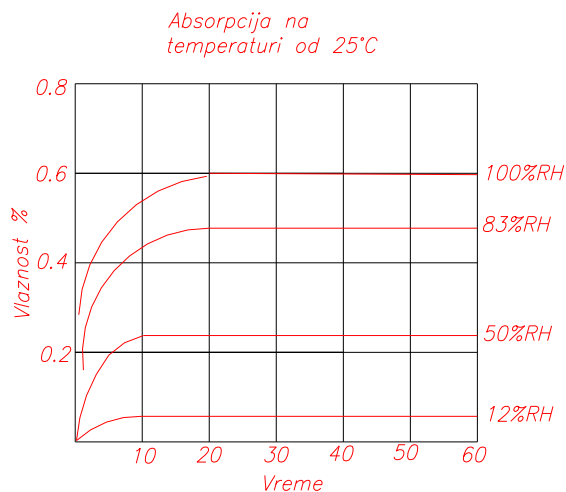
- При млевењу не користити комаде или уливне канале код којих је дошло до промене боје или појаве сребрних пруга – ове појаве могу да индицирају да је у току прераде дошло до разлагања материјала.
- Заштитити регенерат од контаминације чувањем у чистим, сувим, правилно обележеним, покривеним посудама.

- Када је год могуће спречити нагомилавање регенерата користећи поступак континуираног млевења и коришћења добијеног регенерата.
- одржати константан однос основног гранулата и регенерата и добро их мешати пре прераде. Одговарајући однос зависи од квалитета регенерата и захтева комада који се ради. Прихватљива средња вредност је око 30% регенерата.
- Одржавање ножева млина, њихово редовно оштрење и правилно подешавање, према инструкцији произвођача, смањује стварање веома ситних честица. Пожељно је на млину користити сито са отворима пречника 8mm.
- Сувишне количине ситних честица треба уклонити коришћењем вибрационог сита са отворима од 12 или 16 меша.
- Избегавати коришћење регенерата непознатог порекла.

3.6.3. Сушење

Мада се не захтева сушење основног гранулата, те се самим тим и регенерат уобичајено користи без сушења, али се препоручује због сигурности код неких посебних случајева. Полиацетал се лако суши у пећи са принудном циркулацијом ваздуха или у уређају за сушење на самом левку и то обично око 4 часа на температури од 85°C. Уређај за сушење на левку се повремено користи за предгревање гранулата, а тиме и за повећање количине растопа у цилиндру рачунато у јединици времена.

Брзина абсорпције воде за полиацетал при различитим влажностима приказана је на слици 3.12.



Слика 3.124. Брзина абсорпције воде при различитој влажности [5]

3.6.4. Бојење

Произвођачи полиацетала производе полиацетале у комплетном низу стандардних и посебних боја које дају уједначене нијансе. Поред овога за поједине боје могу да се добију и концентрати боје, као и мешавине обојеног гранулата. Обојени гранулат показује извесне разлике у жилавости у односу на природни. Понекад могу да се приликом упоређивања обојеног и природног гранулата примете и мале разлике у течљивости и скупљању.

Постоје и други системи бојења. Полиацетал може да се обоји и прерадом гранулата природне боје који је суво помешан са пигментима. Одговарајуће мешање и дисперговање пигмената обично може да се постигне и стандардним пужним машинама.

У случају израде комада са танким зидовима или ако се захтева строго одређена боја, може да буде потребан специјалан пуж са зоном за мешање. Овакав уређај би требало да буде конструисан на сличан начин као и остали делови опреме да не би дошло до стварања тзв. мртвог простора.

Општа је препорука да приликом коришћења мешавине пигмената не би требало да се превазиђе укупна концентрација пигмената од око 0,2%.

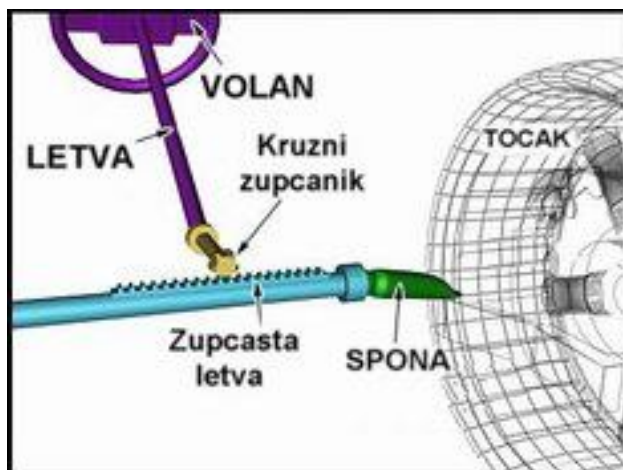
Полиацетал би требало да се меша са пигментом у стандардном добошном миксеру напуњеном од 30 до 60% укупне запремине и то 5 до 10 минута како би се спречила агломерација пигмената.

4. Пример дела од пластичне масе који се користи у аутомобилу

Унутар једног данашњег, модерног аутомобила мотор и његови подсистеми су задужени за покретање, кочнице за заустављање, мењач за преношење снаге, компјутер за контролу свих процеса, али подједнако битан систем, односно склоп у једном аутомобилу јесте и систем управљања. Како снага не представља ништа без контроле, стога битна ставка читавог система је управљање возилом, наравно, путем окретања волана. Ово на први поглед делује једноставно, међутим, данас више нема ниједног једноставног система у аутомобилима. Истина је да је базичан концепт управљања врло једноставан, али он уједно мора бити и ефикасан.

Са становништа безбедности саобраћаја управљачки механизми спадају у најважније уређаје на моторном возилу. Управљачки механизми имају задатак да обезбеде усмеравање управљачких точкова и одржавање правца за време кретања возила. Управљачки механизми по правилу делују на предње точкове возила.

Концепт је, дакле, врло лак за разумевање (слика 4.1.) – у кабини аутомобила је волан који се okreће на једну или другу страну, волан је повезан са системом зупчаника који ротационе покрете претварају у линеарне, који даље покрет преносе ка точковима, који се okreћу у задатом правцу. Главни систем који је задужен за спровођење ове операције је летва волана, која у себи и садржи поменути сет зупчаника. Волан је летвом повезан са омањим зупчаником, који заправо чини други крај исте. Тај зупчаник с краја помера хоризонтално постављену зупчасту шипку, односно летву, која на себи има зупце који одговарају зупцима са поменутог зупчаника. Дакле, у систему практично имамо две летве – усправну (ка волану) и хоризонталну (ка точковима). Тако, када се помера волан удесно, заротира се кружни зупчаник, који радом својих зубаца помера хоризонталну летву. Она је даље у спрези са предњим точковима, који се помоћу спона померају у задатом правцу. Дакле, ово нема никаквог утицаја на слободно ротирање точкова – они су „закачени” за аутомобил помоћу осовина и слободно ротирају око истих помоћу лагера. Споне, које су битне за процес померања точкова лево-десно, су у вези са целим тим склопом који „носи” точак, те је тако његово ротирање потпуно ефикасно у односу на окретање волана и померање система летве [17].

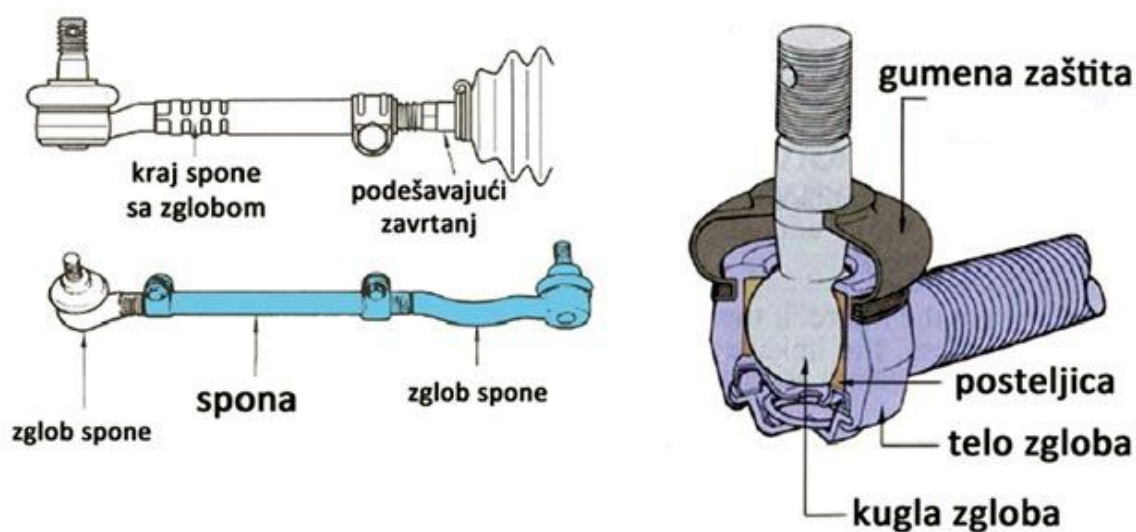


Слика 4.1. Управљачки систем у аутомобилу [17]

Код савремених возила у широкој употреби су најчешће два решења управљачких преносника који су се показали као најпогоднији са више аспеката. Прво решење је са зупчастом летвом, а друго решење је преносник са завојним вретеном и куглицама. Пужни преносник се данас ређе користи на путничким аутомобилима. Доминантно решење за управљачке преноснике је зупчаста летва, најчешће потпомогнута хидрауличним или електричним серво уређајем.

Преносни механизам (слика 4.2.) се састоји од различитих спона и зглобова и задатак му је да пренесе кретање са управљачког преносника на управљачке тачкове. Пренос кретања мора бити прецизан без обзира на вертикално кретање тачкова.

Комплексност преносног механизма зависи од типа управљачког преносника и још неких параметара конструкције возила. Управљачки преносник са зупчастом летвом захтева најмањи број спона, али је ефикасан у преношењу кретања [18].



Слика 4.2. Споне и зглобови преносног механизма [18]

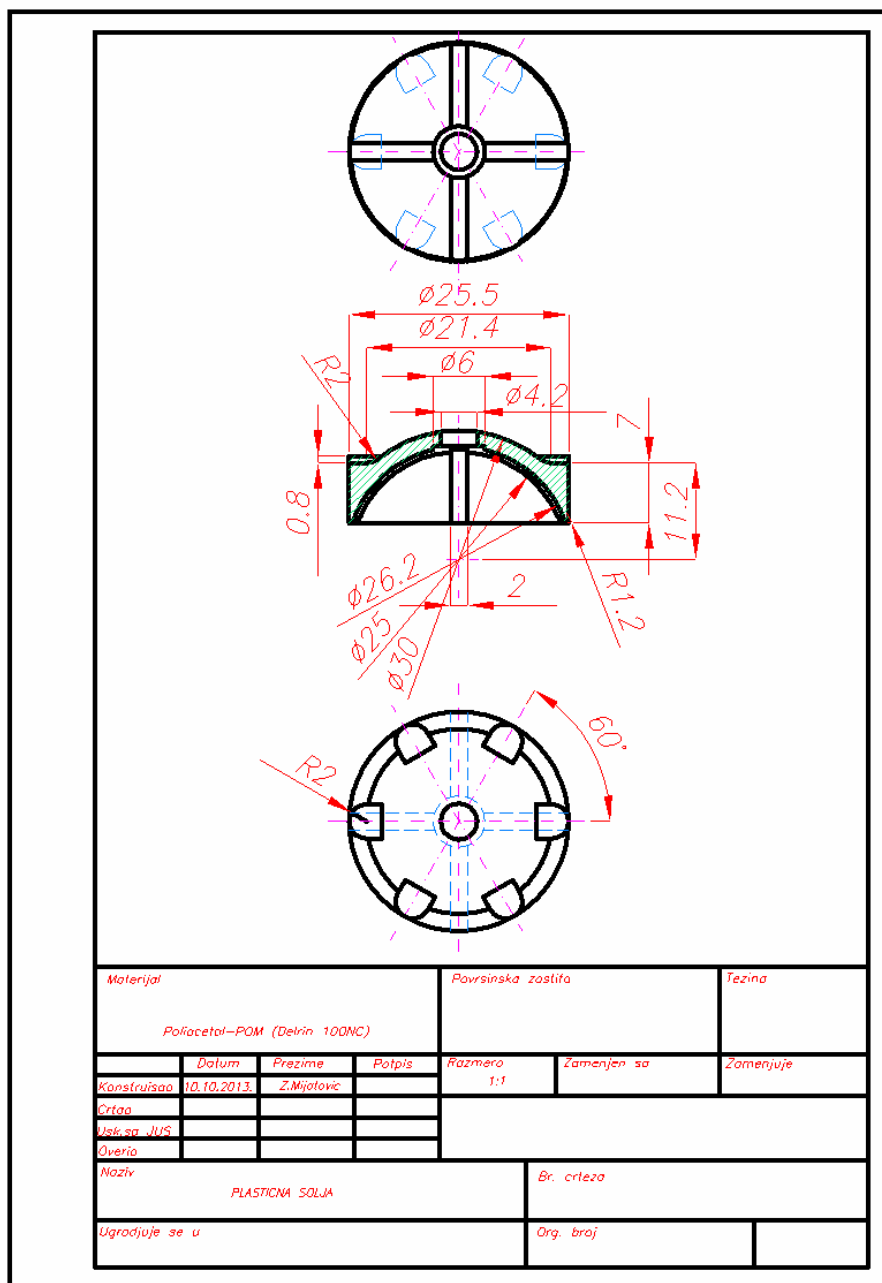
Споне и зглобови су сигурносни делови и веома је важно да буду добро, квалитетно и прецизно урађени, јер од њих, између осталог зависи сигурност управљања возилом, а тиме и сигурност вожње.

Један од делова споне је шоља споне која се налази у крајевима споне, у зглобу. Она се уграђује у тело зглоба и у њу улази кугла зглоба. Шоља споне се израђује од пластичних маса, најчешће полиацетала или полиуретана, за путничка возила, док се за теретна возила, код којих је кугла зглоба много већа, она може израђивати и од челика.

Шоља о којој ће бити више говора у овом раду је израђена од полиацетала и користи се за уградњу у крај споне за путничко возило.

4.1. Цртеж дела у AutoCad-у 2012 и моделирање дела у програмском пакету SolidWorks 2009

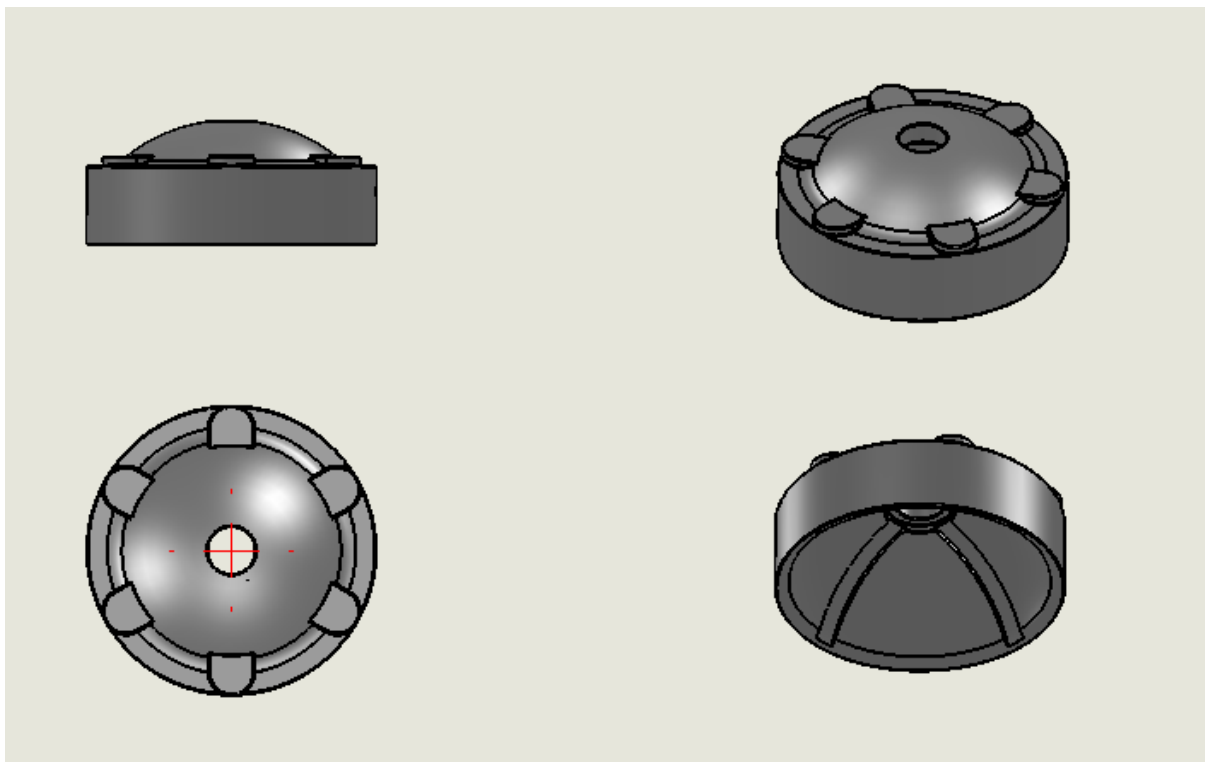
Да би се извршила конструкција алата за инјекционо пресовање дела, најпре се мора урадити конструкциони цртеж готовог дела (слика 4.3.)². Обликачи (гнезда) алата се процентуално увећавају због скупљања дела од пластичне масе при хлађењу у алату. За наведени део и пластичну масу од које се израђује предвиђа се скупљање од 1,2%, те се гнезда морају увећати за исти проценат.



Слика 4.3. Конструкциони цртеж пластичне шоље

² Поступак рада може бити и једноставнији, односно у програмском пакету *SolidWorks 2009* се може урадити 3D модел, а онда коришћењем опције *Make Drawing from Part* се добија конструкциони цртеж, али детаљнијег описа у раду су сви цртежи урађени у *AutoCad-у 2012*, а модели истих делова у *SolidWorks 2009*.

На основу радионичког цртежа је урађен 3D модел дела (слика 4.4.) за који ће се урадити алат.

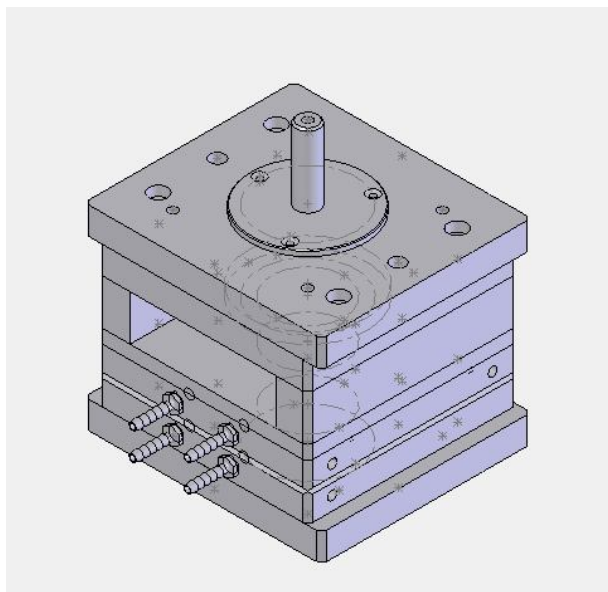


Слика 4.4. 3D модел шоље – погледи

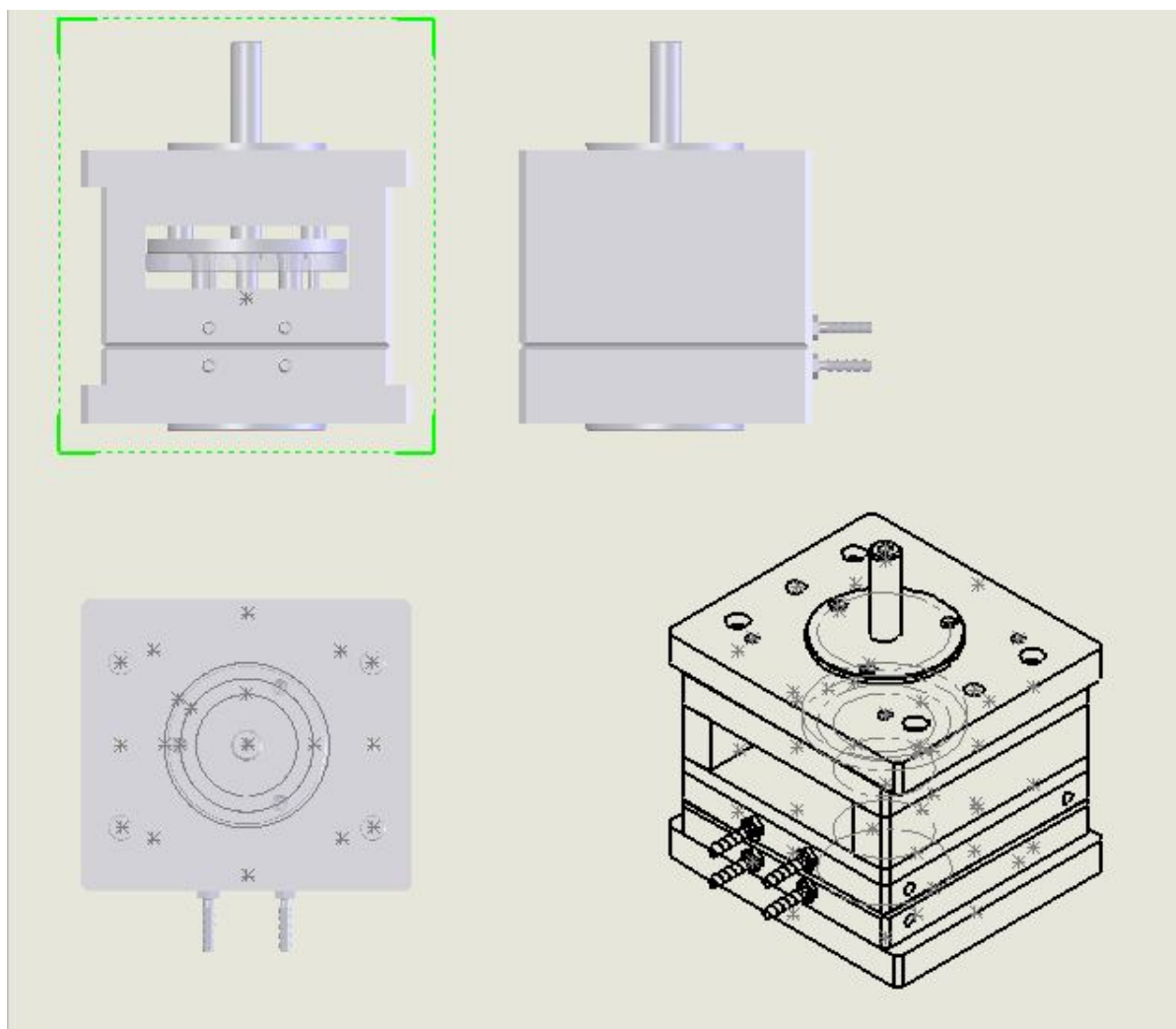
4.2. 2D цртеж и 3D модел алата за израду шоље за спону

Кућиште алата за инјекционо пресовање датог дела се састоји од следећих елемената: горње плоче, горњег обликача, горње носеће плоче, доње носеће плоче, доњег обликача, међуплоче, избацивача, носеће плоче избацивача, плоче избацивача, одстојне плоче, доње плоче, доњег центрирача, граничника хода избацивача, извлакача, избацивачке полуге, повратника, вођице, стубића, уливне пушкице, горњег центрирача, одстојне гредице, прикључка и стубића. За сваки од наведених елемената биће дати модели и конструкциони цртеж. У раду су појединачно цртани и моделирни сви делови алата, иако у програмском пакету *SolidWorks 2009*, постоји могућност избора разних кућишта алата у секцији *Design Libraru/Mold bases*. Због прецизности и детаљнијег приказа изабрано је ручно моделирање сваког од елемената кућишта, па и само склапање алата.

