

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Јелена Г. Јоксимовић

**КАРАКТЕРИСТИКЕ ТЕХНОЛОГИЈА И
ОПРЕМЕ ЗА ИЗРАДУ ДЕЛОВА ОД ЛЕГУРА
АЛУМИНИЈУМА**

завршни рад

Крагујевац, 2014.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Основне академске студије

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 140/2009

Јелена Г. Јоксимовић

**КАРАКТЕРИСТИКЕ ТЕХНОЛОГИЈА И
ОПРЕМЕ ЗА ИЗРАДУ ДЕЛОВА ОД ЛЕГУРА
АЛУМИНИЈУМА
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. _____
2. _____
3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података потребних да се поступцима ливења и CNC технологијама обраде резањем дође до коначног производа. На конкретном примеру приказати могућности ових технологија које се користе у предузећу "Sigma Komerc" d.o.o, Младеновац.

Препоручена литература:

- (1) Милорад Јовановић и Вукић Лазић: "*Ливење*", Машински факултет, Крагујевац, 2012.
- (2) Богдан Недић и Миодраг Лазић: "*Обрада метала резањем*", Машински факултет, Крагујевац, 2007.
- (3) Богдан Недић: "*Скрипта за предмет машине алатке*", Машински факултет, Крагујевац, 2007.

Крагујевац, 22.10.2014

ментор:
Богдан Недић Проф. др

Резиме

Овим завршним радом су детаљно анализиране карактеристике технологија које се примењују за израду делова од легура алуминијума. Преко основних појмова о ливењу (са фокусом на ливење у кокилама); и основама CNC технологија (са фокусом на Mazak Integrex 200 SY хоризонтални обрадни центар) анализирају се технологије које се користе у предузећу Sigma Komerc” d.o.o, Младеновац

Овај дипломски рад садржи технолошки процес ливења задатог одливка, као и процес његове даље обраде.

Summary

This thesis is focused on detailed analysis of the characteristics of the technologies used to produce parts from aluminum alloys. Through basic casting process (focusing on the casting molds) and through the basic knowledge of CNC technology (focusing on the management of Mazak Integrex 200 SY with horizontal machining center) we get to the detailed explanations, discussions, references, resolution of concerns and knowledge related to the field being studied.

This thesis follows the technological casting process of the given cast, and the process of its treatment.

Садржај

Увод.....	1
1. Обрада метала ливењем.....	3
2. Ливење у кокилама – слободно ливење.....	5
2.1 Предности и недостаци ливења у кокилама.....	6
3. Пример ливења одливка употребом кокилног ливења.....	7
3.1 Ливачка својства чистог Алуминијума.....	7
3.2 Основна својства Алуминијума (99.5% AL).....	8
3.3 Легуре алуминијума.....	8
3.4 Процес топљења метала.....	9
3.5 Процес гравитационог ливења.....	10
3.6 Чишћење одливка.....	10
3.7 Контрола процеса ливења и контрола готовог одливка.....	11
3.8 Обрада одливака.....	12
3.9 Технолошка шема процеса.....	14
4. Модел алата за ливење задатог дела од легуре алуминијума.....	15
5. Машине алатке.....	20
5.1 Развој и примена CNC- „Computer Numerical Control“.....	20
5.2 Предности и недостаци CNC технологије.....	21
5.3 Програмирање CNC машина.....	21
6. Основне карактеристике машине - Mazak Integrex 200 SY.....	24
6.1 Опис машине Mazak Integrex 200 SY.....	25
6.2 Спецификација машине Mazak Integrex 200 SY.....	26
6.3 Основна кретања машине Mazak Integrex 200 SY.....	27
6.4 Основне компоненте машине Mazak Integrex 200SY.....	28
7. Обрада задатог дела на машини Mazak Integrex 200SY.....	36
8. Коначан изглед и контрола обрађеног задатог дела.....	44
Закључак.....	47
Литература.....	48

Увод

Ако се каже да је машинство област технике, која укључује примену закона математике и физике за анализу, конструкцију, израду и одржавање машинских техничких система, онда се под технологијом подразумева наука која проучава процесе и поступке прераде сировина у полуфабрикату и готове производе.

Технологија обраде проучава проблематику израде и обликовања готових делова. Када је реч о технологији механичке обраде, подразумева се обрада делова механичким путем и то уклањањем вишка материјала са или без скидања струготине. Као што сами називи кажу, под обрадом без скидања струготине подразумева се обрада у којој се обликовање врши без или са незнатним уклањањем вишка материјала (обрада ливењем, обрада спајањем и обрада деформисањем), док под обрадом са скидањем струготине се подразумева обликовање уклањањем вишка материјала (ручна обрада и обрада метала резањем).