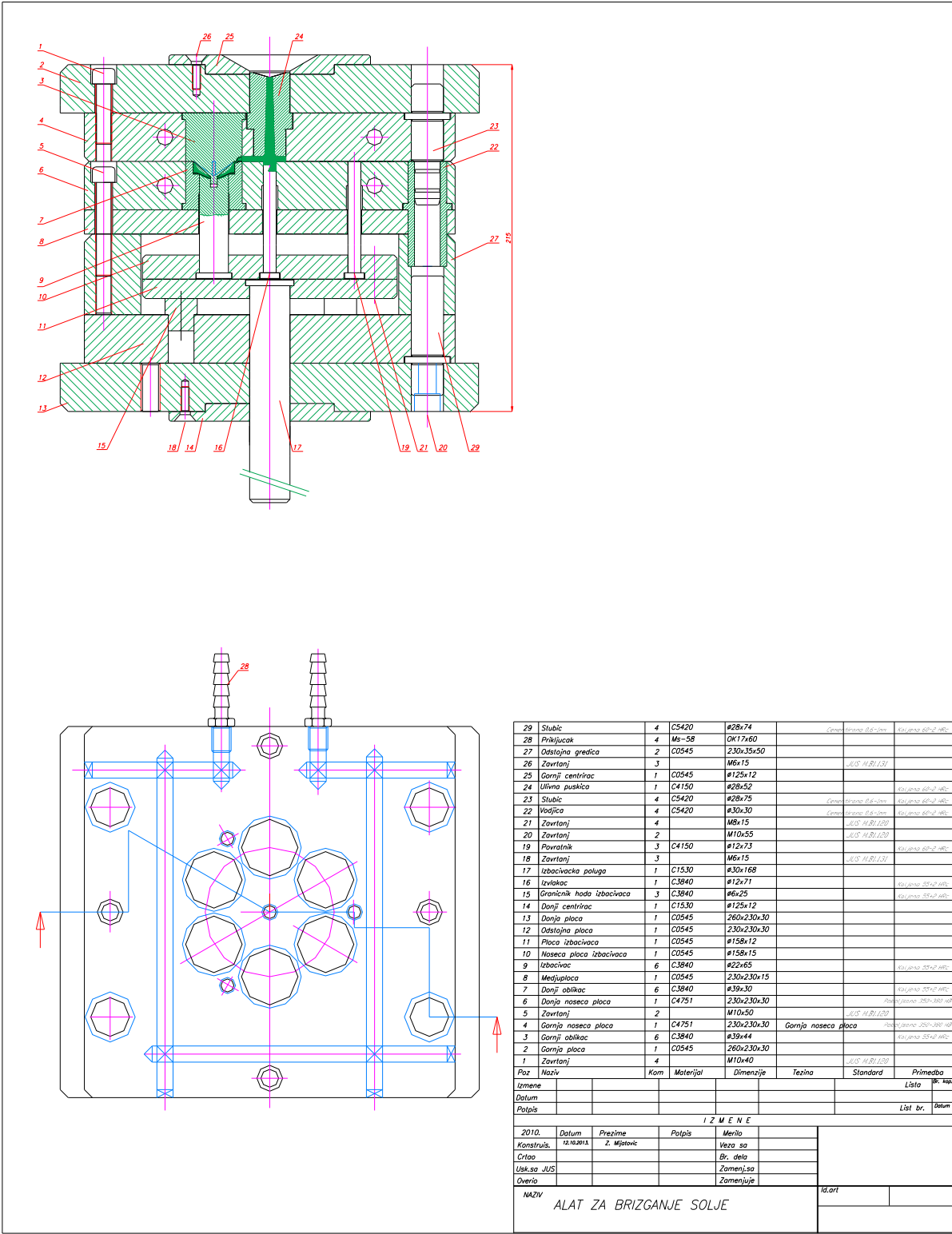
1. Склоп алата за бризгање шоље



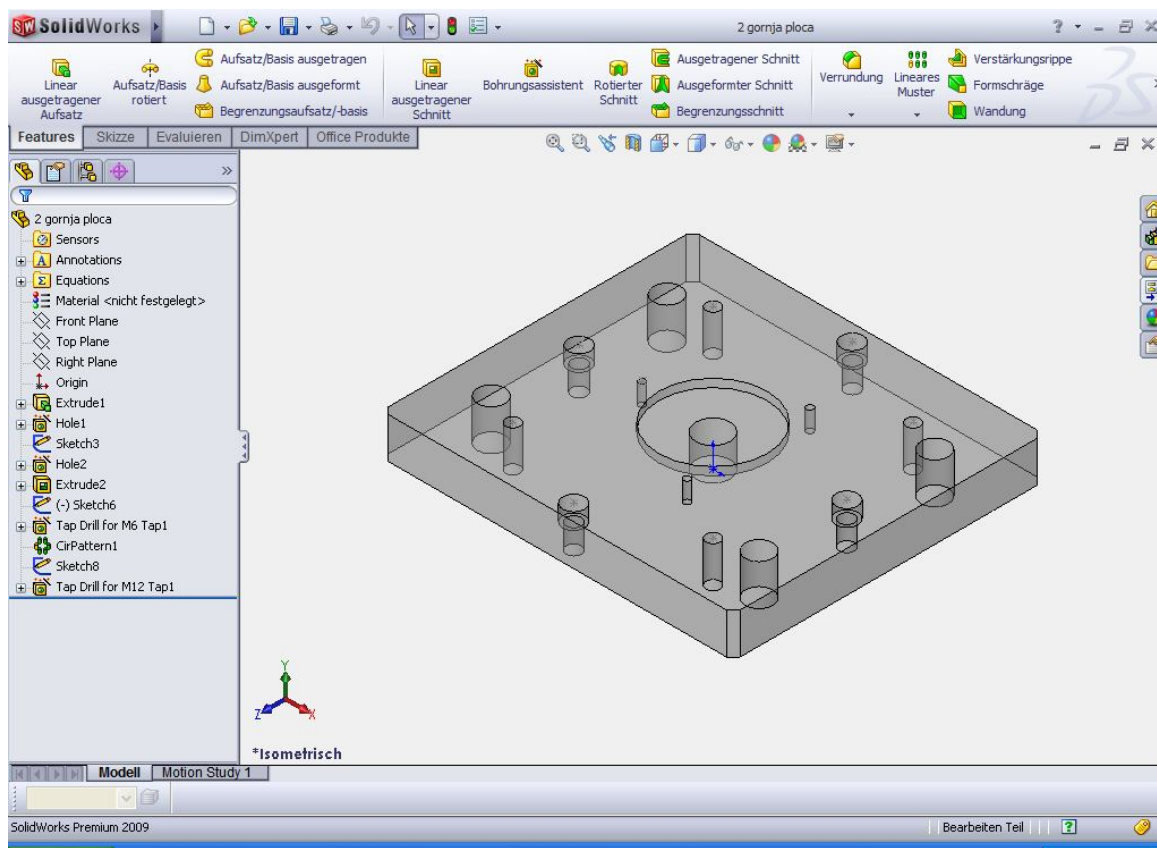
Слика 4.5. Изометријска пројекција склопа алата



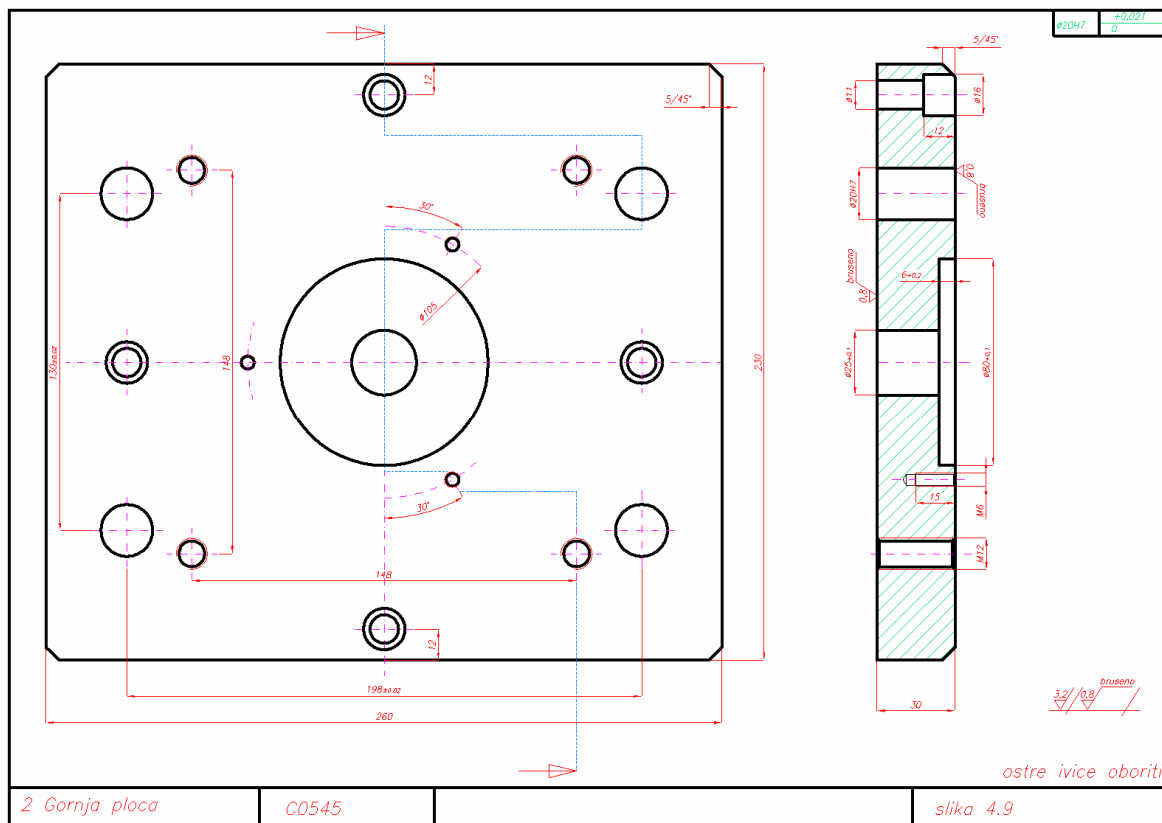
Слика 4.6. Погледи склопа алата за бризгање шоље



2. Горња плоча

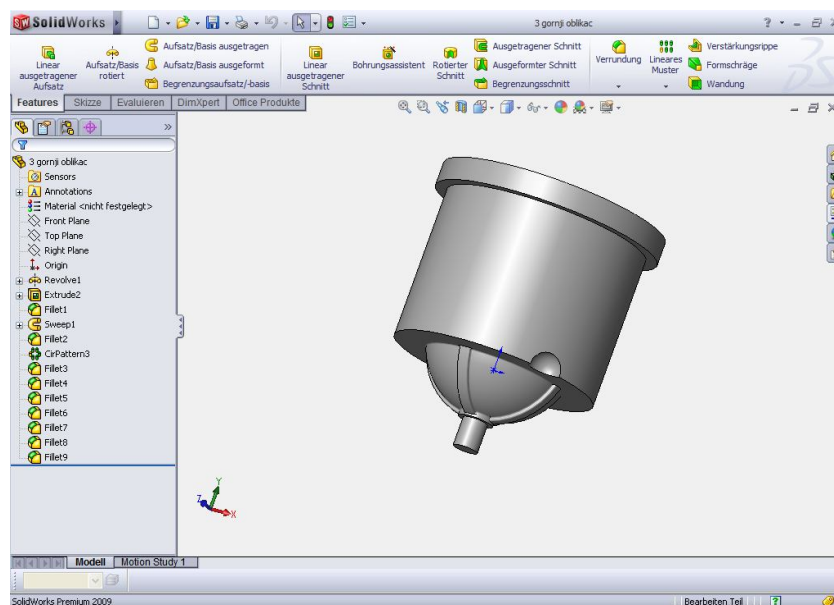


Слика 4.8. Модел горње плоче

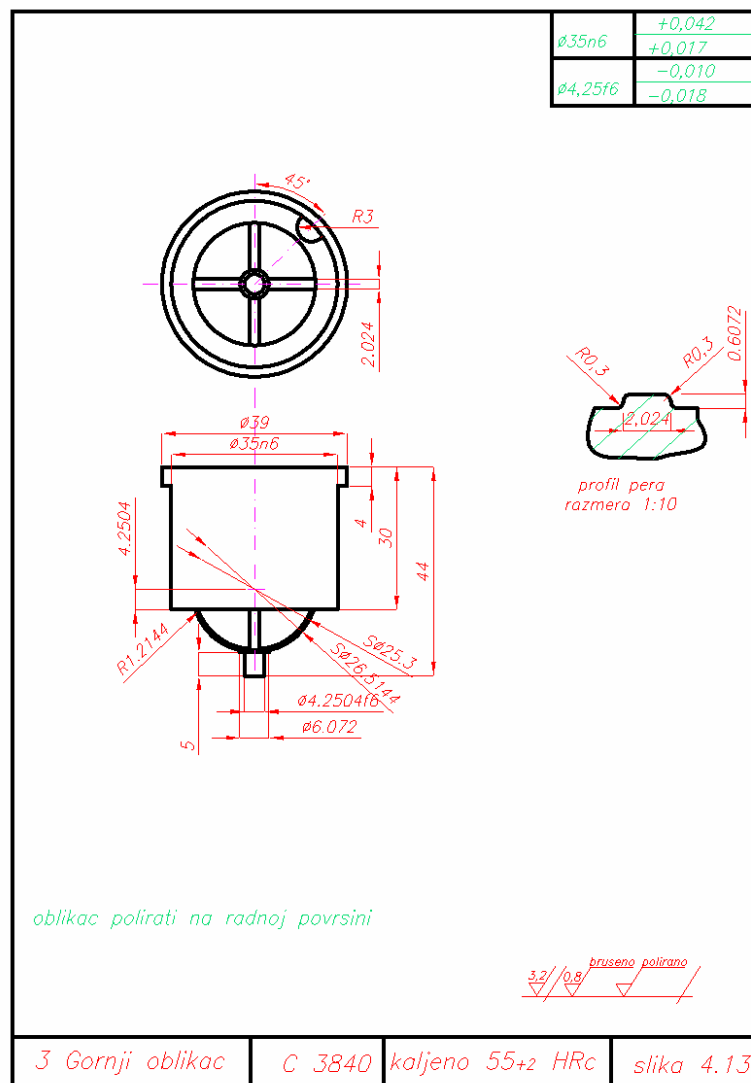


Слика 4.9. Конструкциони цртеж горње плоче

3. Горњи обликач

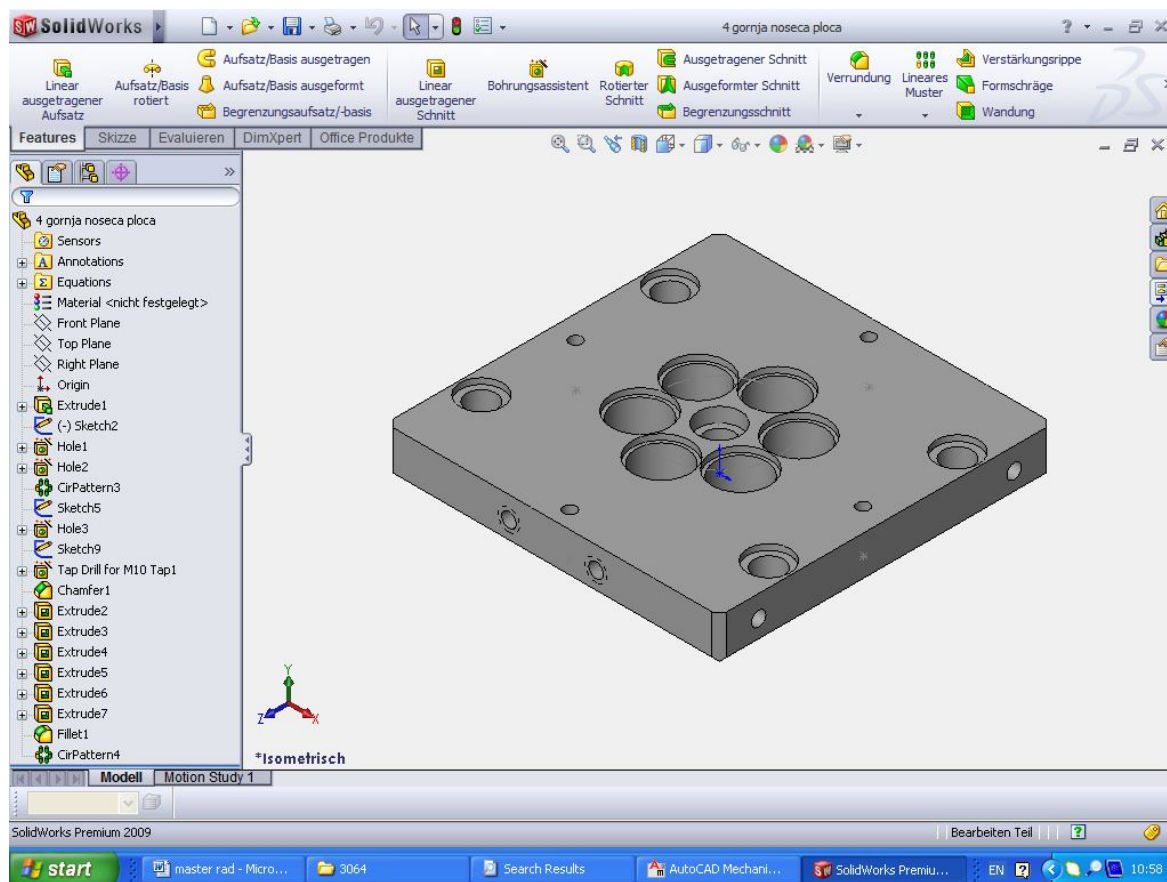


Слика 4.10. Модел горњег обликача

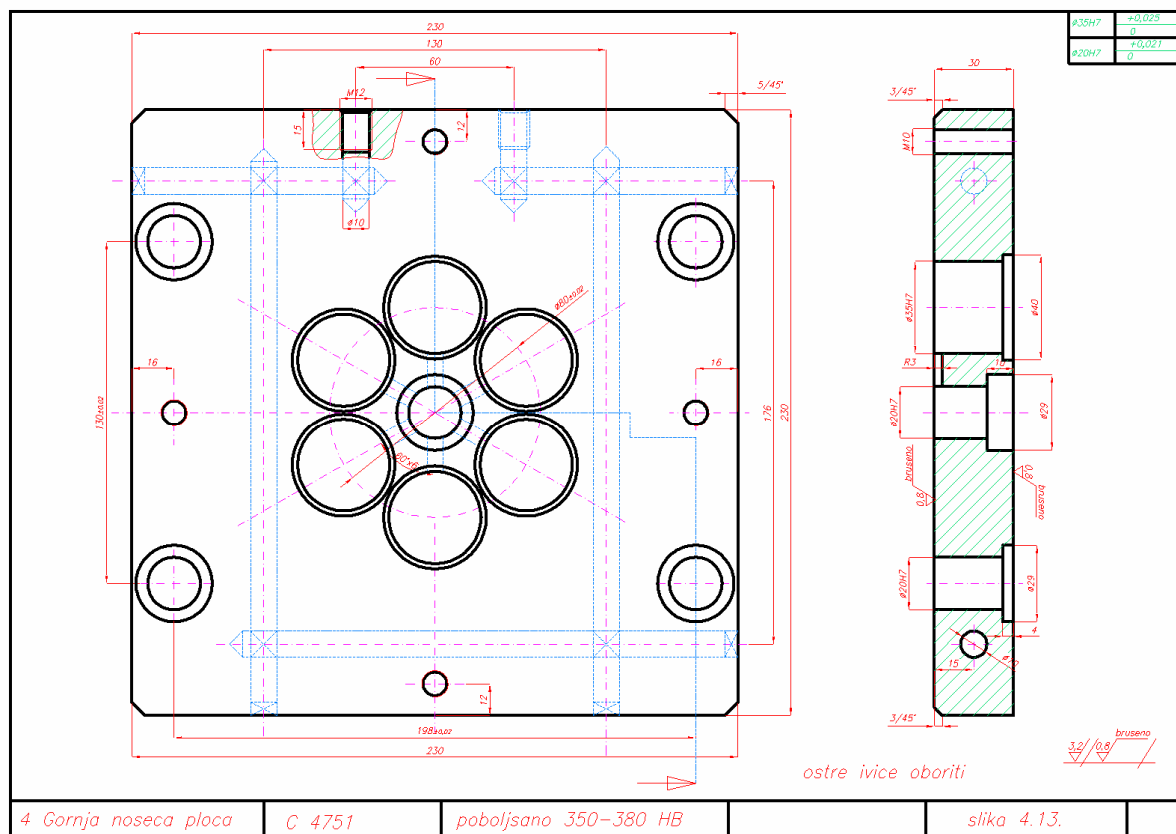


Слика 4.11. Конструкциони цртеж горњег обликача

4. Горња носећа плоча

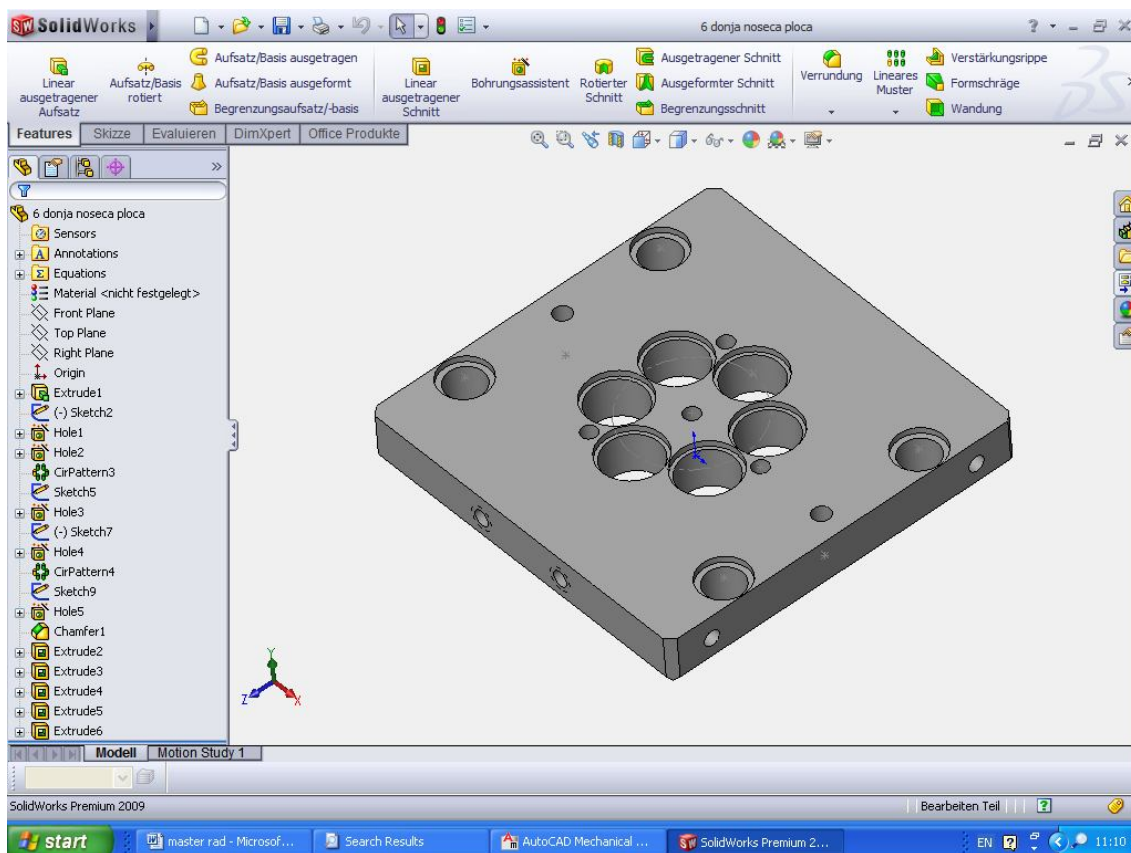


Слика 4.12. Модел горње носеће плоче

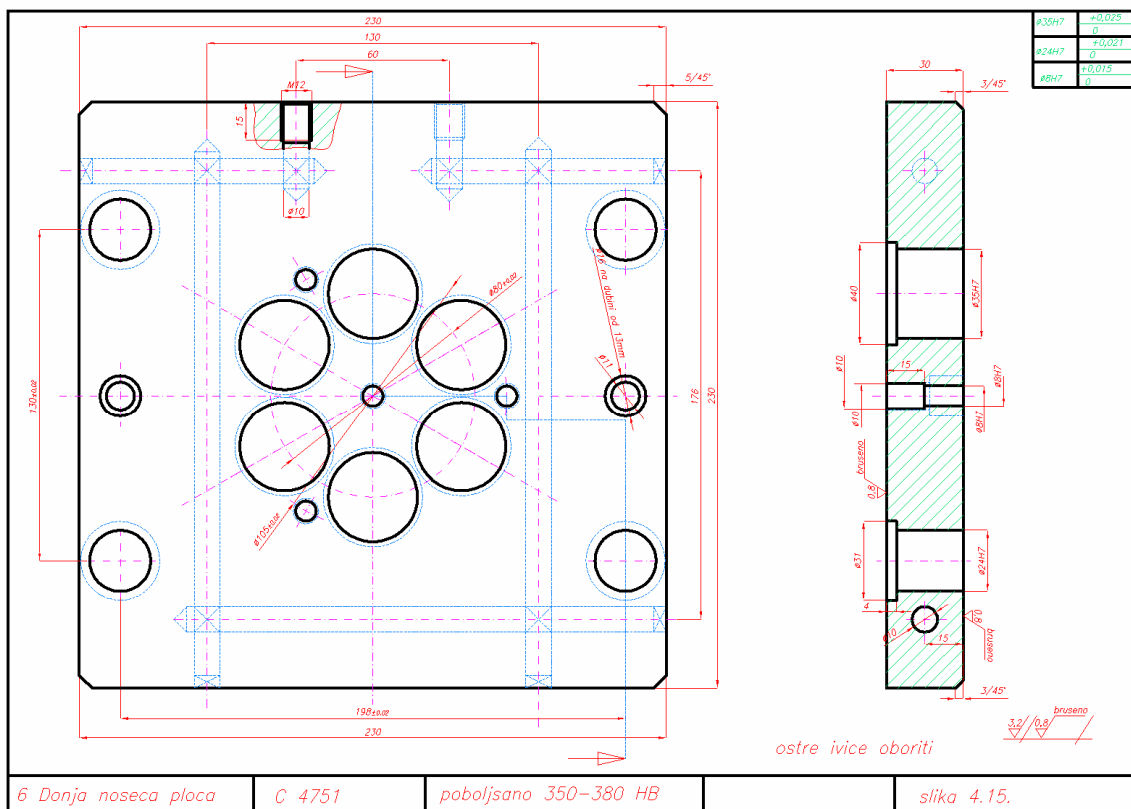


Слика 4.13. Конструкциони цртеж горње носеће плоче

5. Доња носећа плоча

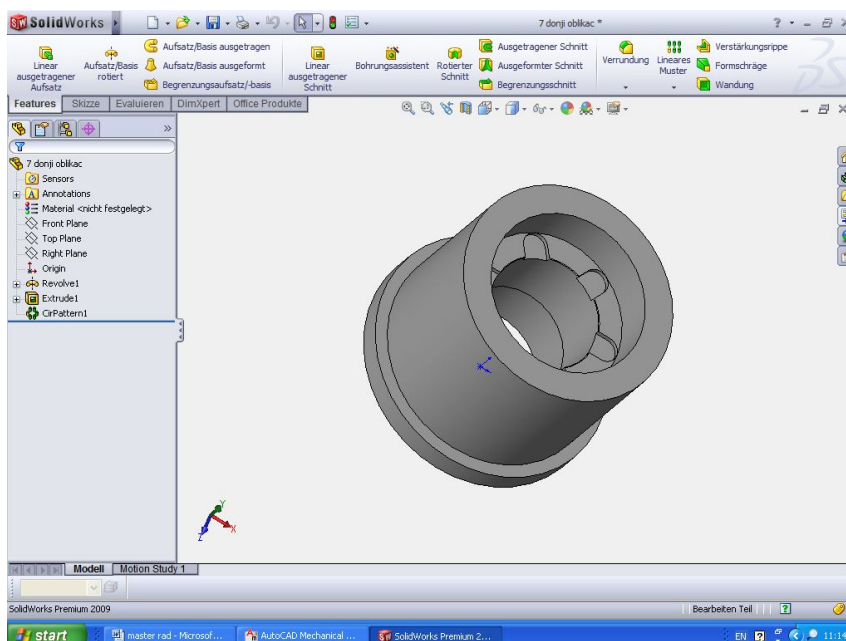


Слика 4.14. Модел доње носеће плоче

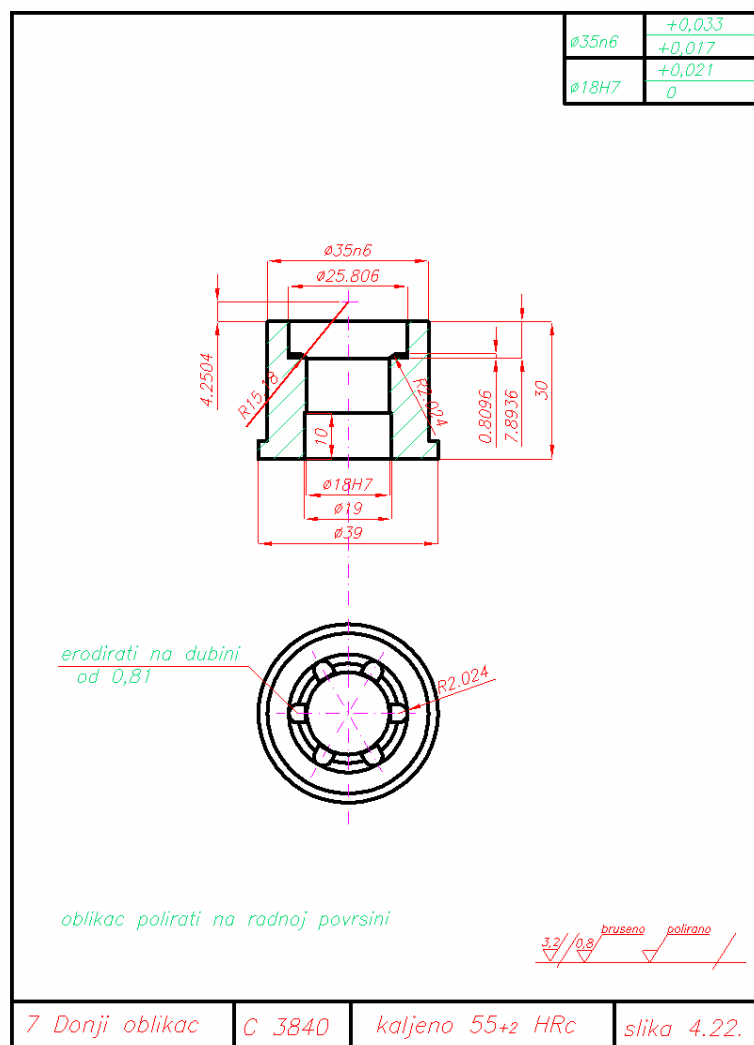


Слика 4.15. Конструкциони цртеж доње носеће плоче

6. Доњи обликач

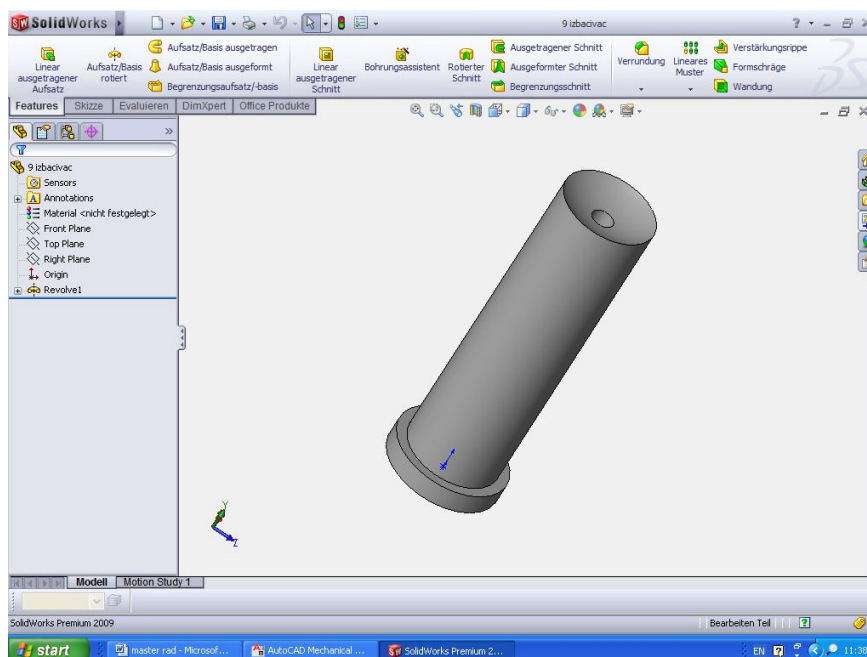


Слика 4.16. Модел доњег обликача

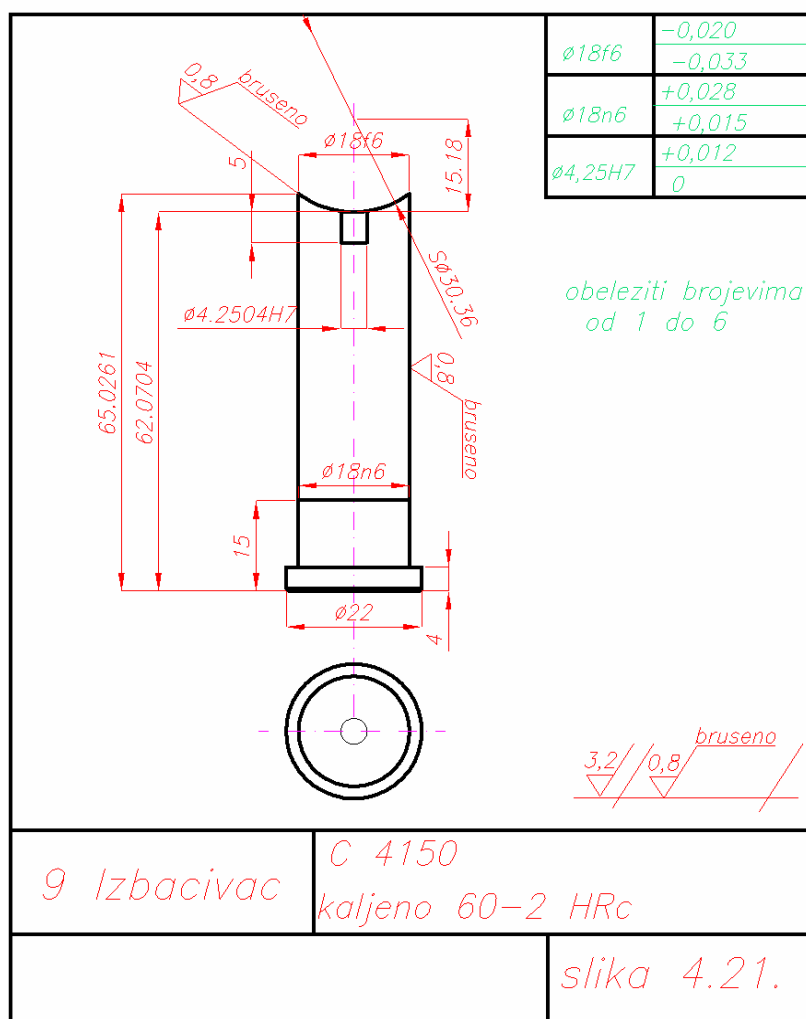


Слика 4.17. Конструкциони цртеж доњег обликача

8. Избацивач

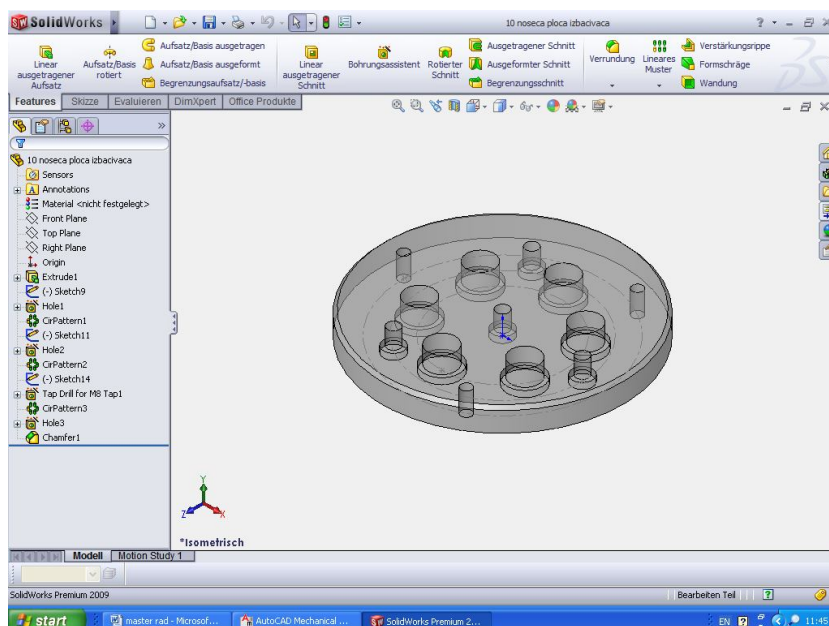


Слика 4.20. Модел избацивача

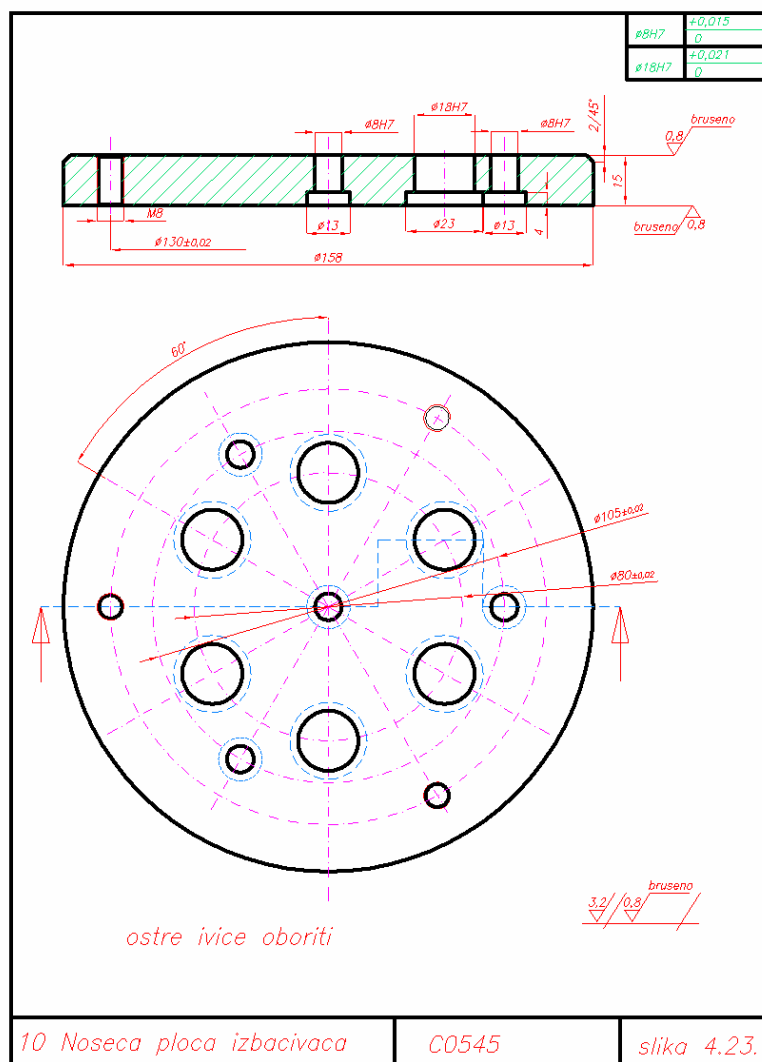


Слика 4.21. Конструкциони цртеж избацивача

9. Носећа плоча избацивача

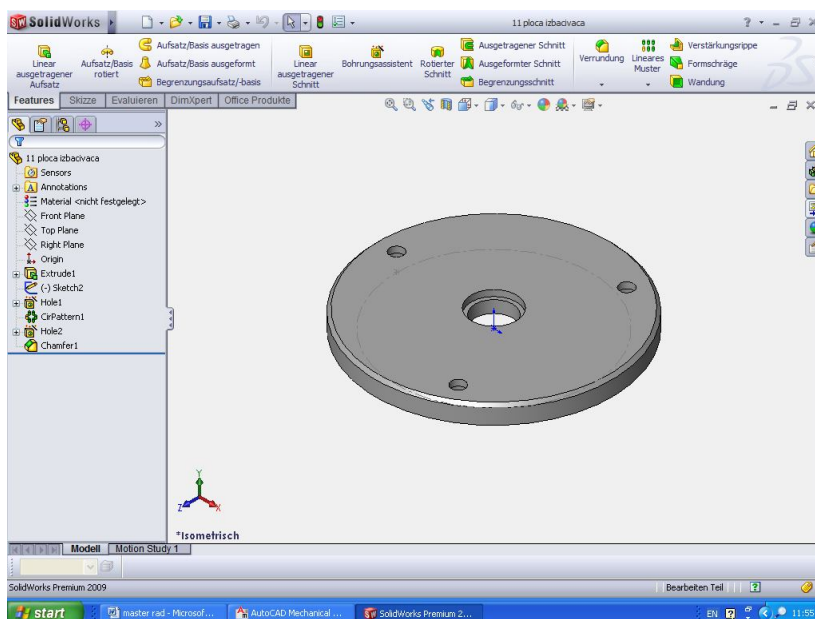


Слика 4.22. Модел носеће плоче избацивача

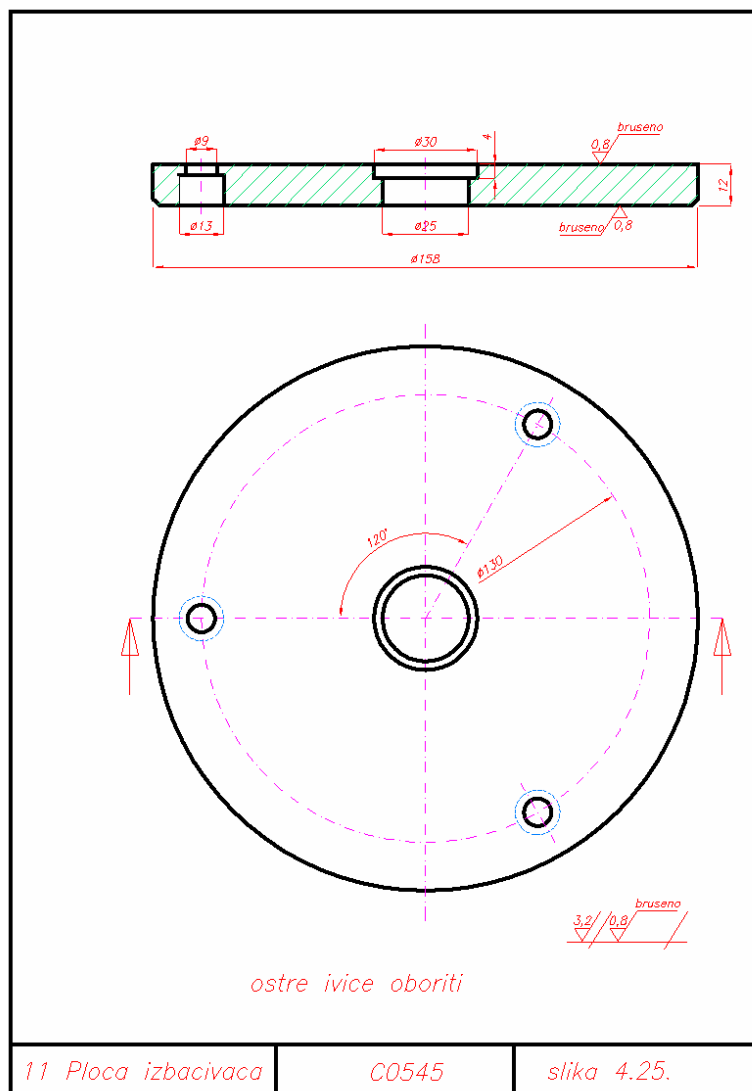


Слика 4.23. Конструкциони цртеж носеће плоче избацивача

10. Плоча избацивача

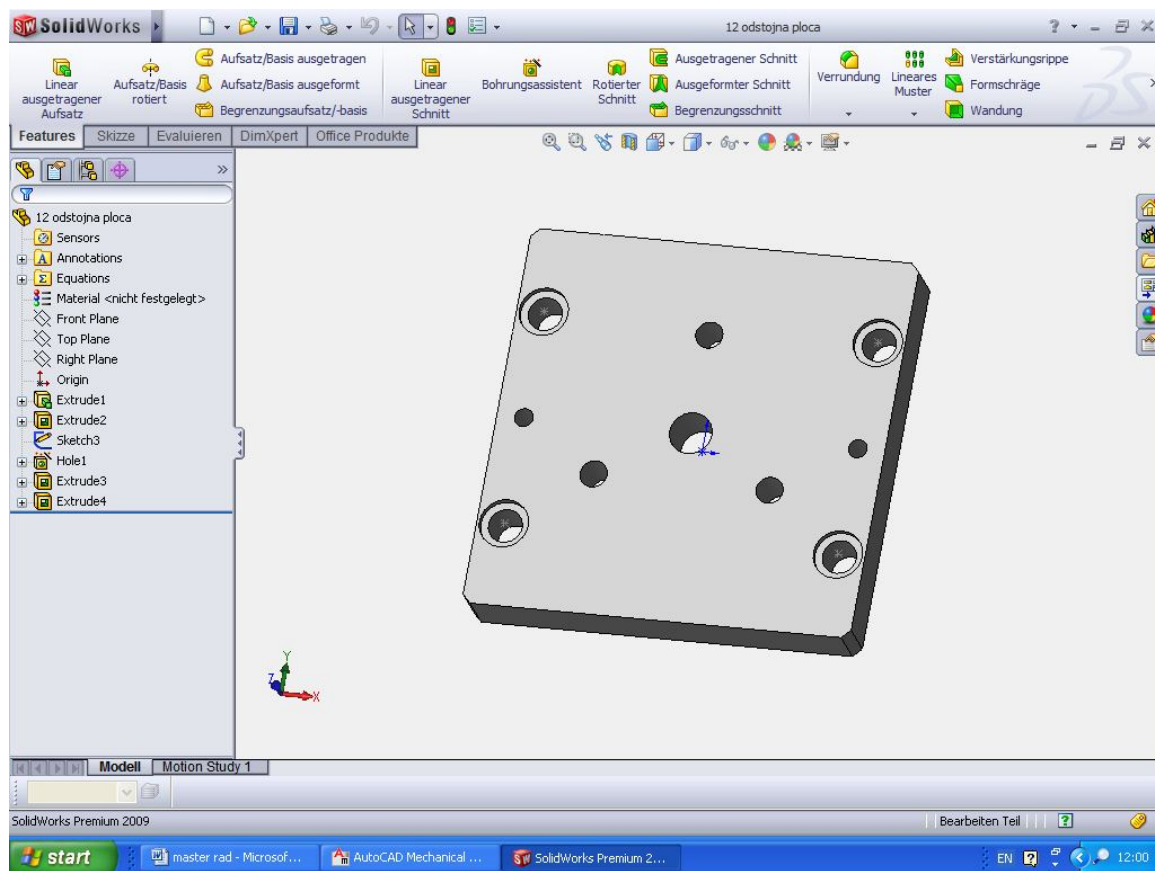


Слика 4.24. Модел плоче избацивача

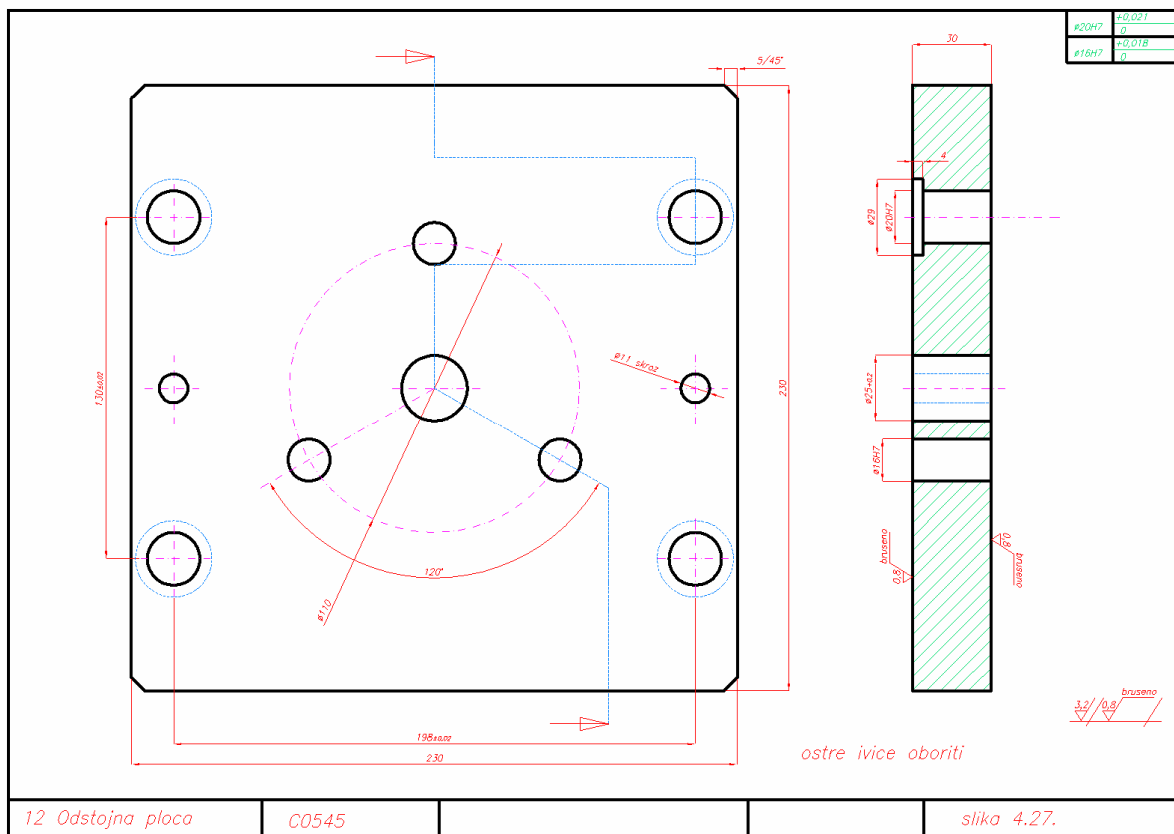


Слика 4.25. Конструкциони цртеж плоче избацивача

11. Одстојна плоча

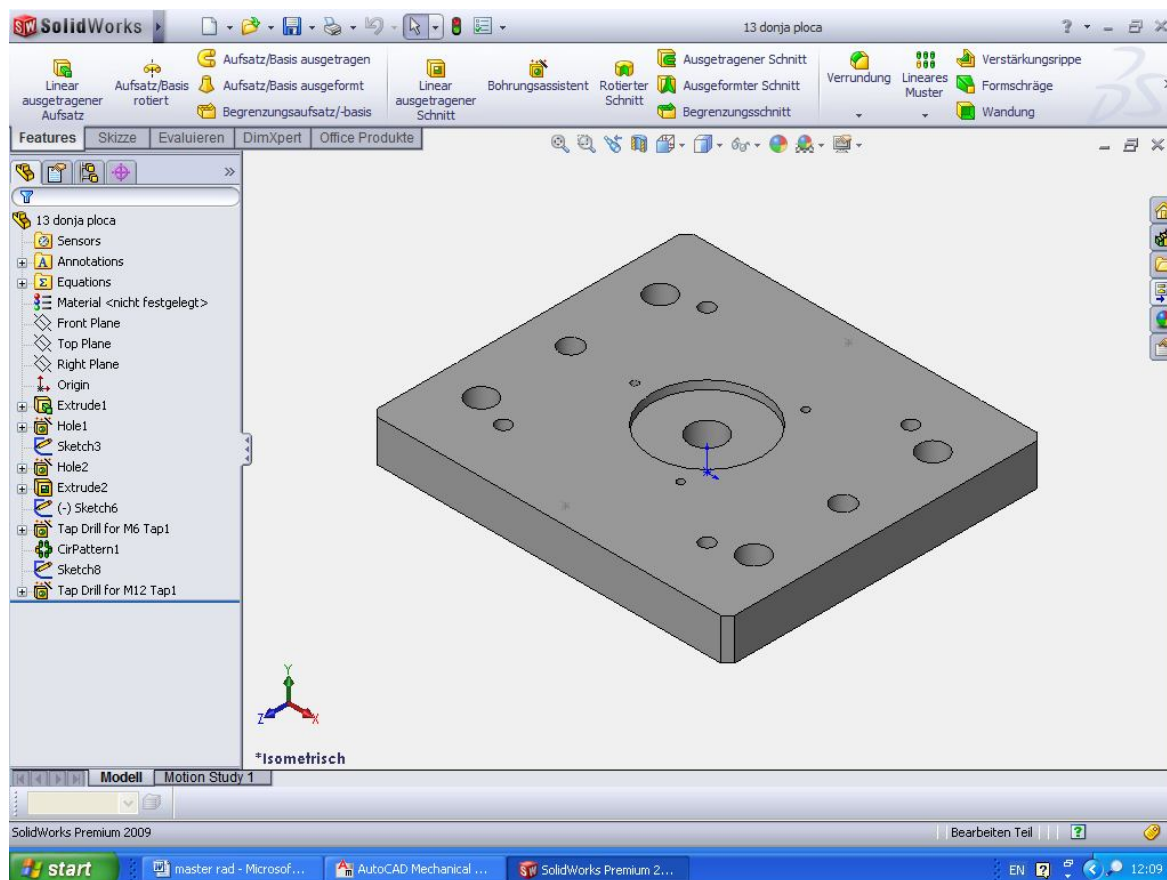


Слика 4.26. Модел одстојне плоче

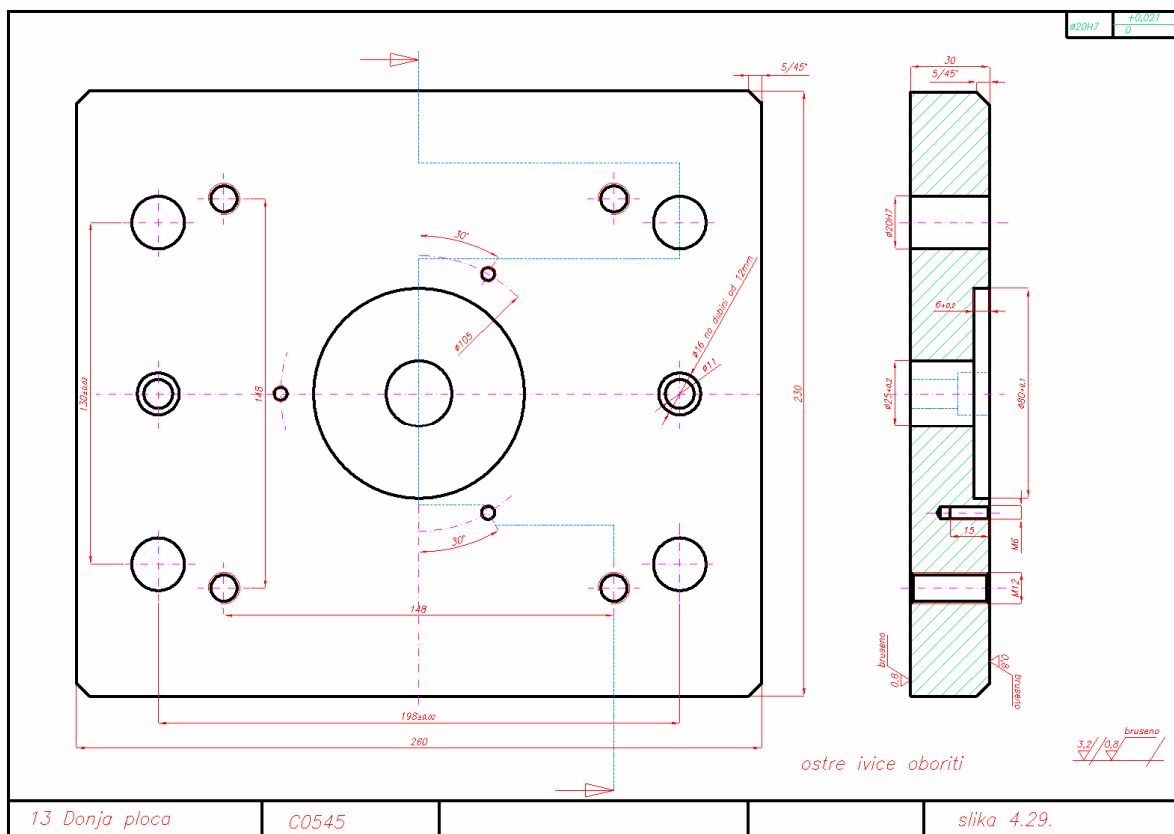


Слика 4.27. Конструкциони цртеж одстојне плоче

12. Доња плоча

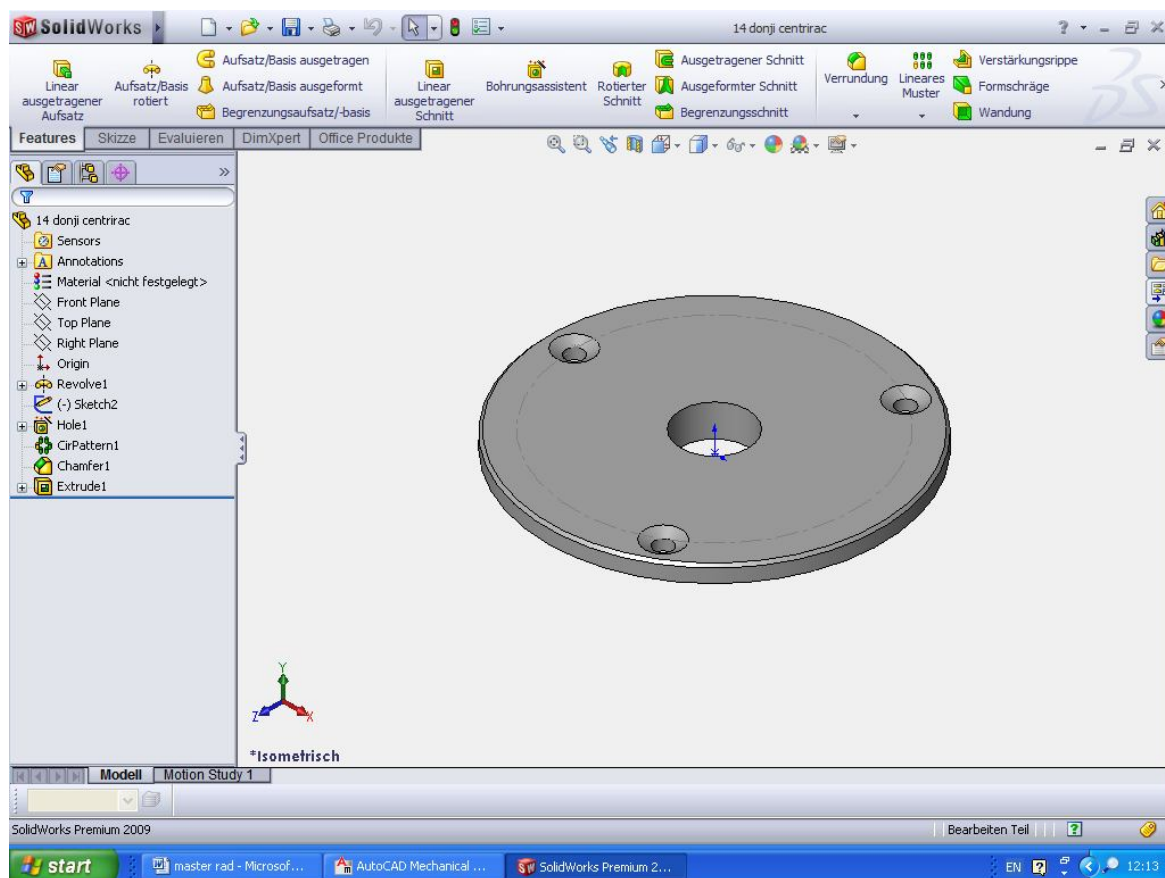


Слика 4.28. Модел доње плоче

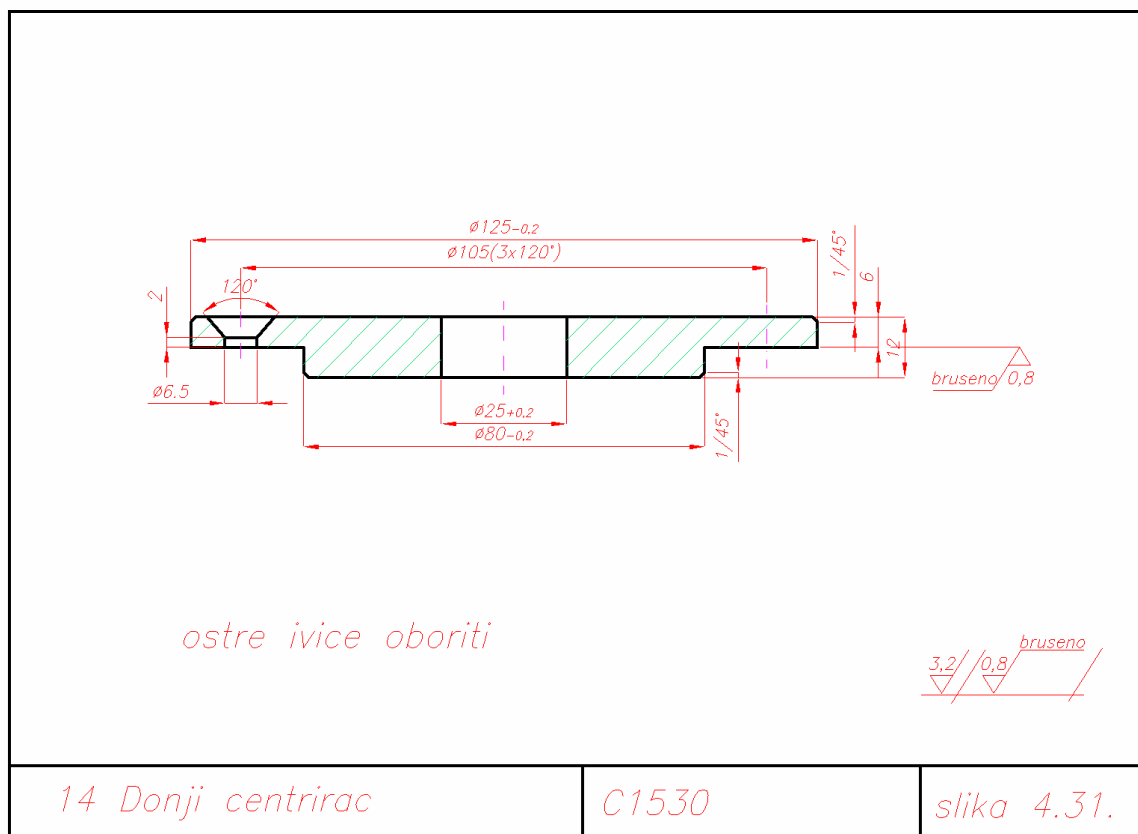


Слика 4.29. Конструкциони цртеж доње плоче

13. Доњи центрирач

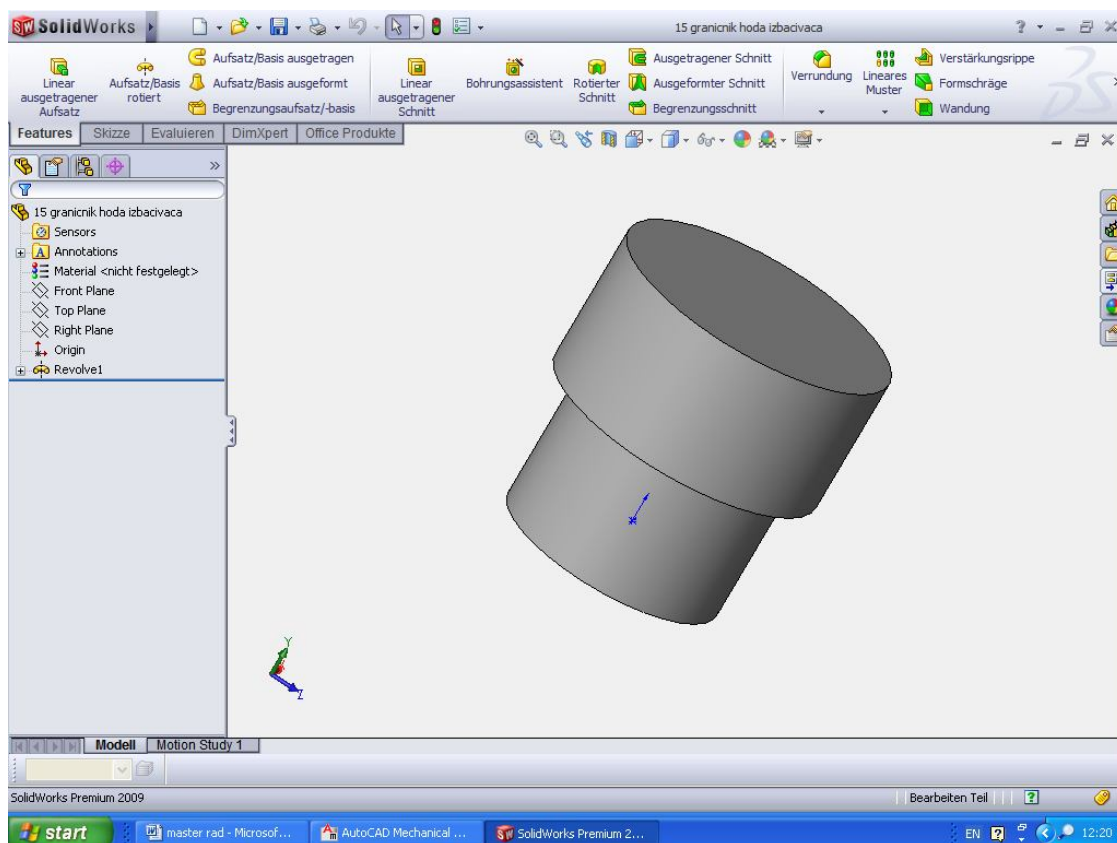


Слика 4.30. Модел доњег центрирача

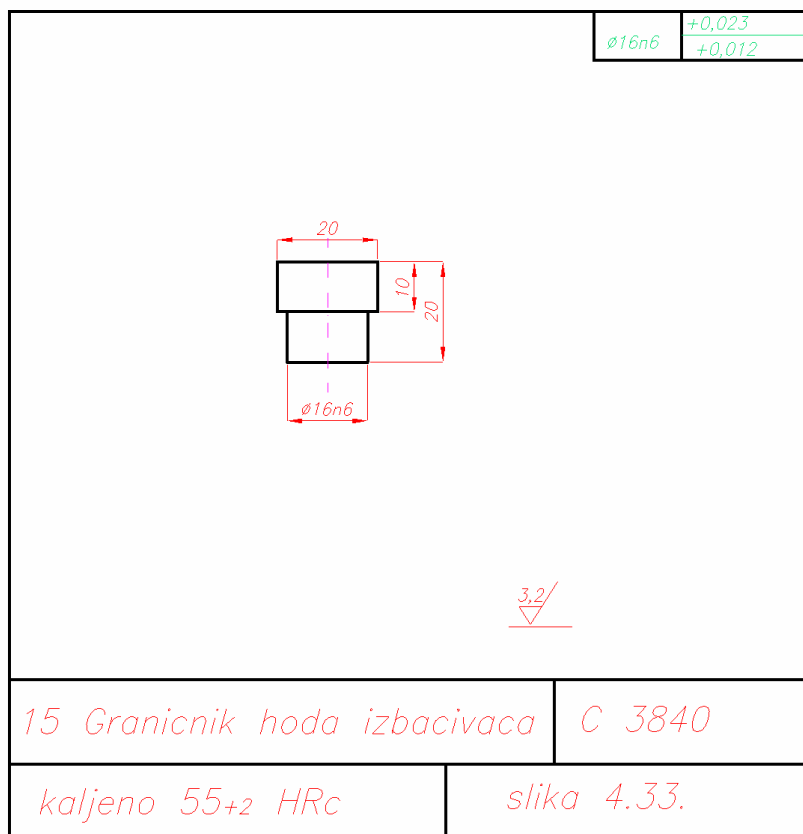


Слика 4.31. Конструкциони цртеж доњег центрирача

14. Граничник хода избацивача

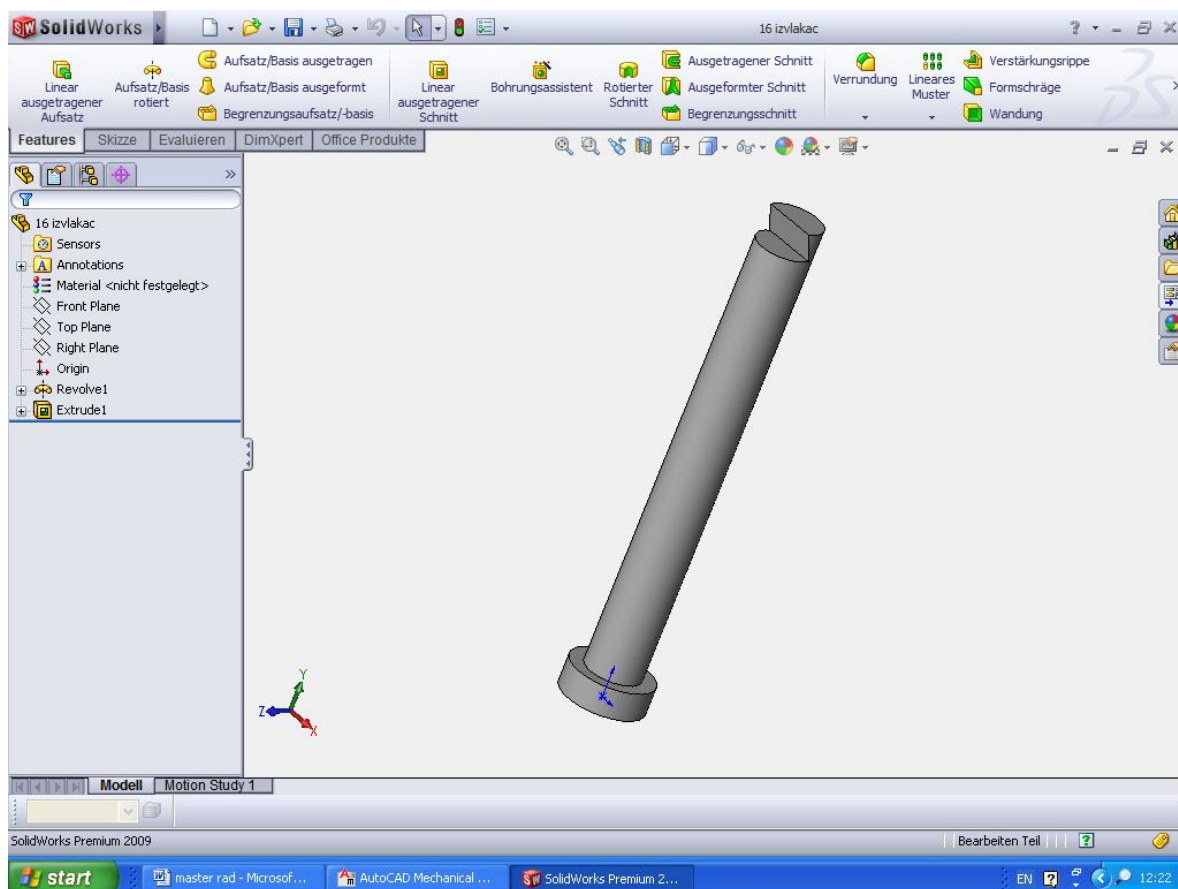


Слика 4.32. Модел граничника хода избацивача

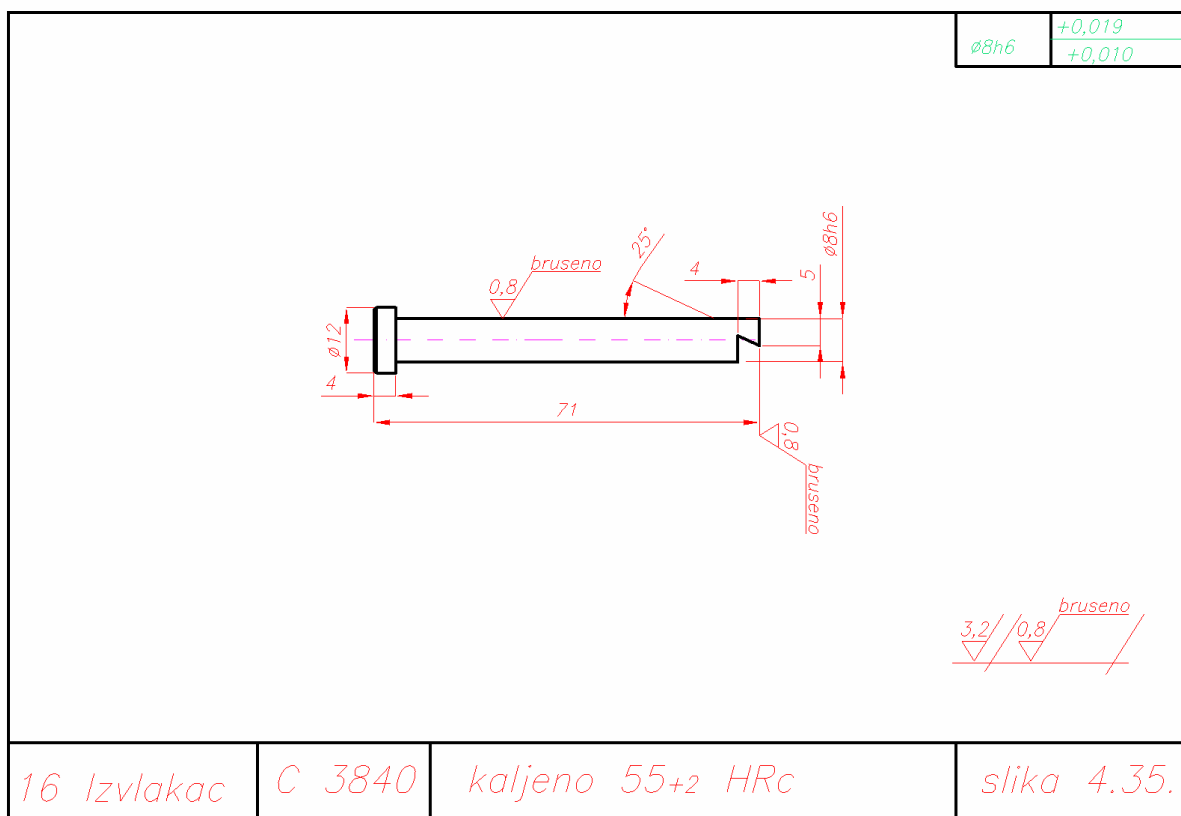


Слика 4.33. Конструкциони цртеж граничника хода избацивача

15. Извлакач

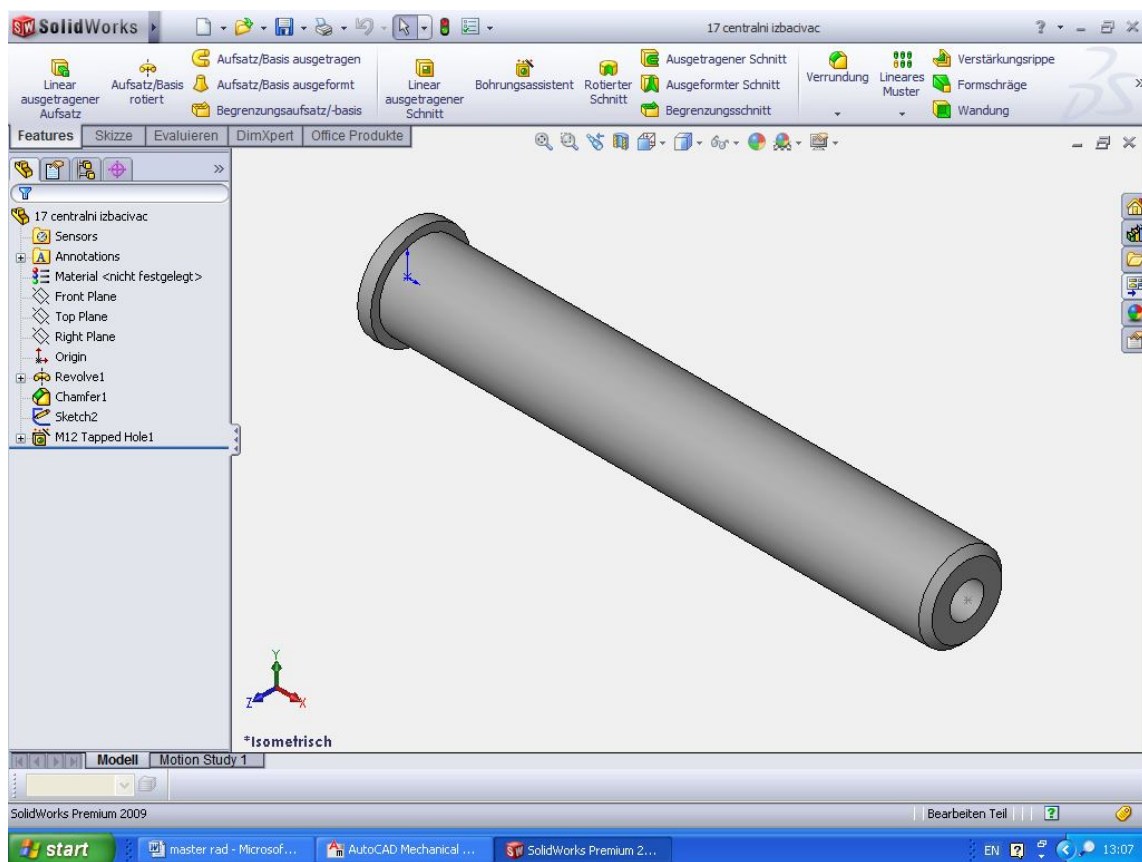


Слика 4.34. Модел извлакача

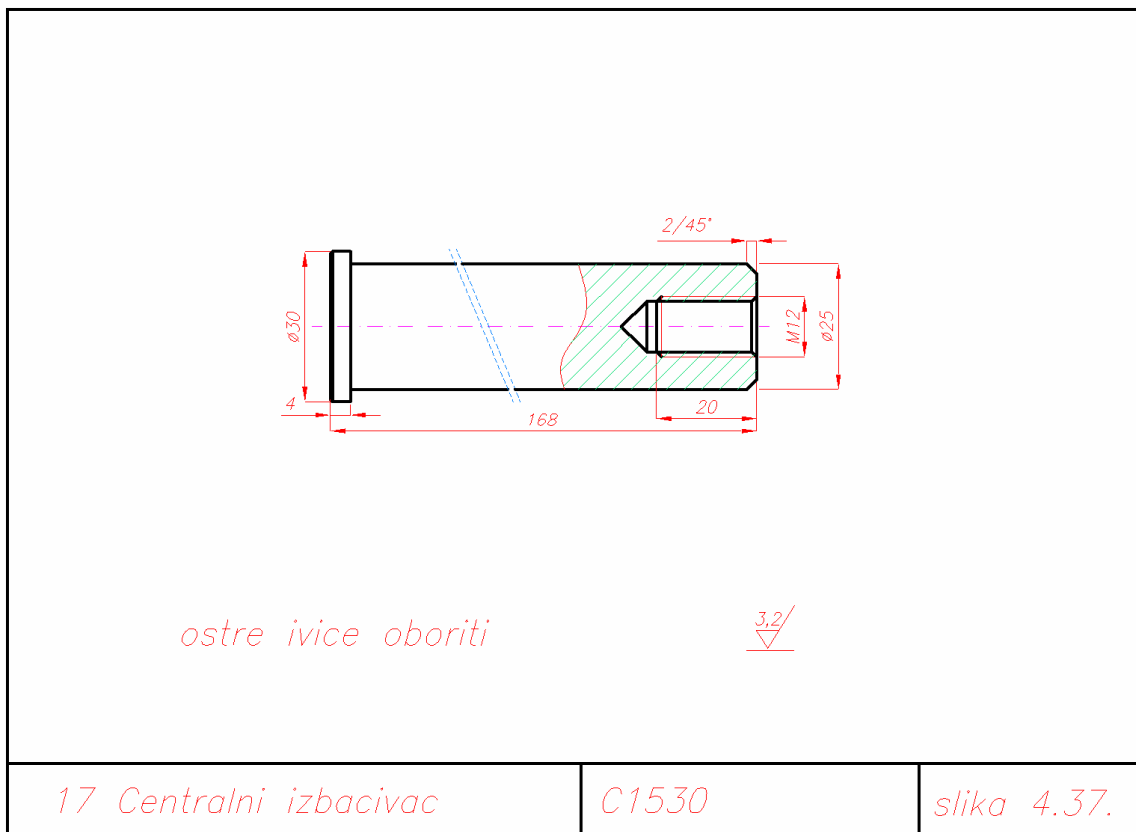


Слика 4.35. Конструкциони цртеж извлакача

16. Централни избацивач

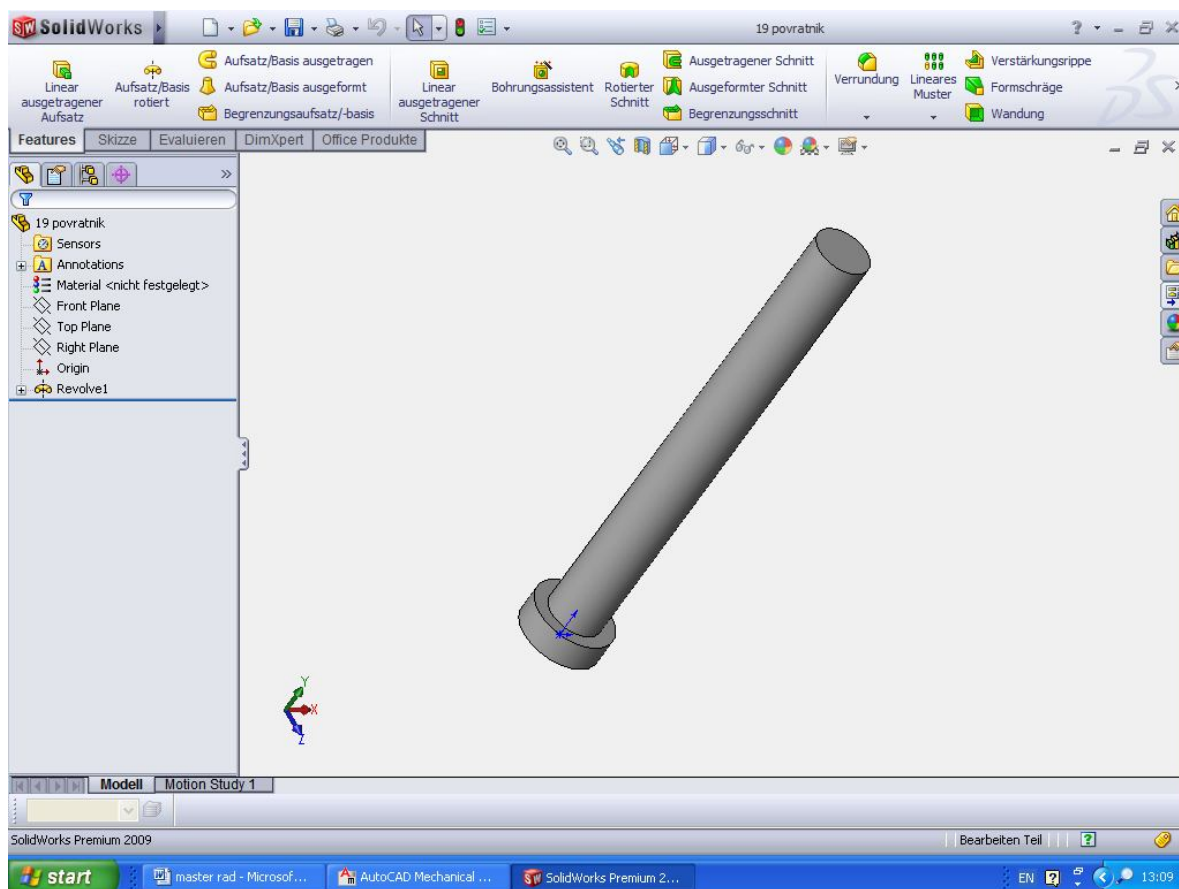


Слика 4.36. Модел централног избацивача

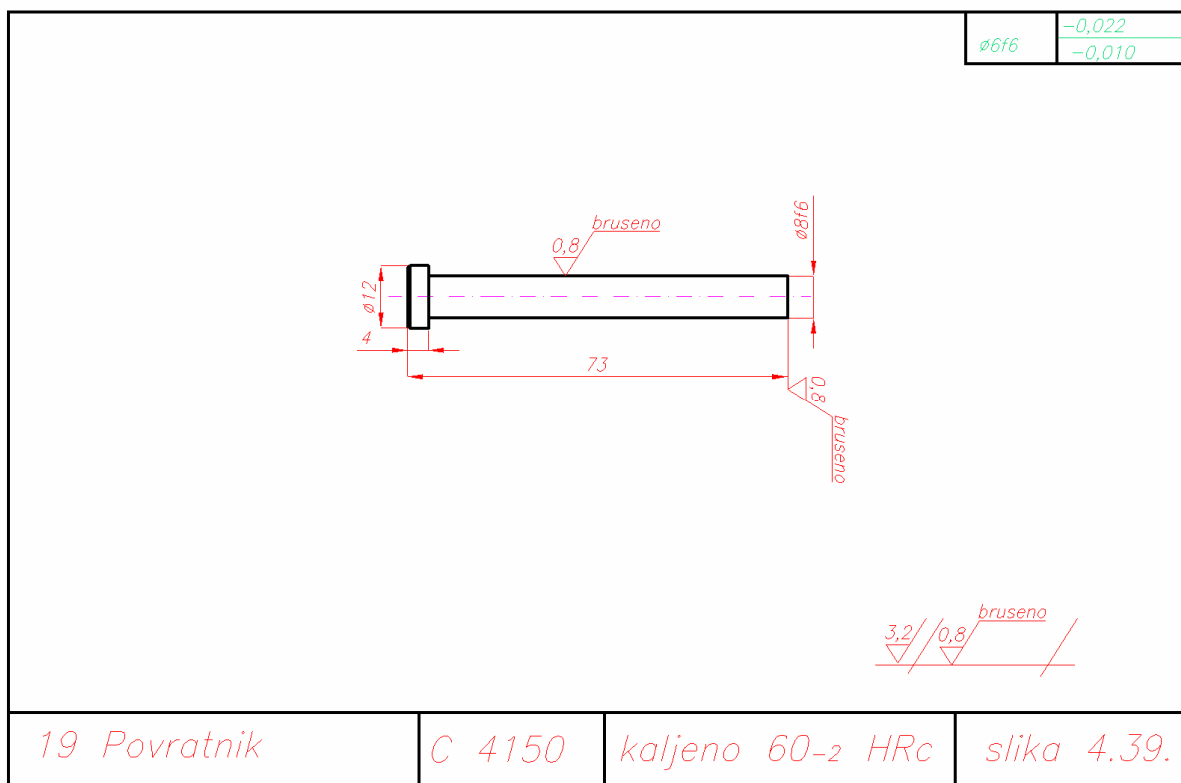


Слика 4.37. Конструкциони цртеж централног избацивача

17. Повратник

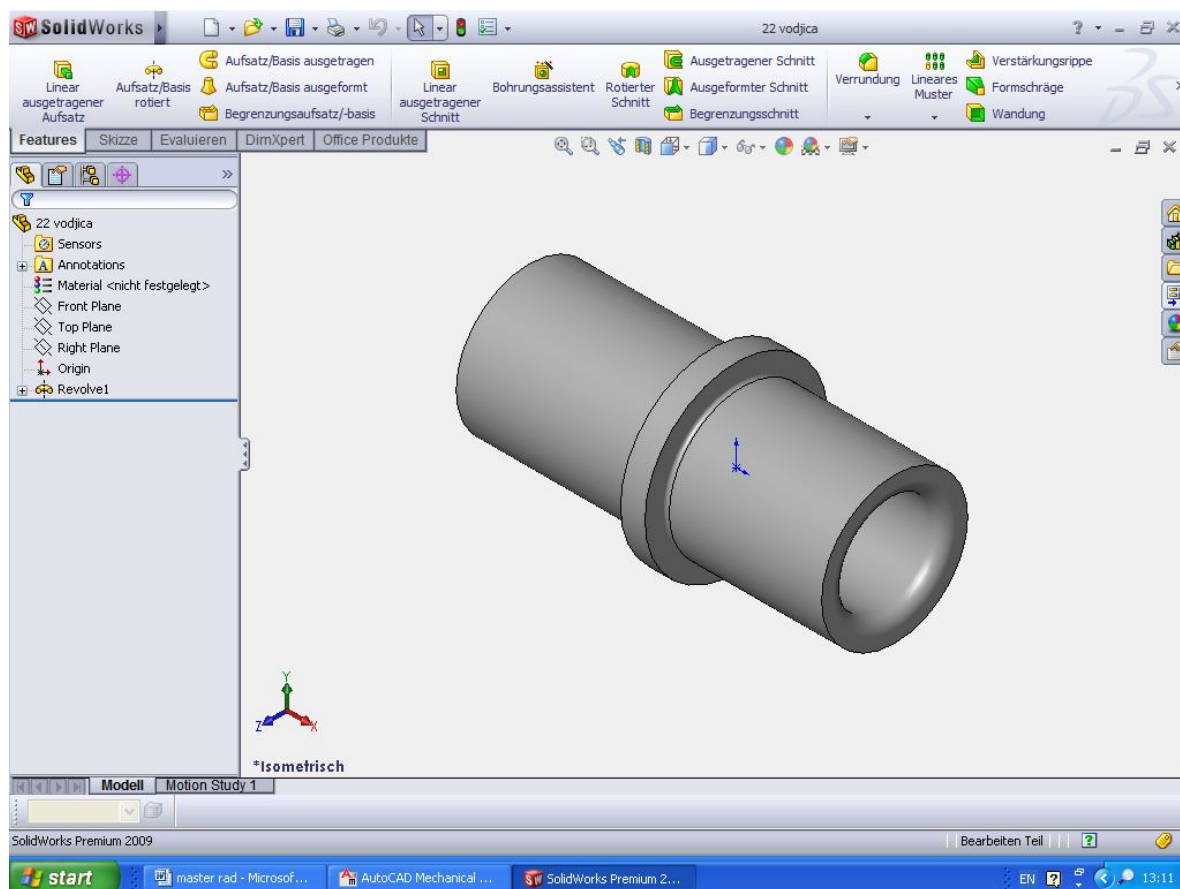


Слика 4.38. Модел повратника

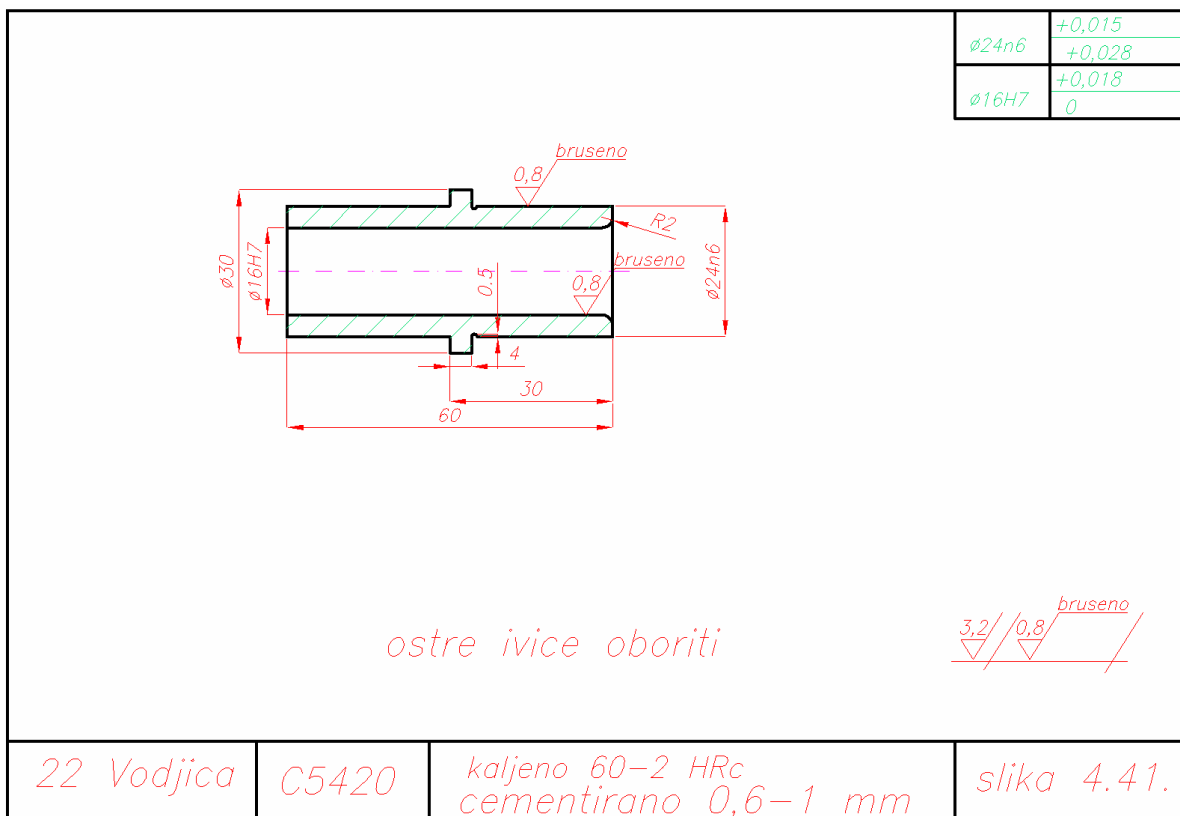


Слика 4.39. Конструкциони цртеж повратника

18. Вођица

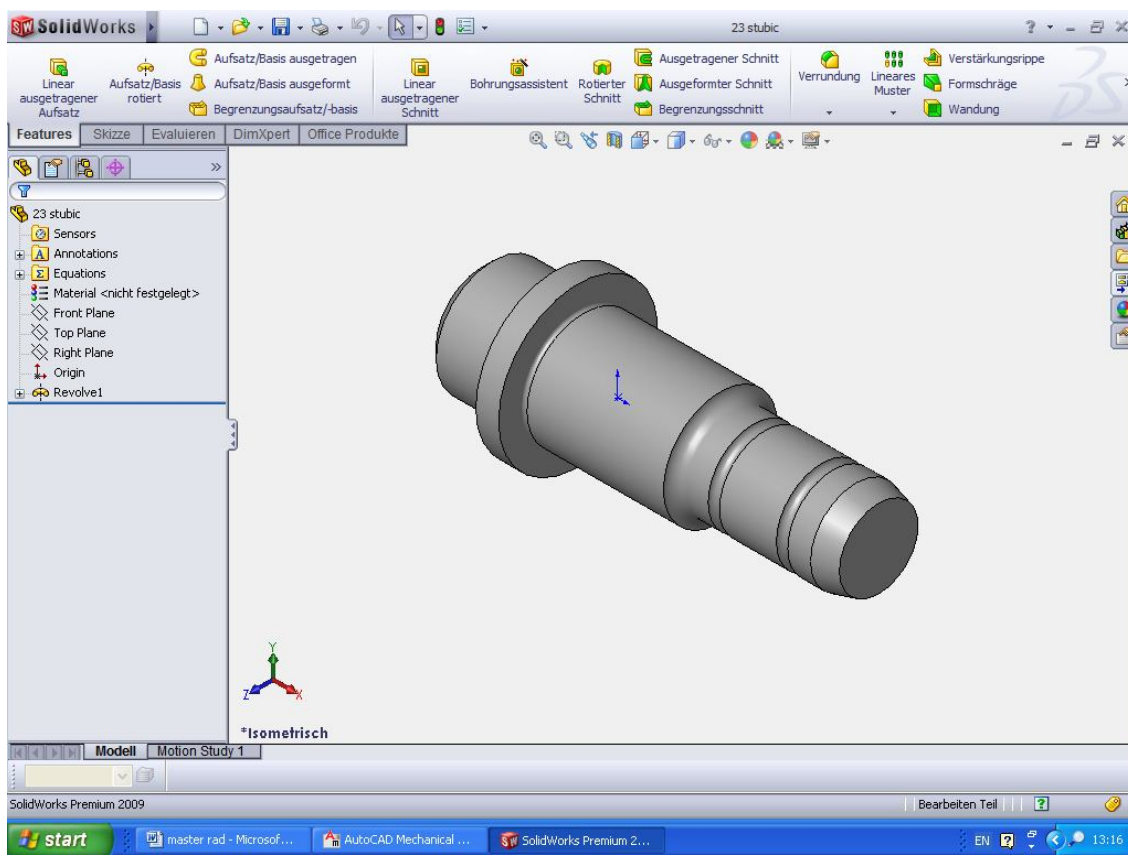


Слика 4.40. Модел вођице

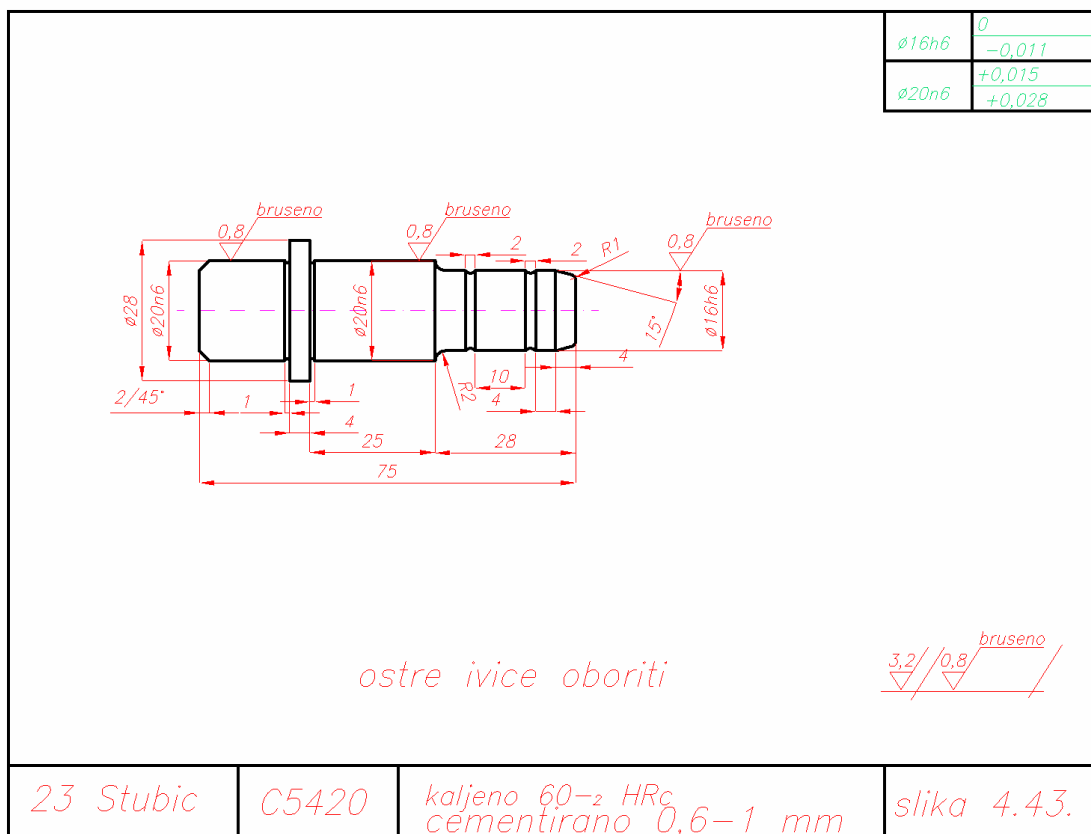


Слика 4.41. Конструкциони цртеж вођице

19. Стубић

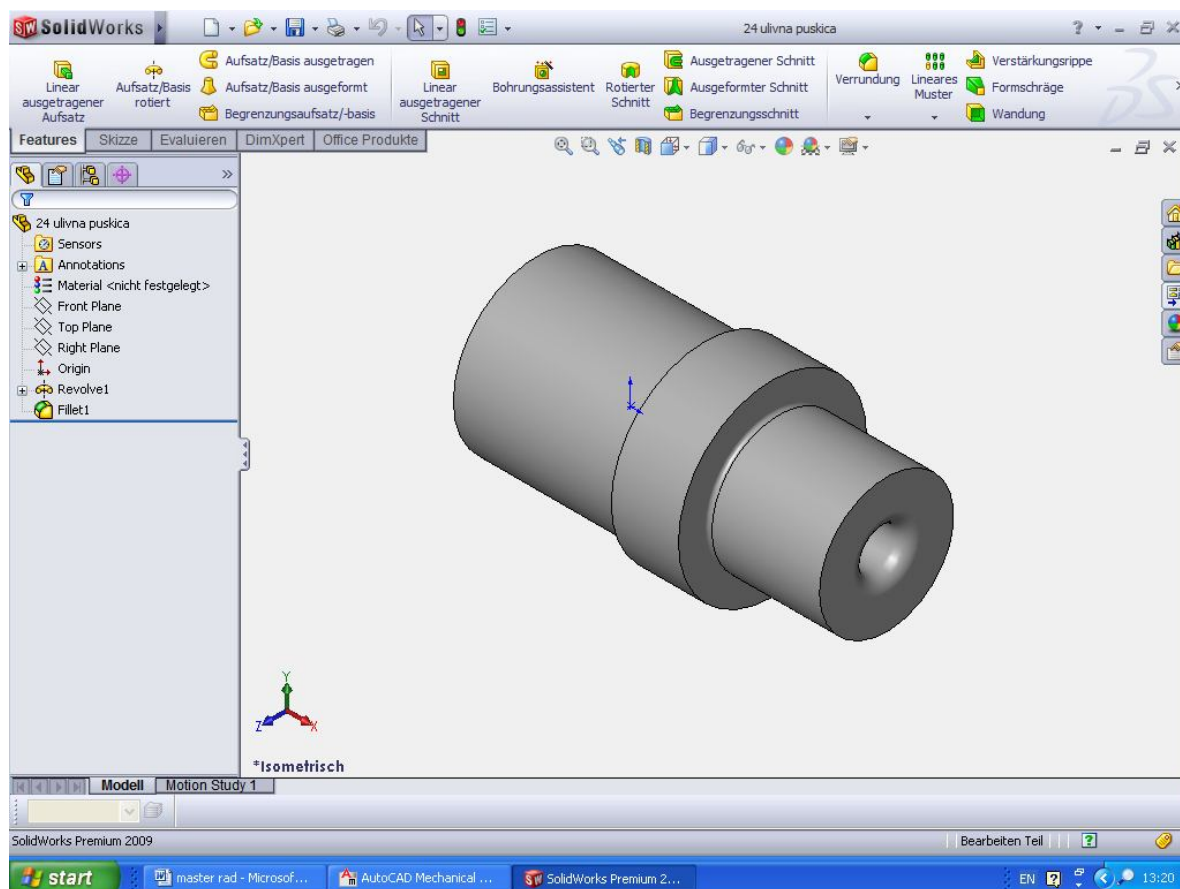


Слика 4.42. Модел стубића

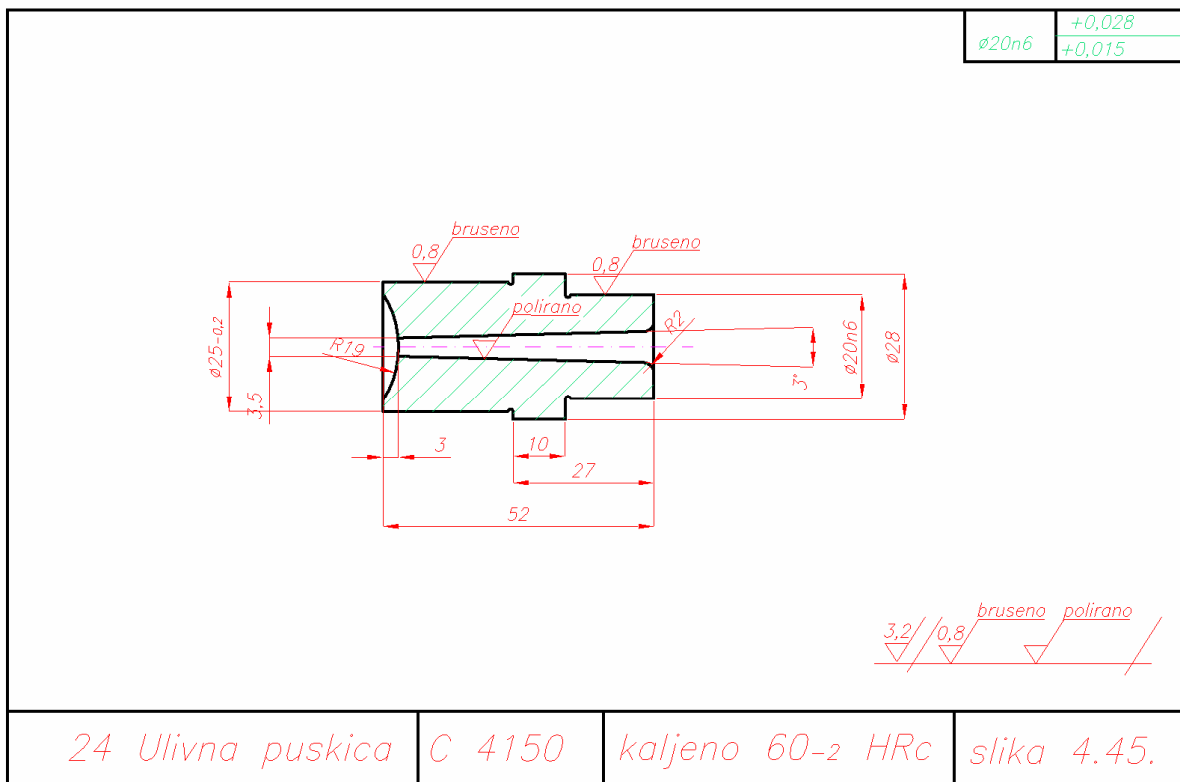


Слика 4.43. Конструкциони цртеж стубића

20. Уливна пушкаца

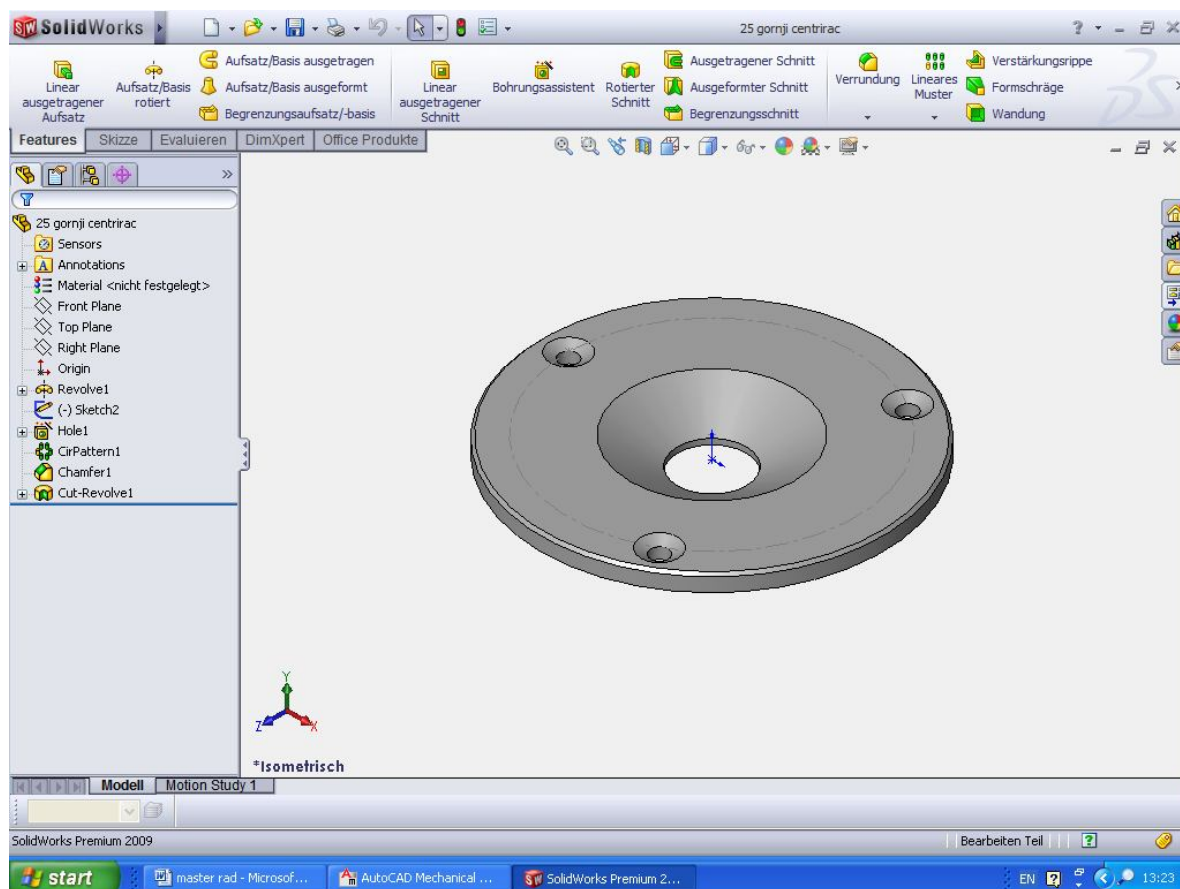


Слика 4.44. Модел уливне пушкице

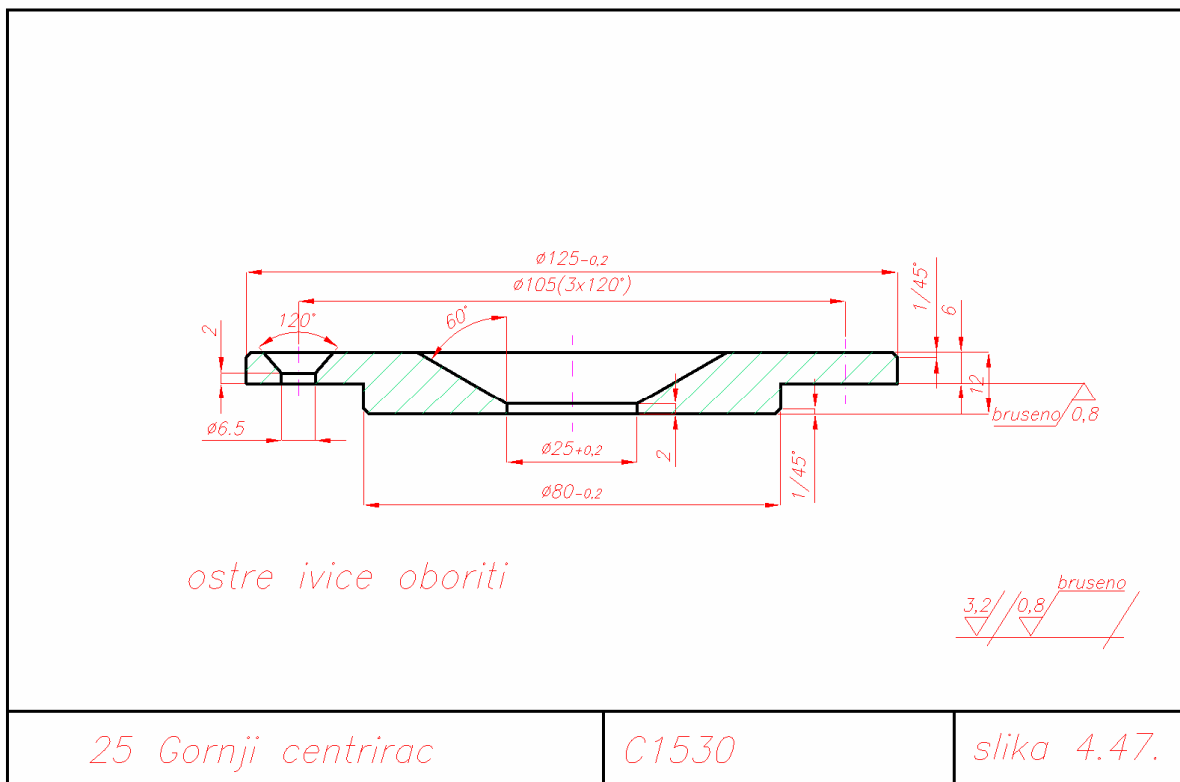


Слика 4.45. Конструкциони цртеж уливне пушкице

21. Горњи центрирач

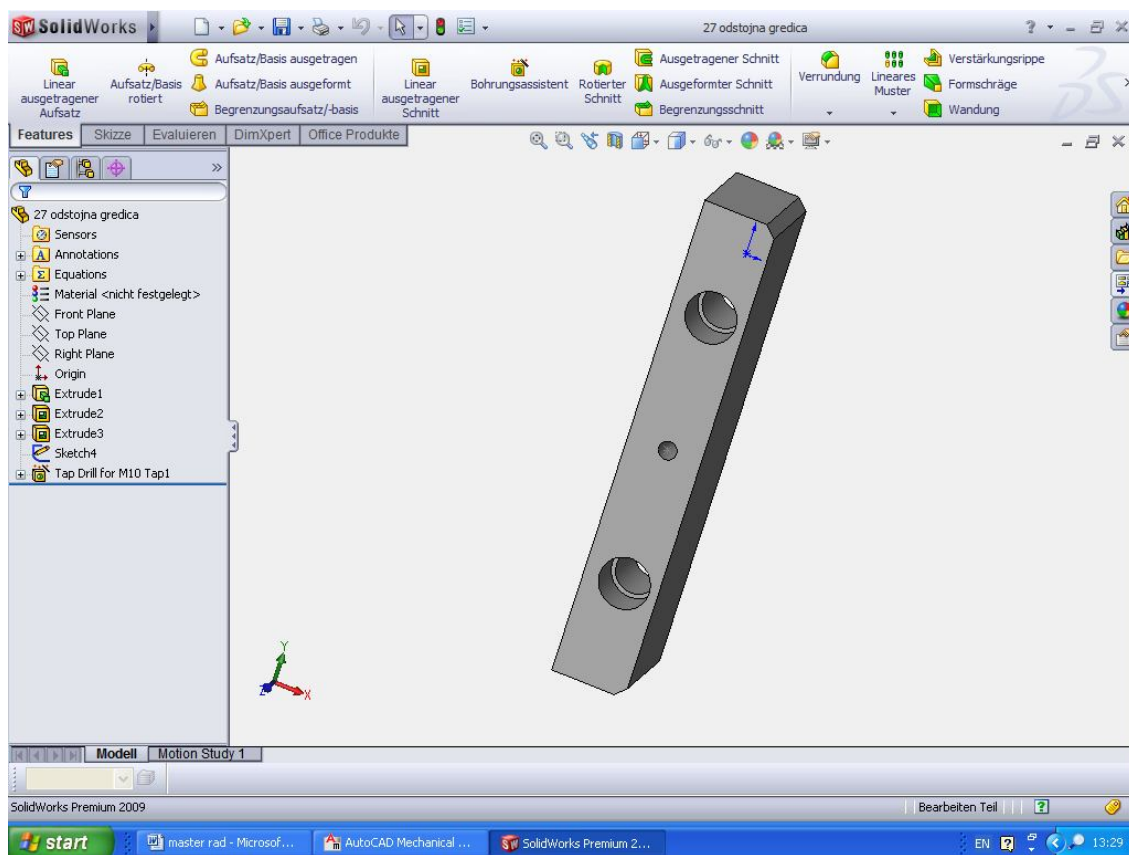


Слика 4.46. Модел горњег центрирача

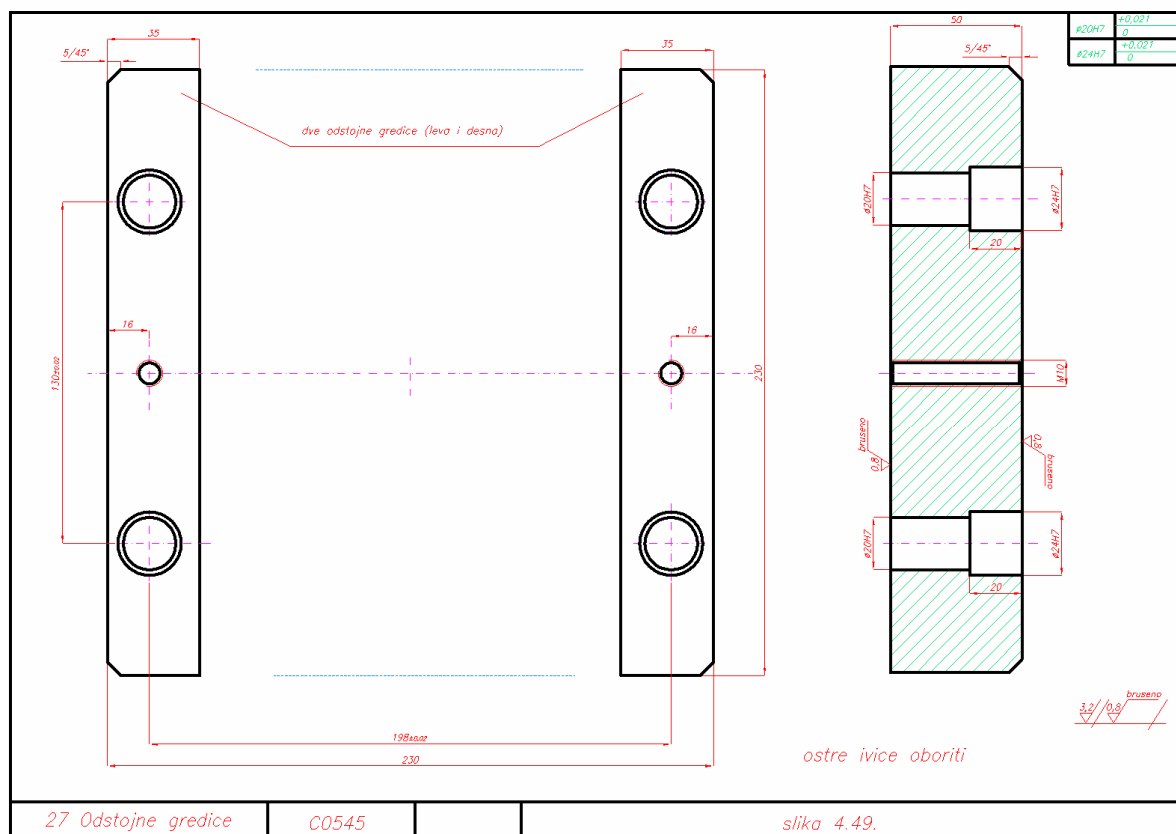


Слика 4.47. Конструкциони цртеж горњег центрирача

22. Одстојна гредица

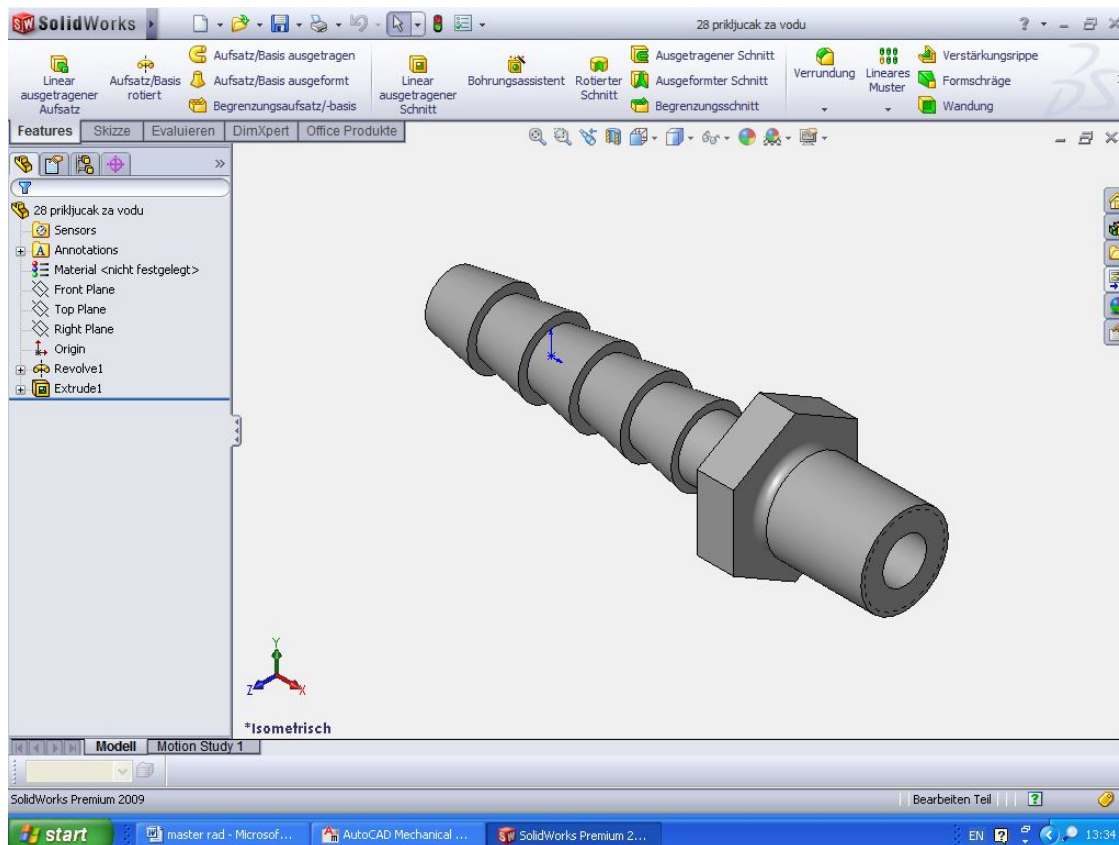


Слика 4.48. Модел одстојне гредице

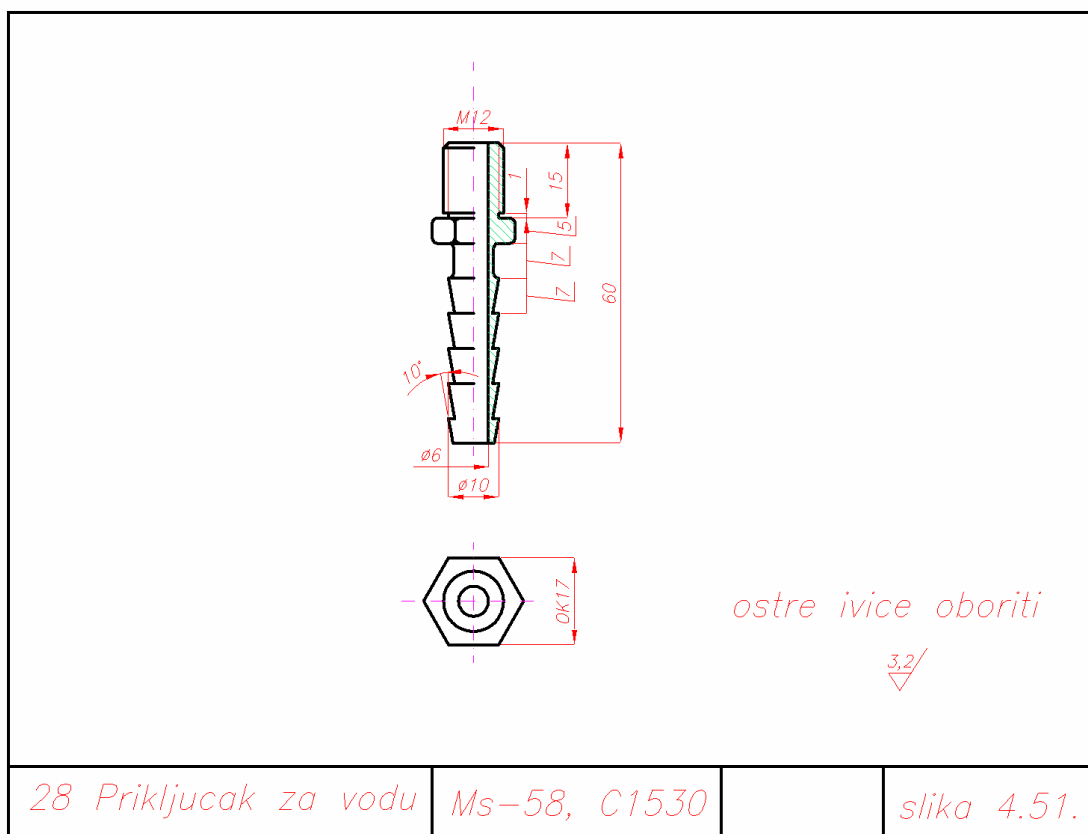


Слика 4.49. Конструкциони цртеж одстојне гредице

23. Прикључак за воду

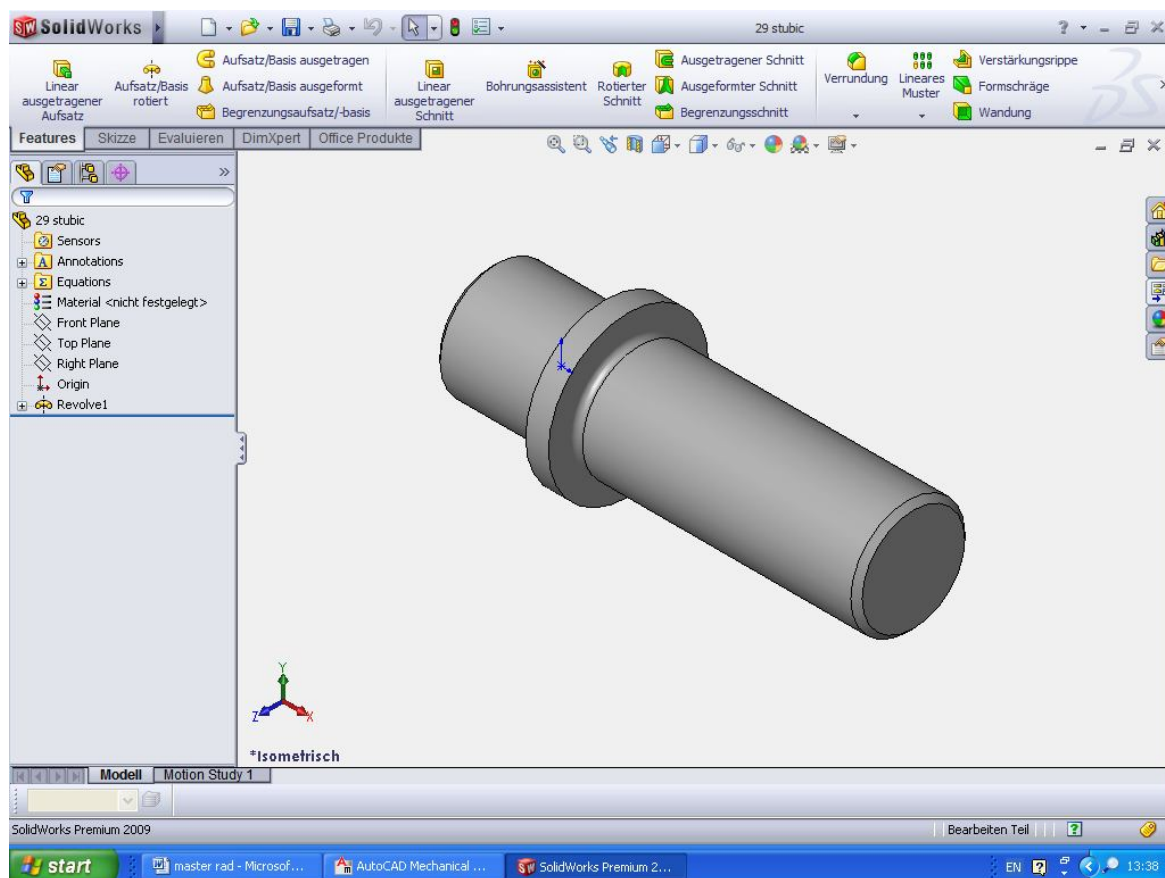


Слика 4.50. Модел прикључка за воду

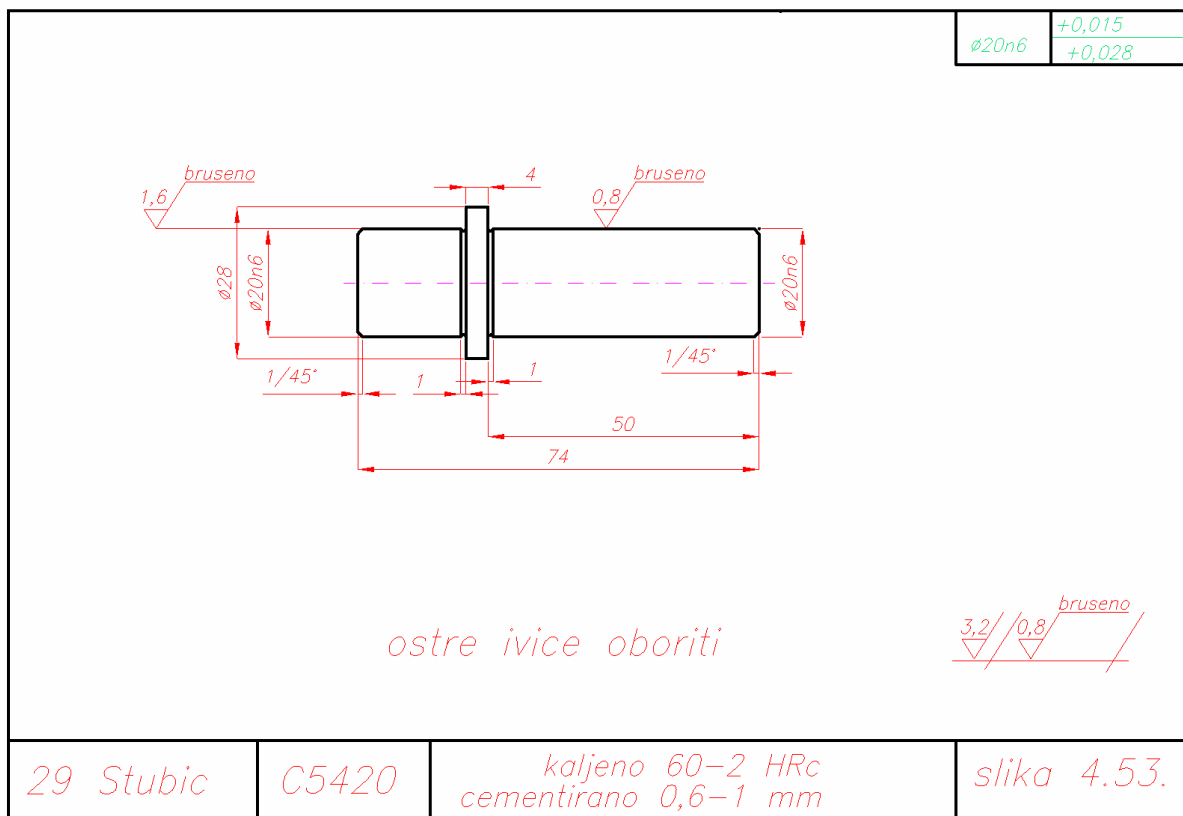


Слика 4.51. Конструкциони цртеж прикључка за воду

24. Стубић



Слика 4.52. Модел стубића



Слика 4.53. Конструкциони цртеж стубића

4.3. Карактеристике машине марке Arburg за бризгање дела

За инјекционо пресовање изабраног дела користи се машина за бризгање пластике марке „Arburg”, тип *Allrounder 320M-210-750* (слика 4.54.), немачке производње, чији су технички детаљи дати у табели 4.1.



Слика 4.54. Машина за инјекционо пресовање [25]

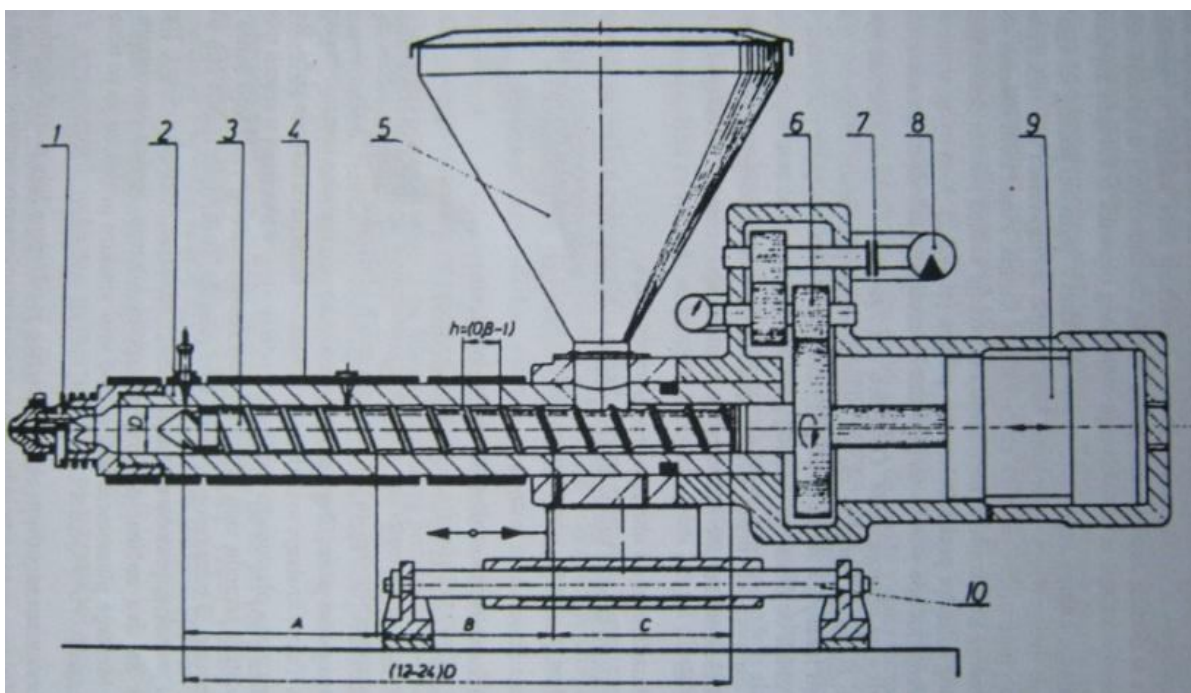
Табела 4.1. Технички подаци о машини марке „Arburg”, тип *Allrounder 320M-210-750*

Јединица за стежање	
Сила стежања:	750 kN
Сила отварања калупа, max	37 kN
Величина калупне плоче (h x v):	490 mm x 490 mm
Удаљеност између вођица	320 mm x 320 mm
Ход отварања калупа	375 mm
Минимална висина калупа	250 mm
Максимална висина калупа:	625 mm
Ход хидрауличног избацивача:	150 mm
Сила избацивача напред / назад:	38/26,7 kN
Јединица за бризгање	
Пречник пужа:	35 mm
Однос дужине и пречника пужа:	23,3
Притисак убризгавања:	1500 bar
Запремина:	144 cm ³
Маса убризгавања, ПС:	120 g
Брзина убризгавања:	150 cm ³ /s
Ход пужа:	150 mm
Притисак млазнице на алат:	60 kN
Електрични и хидраулична опрема	
Номинални капацитет пумпе мотора:	15 kW
Инсталисана снага грејача:	5,5 kW
Капацитет резервоара:	220 l
Димензије и тежина	
Димензије машине :	4,30 m x 1,85 m x 1,6 m
Укупна маса машине :	3060 kg

Главни склопови ове машине су:

1. Јединица за бризгање;
2. Јединица за затварање калупа;
3. Хидраулично-погонска јединица;
4. Управљачко-контролна јединица;
5. Систем за заштиту руковаоца и опреме.

Задатак јединице за бризгање јесте да припреми одређену количину (дозу) материјала и да га под високим притиском задатом брзином убризга у затворен калуп. Главни делови јединице за бризгање су дати на слици 4.55.



Слика 4.55. Јединица за убризгавање са кружним ваљком: 1– млазница, 2 – цилиндар, 3 – пужни вијак, 4 – грејач, 5 – левак, 6 – зупчаници, 7– спојница, 8 – мотор, 9 – хидраулични цилиндар, 10 – вођица.

С обзиром на функцију коју обављају у процесу прераде, цилиндар и пужни вијак су најважнији делови бризгалице. Пуж чини цилиндрично језгро и пужаста завојница која може имати различиту дубину. Задатак пужа је да транспортује материјал у чврстом и течном стању, да га добро измеша, хомогенизује и сабије, тако да под одређеним притиском буде ливен у калуп. Дужина пужа је различита код различитих бризгалица и зависи од њиховог капацитета и врсте полимера. У сваком случају, он се протеже од улазног дела за гранулат до излазног дела, односно дизне. На том растојању разликују се три зоне:

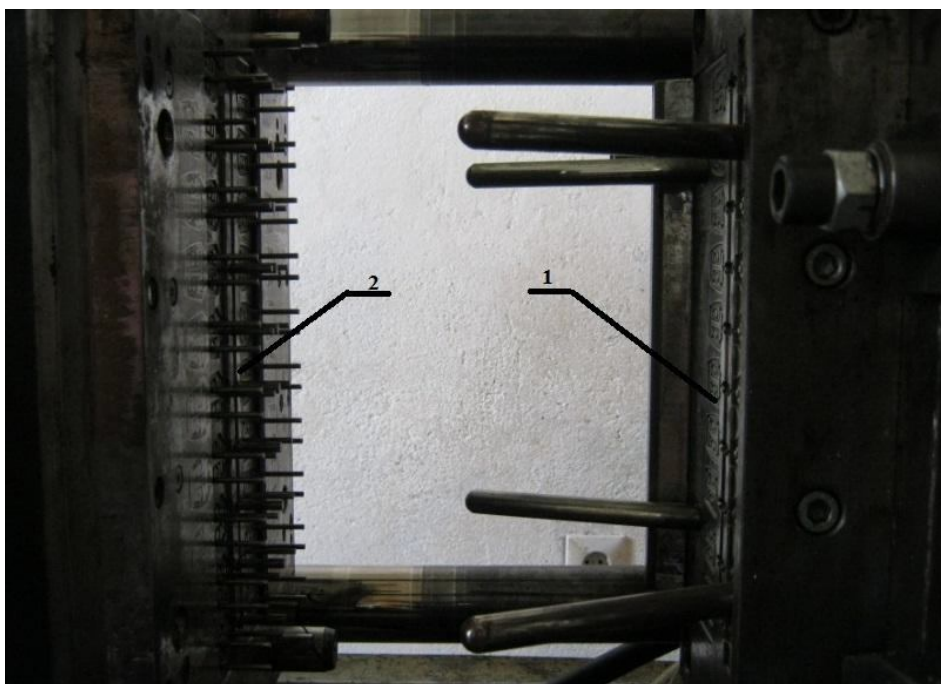
- Улазна зона или зона пуњења;
- Зона компресије;
- Зона истискивања.

Гранулат се из левка за пуњење дозира под дејством силе земљине теже у улазни део цилиндра. Овај део је термички изолован од осталих цилиндара или се чак хлади да не би дошло до привременог топљења материјала. У компресионој зони почиње

топљење и хомогенизација полимера. Ова зона мора бити довољно дугачка да на њеном крају полимер буде потпуно истопљен и хомогенизован. Ово је нарочито битно ако се полимер боји бојама чија температура топљења може бити различита од температуре топљења полимерног материјала. Истопљен материјал улази у зону истискивања, где под дејством притиска улази у улазну дизну. У овом делу обично су постављени отвори за вентилацију кроз које одлазе испарљиве материје, које би могле да поремете равномерни ток материјала кроз дизну у калуп. У процесу бризгања пуж се креће двојако, кружно и праволинијски (напред-назад). Праволинијско кретање врши се најчешће на хидраулични погон. Потискивање клипа напред врши се истискивањем материјала кроз дизну. У исто време врши се упуштање новог гранулата у улазну зону цилиндра. Враћањем клипа уназад, затвара се улаз у цилиндар и отпочиње мешање и топљење унетог материјала. Пренос снаге са електромотора на пуж врши се системом зупчаника, чиме се истовремено врши смањење, односно повећање броја обртаја.

Јединица за затварање калупа

Један од делова (склопова) бризгалице чини калуп и механизам за његово затварање и отварање, као и систем за хлађење калупа. Калуп за бризгање састоји се из два дела: непокретног и покретног (слика 4.56.).



Слика 4.56. Изглед калупа: 1 – непокретни део, 2 – покретни део

Померањем покретног дела калупа унапред или уназад, врши се отварање, односно затварање калупа. Кретање покретног дела калупа најчешће се врши хидрауличким погоном, односно променом притиска уља у погонском делу за калуп. Покретни део калупа повезан је са цилиндром за уље и одговарајућим клипом. Клип регулише притисак уља у цилиндру. Вредност притиска затварања зависи од величине калупа.

Начин промене притиска је веома важан, јер се на тај начин подешава време хлађења калупа, односно формираног комада. Хлађење се врши водом, а такође,

заступљено је и уљно хлађење. Дакле, од завршетка бризгања до почетка отварања алата, тј. калупа, тече време хлађења. Време које је потребно за хлађење, отварање калупа, вађење комада и поновно затварање познато је као време стајања, јер се у том периоду нова количина масе за бризгање поново припрема. Материјал који се добро измеша, хомогенизује и сабије под одређеним притиском је уливен у калуп.

Циклус бризгања, тј. израде овог производа се завршава испадањем комада, после чега се калуп поново затвара и отпочиње нови циклус. Испадане готовог комада врши се избацивањем помоћу избачких игала које се налазе на покретном делу калупа.

4.4. Технологија прераде

Процес бризгања дефинишу следећи технолошки параметри:

1. Температура убризгавања (температуре цилиндра и млазнице);
2. Температура калупа;
3. Притисак убризгавања;
4. Накнадни притисак;
5. Притисак (сила) затварања калупа;
6. Противпритисак дозирања;
7. Брзина убризгавања;
8. Брзина накнадног притиска;
9. Брзина пластифицирања;
10. Време убризгавања;
11. Време накнадног притиска;
12. Време хлађења;
13. Време одгоде почетка пластификације;
14. Време декомпресије.

Технолошки поступак инјекционог пресовања датог дела дат је у табели 4.2.

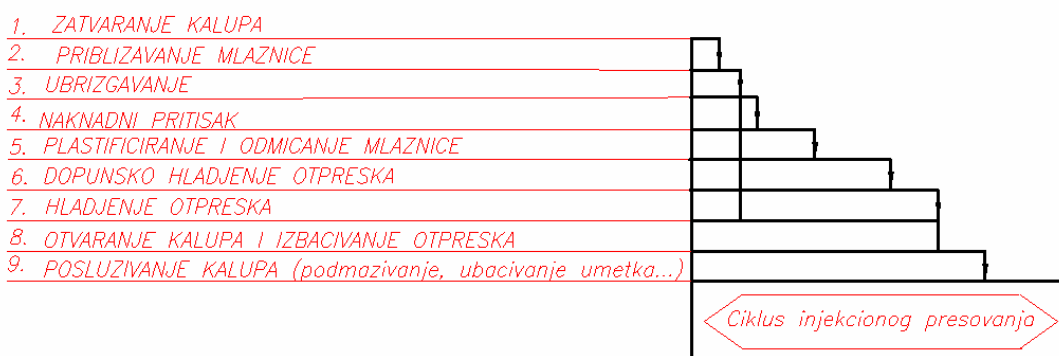
Табела 4.2.	Технолошки поступак injekcionog presovanja					List:	1
						Listova:	1
	Naziv dela:		Broj dela:		Naziv operacije:		Br.operacije:
Postupak br.1	Šolja				Injekk.presovanje		10
	Datum:	Potpis:	Specijalni alati	Pomoćni alati	Merni alati		
Crtao:			6 gnezda		Pom.merilo 0-150		
Tehnolog:							
Overio:							
Mašina:	Allrounder M 320-210-750						
Prečnik puža:	Ø35		Materijal: POM-A FIS 1.071				
Vrh puža:	-		CC1/ Delrin 100 NC				
Tip dizne:	kratka-otvorena		Zamena materijala:		Bruto težina:	19,8g	
Radijus dizne:	R19				Težina kom:	2.82g	
Otvor dizne:	Ø2		Vreme sušenja:	2sata	Normativ:	3,3g	
Grejanje dizne:	direktno		Temperatura sušenja:	100°C	Naredna operacija u:		
Odeljenje:	Prerada plastike		Doziranje:	automatsko			
	Temperatura:		I	II			
1.	Prve zone (do dizne):		°C	220±5			Potpis
2.	Druge zone:		°C	218±5			
3.	Treće zone:		°C	210±5			
4.	Četvrte zone:		°C	205±5			Opis
5.	Levka - koša za sušenje:		°C	80-100			
6.	Uredaja za temperiranje:		°C	60-80			
	Pritisak:						
1.	Zatvaranja:		daN/mm ²	99			
2.	Brizganja:		daN/mm ²	90			
3.	Plastificiranja:		daN/mm ²	5			
4.	Dizne na alat:		daN/mm ²	max			
5.	Naknadni pritisak:		daN/mm ²	76			Br.izm.i
6.	Radnih hodova:		daN/mm ²	const			
7.	Pumpe:		daN/mm ²	max			
	Vreme:						Br.
1.	Glavnog pritiska brizganja:		sec.	30,0			
2.	Naknadnog pritiska brizganja:		sec.	5,0			
3.	Hlađenja pod pritiskom:		sec.	30,0			Ozn.
4.	Plastificiranja:		sec.	5,0			
5.	Pauze:		sec.	5,0			
6.	Glavno vreme(Tg):		sec.	75,0			
7.	Pripremno završno vreme(Tpz):		min.	90			
8.	Vreme po komadu(Tk):		min.	0.375			
9.	Hlađenja u posebnim uslovima:		h				
	Brzine:						
1.	Brzina brizganja:		mm/s	35			
2.	Brzina otvaranja:		mm/s	3/1			
3.	Brzina zatvaranja:		mm/s	2/1			
4.	Broj obrtaja puža:		min ⁻¹	150			
	Krajnji prekidači za:						
1.	Glavno brizganje na položaju:		mm	110			
2.	Plastificiranje mase na položaju:		mm	110-164			
3.	Položaj dizne:		mm	183			
4.	Naknadni pritisak na položaju:		mm	114-124			
5.	Otvaranje alata na položaju:		mm	198			
a)	Izmena mašine:						
b)	Izmene alata:						

Napomena:

- Dozvoljeno dodati max 20% recikliranog(mlevenog) materijala.
- Stabilizovati komade u komori na 90°C 15 do 20 sati.
- Pri prvom upotrebi alata vršiti merenje prema konstrukcionom crtežu i zapisati rezultate na mernom listu. Isto to uraditi i posle svake popravke alata.

Фазе у процесу бризгања

Технолошки процес бризгања састоји се од низа операција које се одвијају аутоматски. За почетак циклуса неопходно је претходно обавити радње којима се машина или систем за бризгање доводе у радно стање и почетни положај. Обично се те радње састоје од загревања цилиндра за топљење и хидрауличног уља на радну температуру, а почетни положај је обично следећи: отворен калуп, избацивач у задњем положају, одмакнута млазница и надозирањ материјал. На слици 4.57. приказан је циклус бризгања.



Слика 4.57. Фазе циклуса инјекционог пресовања

Као што је приказано на слици 4.57., прва фаза циклуса је затварање калупа (1), а остварује се јединицом за затварање. За ту операцију потребно је одређено време затварања калупа. Следи приближавање (2) млазнице купастом улику калупа. Следећа операција је убризгавање (3) растопа у калупну шупљину. У том тренутку елемент за убризгавање, убризгач, у овом случају пужни вијак, делује као клип. Убризгавањем почиње и хлађење растопа у калупној шупљини. Завршетком пуњења калупне шупљине долази до прекопчавања на накнадни притисак (4) у цилиндру за убризгавање. Накнадни притисак је по правилу нижи од притиска убризгавања, јер више не постоји високи отпор течењу растопа. Његов задатак је да изравна допунским пуњењем калупне шупљине. Накнадни притисак делује до “печаћења“, тј. до тренутка када се место између калупне шупљине и уливног система толико охлади и очврсне да више није могуће протицање растопа. Тиме је омогућено одмицање млазнице од уливне купе и започињање пластификације (5). Током те операције узима се потребна количина пластомера за наредну операцију и започиње пластифицирање. Пластомер у облику гранула се претвара у растоп пролазћи дуж ротирајућег пужног вијка. Топлота потребна за загревање пластомера доводи се грејачима смештеним на цилиндру за топљење. Потребно време хлађења отпреска (7), често је дуже од времена убризгавања, накнадног притиска, пластифицирања и враћања млазнице. Због тога је потребно и допунско време хлађења (6) да се отпресак охлади на температури која омогућује поуздано потискивање отпреска из калупне шупљине. Када се отпресак довољно охлади, калуп се отвори одмицањем помичног од непомичног дела. Током те фазе се потискује отпресак из калупне шупљине (8). Време преостало до почетка новог циклуса може се искористити за чишћење и подмазивање калупне шупљине. Тиме је циклус завршен.

Закључак

Последњих педесетак година у области аутомобилске индустрије десиле су се веома значајне промене. Најважнији правац ових промена условљен је развојем индустрије пластичних маса.

Развој технологије производње и прераде пластичних маса отворили су нови пут и у аутомобилској индустрији, пут ка будућности у којој ће иновативни материјали, попут разних врста полимера, радикално побољшати безбедност возила и путника.

Данас је аутомобилска индустрија веома конкурентна, а пластичне масе испуњавају изазове аутомобилске индустрије, чији су захтеви све већи. Док возачи желе високе перформансе возила, са већом удобношћу, безбедности, мањом потрошњом горива, нижом ценом, друштво захтева ниже нивое загађења животне средине. Континуиран рад инжењера на иновацијама, како у индустрији пластичних маса, тако и у аутомобилској индустрији, помоћи ће да се ови циљеви и остваре.

Пластичне масе замењују конвенционалне материјале, јер оне пружају свестраност и функционалност коју инжењери очекују, али помажу и доприносе безбедности и заштити животне средине коју потрошачи траже.

Конкретно, овај рад има за циљ да прикаже значај употребе пластичних маса у аутоиндустрији. Данашњи услови савременог пројектовања производа захтевају, нов мултидисциплинаран приступ развоју ове две индустрије и зато је веома важно да инжењери који се баве пројектовањем делова од пластичних маса у аутоиндустрији буду добро упознати и са једном и са другом технологијом.

У теоријском делу рада је објашњен значај употребе пластичних маса у аутоиндустрији, приказане су врсте и карактеристике пластичних маса од којих се најчешће пројектују делови за аутомобиле. У даљем делу рада су дате смернице и упозорења о правилној преради пластичних маса поступком инјекционог пресовања.

Теоријска знања проистекла из рада су употпуњена пројектовањем конкретног дела од пластичне масе, који се уграђује у део аутомобила. Основна пажња је посвећена конструкцији и моделирању дела, шоље за спону, и конструкцији и моделирању алата и његових компоненти, за добијени модел. Конструкција дела и алата је урађена у *AutoCad*-у, а моделирање у *SolidWorks*-у. Постоје и једноставнији и другачији начини израде алата и радионичких цртежа. У *SolidWorks*-у се може једноставно урадити алат коришћењем готових стандардних елемената, али данашњи услови савременог инжењерског пројектовања не ограничавају корисника на само један начин рада и коришћења само једног софтверског пакета, већ му пружају могућност за креативност и истраживање. Из тог разлога је одлука пала на израду нестандардног, специјалног алата и овакав начин израде конструкционих цртежа и модела. Рад је допуњен давањем карактеристика машине на којој се део може израђивати и технолошким поступком израде дела.

Употреба полимерних материала у аутоиндустрији је доживела је велику експанзију, а због жеље да се тај тренд настави мора се много улагати у истраживање и развој обе индустријске гране.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Брус, М. Даглас, Решавање проблема при бризгању термопластичних материјала, Консалтинг и инжењеринг предузеће за пластику и гуму „Поли“, Нови Сад, 1991.
2. Недић Богдан, Лазих Миодраг, *Производне технологије*, Обрада метала резањем, Крагујевац, 2007.
3. Недић, Богдан, *Технологија прераде пластичних маса*, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 2008.
4. Перошевић, Бошко, *Калупи за инјекционо пресовање пластомера (термопласта)*, Научна књига, Београд, 1995.
5. *Прецизно бризгање Дерлин ацеталних гранулата*, (превод), Du Point de Nemours International S.A., Polimer product department, Geneva, Switzerland.
6. Свет пластике и гуме бр. 9, *Пластични материјали у аутомобилу*, Консалтинг и инжењеринг предузеће за пластику и гуму „Поли“, Нови Сад, 2001.
7. <http://corrosion-doctors.org/Car/Materials.htm> (преузето: 10.6.2013.)
8. <http://www.industrijska-merenja.rs/instrumenti/meraci/infracrveni-termometar-pirometar-ms-pro.html> (преузето: 28.8.2013.)
9. <http://www.moldflow.com/flowfront/0210/cov/0210cov.asp> (преузето: 30.4.2013.)
10. <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv20/07-0451-W.pdf> (преузето: 23.9.2013.)
11. <http://www.plastics-car.com/roadmap> (преузето: 10.6.2013.)
12. <http://www.plasticsconverters.eu/organisation/division/automotive> (преузето: 30.4.2013.)
13. <http://polymeric.tripod.com/vs.htm> (преузето: 20.9.2013.)
14. <http://www.popsci.com/cars/article/2004-09/plastics-automotive-markets-vision-andtechnology-roadmap> (преузето: 10.6.2013.)
15. <http://www.tehnikakb.com/index.php> (преузето: 20.9.2013.)
16. <http://youtu.be/YA8X8egacfM> (преузето: 12.10.2013.)
17. <http://www.automobilizam.net/sistem-upravljanja/> (преузето: 12.10.2013.)
18. <http://www.vrelegume.rs/test/sistem-upravljanja/> (преузето: 12.10.2013.)
19. dii.americanchemistry.com (преузето: 3.11.2013.)
20. www.mtf.stuba.sk (преузето: 3.11.2013.)

21. <http://www.lyondellbasell.com/Home/index.htm> (преузето: 3.11.2013.)
22. www.2b1stconsulting.com (преузето: 3.11.2013.)
23. <http://auto.blog.rs/blog/auto/vesti/2013/09/10/hankook-tocak-i-guma-u-jednom> (преузето: 3.11.2013.)
24. <http://www.foam-seal.com/Automotive-PVC-Foam.html> (преузето: 3.11.2013.)
25. www.danzaplast.com (преузето: 3.11.2013.)