Под ливењем се подразумева ливење челика, сивог лива, обојених метала и неметала у песку, кокили, под притиском, у облику кошуљице, центрифугално итд. Обрада спајањем подразумева поступке закивања, лемљења, заваривања, лепљења итд., док обрада деформисањем представља поступке ковања, просецања и пробијања, дубоког извлачења, савијања итд. (1)

Промена облика, димензија, храпавости обрађених површина и карактеристика површинског слоја се може извршити уз помоћ поступака обраде метала резањем, односно уклањањем вишка материјала механичким дејством резног алата на предмет обраде (фином или грубом обрадом). У ове поступке обраде спадају стругање, бушење, глодање, тестерисање, рендисање, провлачење, брушење и глачање. (2)

У овом дипломском раду највише ће се обратити пажња на обраду ливењем и то у кокилама (слибодно ливење), као и на обраду резањем у овом случају на савременом CNC ("Computer Numerical Control")- стругу о чему ће се касније више говорити.

У првом поглављу рада се дефинише и уже објашњава обрада метала ливењем, односно објашњавају се најосновније врсте ливења тј., ливење у пешчаним калупима, центрифугално ливење, ливење под притиском, непрекидно ливење и гравитационо ливење.

У другом поглављу се прецизно дефинише ливење у кокилама- слободно ливење и прави се осврт на његове предности и недостатке. То је и врста обраде која представља један од предмета изучавања овог дипломског рада.

Треће поглавље се бави проучавањем задатог примера ливења одливка употребом кокилног ливења. Тачније, овим поглављем се прецизно дефинише примена слободног ливења над задатим делом од легуре алуминијума (силумин); објашњавају ливачка својства чистог алуминијума и његових легура и прати цео технолошки процес израде одливка (процес топљења метала, процес ливења, чишћења одливка, контрола процеса и обрада одливка).

У четвртом поглављу се даје детаљан приказ изгледа и објашњења карактеристика алата за ливење коришћеног за израду задатог одливка, приказ језгара коришћених за образовање унутрашње супљине одливка и изглед готовог одливка са извршеном термичком обардом жарења и пескирања.

Петом поглавље уводи у област савремене технологије обраде материјала резањем, односно објашњава настанак и развијање CNC (Computer Numerical Control) технологија, дају њене предности и недостатке и уводи у основе програмирања CNC машина.

У шестом поглављу се објашњавају основе машине- Mazak Integrex 200 SY (7-осни струг) која се користи у процесу обраде задатог примера одливка. Наводи се њена спецификација, основна кретања радних органа машине и објашњава се детаљно свака компонета ове машине (носач алата, прва стезна глава, друга стезна глава, главно вретено, управљачка јединица, магацин алата, итд.).

Седмим поглављем се сликом и речју објашњава цео процес обраде задатог одливка на наведеној машини, све операције су поступно објашњене у овом поглављу, пропраћене програмом писаним на *Mazatrol* управљачкој јединици, и дат коначан изглед готовог предмета обраде спремног за паковање и даље прослеђивање.

На крају овог дипломског рада дат је закључак, који произилази из анализе карактеристика технологија и опреме за израду делова од легура алуминијума и коришћена литература.

1. Обрада метала ливењем

У обраду метала ливењем спадају процеси код којих се растопљени метал улива у шупљину калупа, у њему очвршћава и добија облик готовог предмета - одливка. Најчешће, предмете који се добијају процесом ливења сматрамо полупроизводима које накнадно обрађујемо обрадом скидања струготине да бисмо добили његов коначан облик и димензије.

Ливењем је могуће добити одливке различитих облика, масе - од неколико грама до 300 t, дужине од неколико центиметара до 20 m, са дебљином зида од 0.5 до 500 mm, као што су блокови цилиндра, клипови, тела и сегменти редуктора, зупчаници, постоља машина, постоља ваљачких станова, лопатице турбина, итд. (1)

Састав и структура одливака различитих металних материјала добијених ливењем треба да задовоље многобројне захтеве и да испуне потребне услове, односно да одливак поседује тражене физичке, хемијске и механичке особине. Ово подразумева да легуре које се користе у обради ливењем треба да се одликују својством ливкости. Ливкост, као појам, је комплексно својство материјала, које показује његову погодност за добијање квалитетног одливка.

У зависности од врсте калупа као и од начина уливања течног метала у калуп разликујемо више врста ливења, нпр.: ливење у пешчане калупе, кокилно ливење, гравитационо ливење, сифонско ливење, мешовито ливење, центрифугално ливење и ливење под притиском.

У наставку ће се укратко објаснити најчешће примењиване врсте ливења, са фокусом на ливење у кокилама, које је потребно и за израду задатог одливка.

Ливење у пешчаним калупима

У калупу се налази модел око ког се сабија влажна смеша - песак, измешан са одређеним везивним средством, модел се уклања и растопљени метал се улива у шупљину калупа - након очвршћавања метала, калуп се раставља и вади одливак.

Калуповање можемо извести ручним или машинским путем, а под обавезним се подразумева израда уливних система и хранитеља. У зависности од потребе модел може бити метални или дрвени, једноделни или дводелни, са или без језгра - чије се ојачање изводи најчешће уз помоћ жице.

Центрифугално ливење

Овај начин ливења се изводи тако што се растопљени метал улива у метални калуп који се обрће; под дејством центрифугалне силе метал се распоређује по унутрашњој површини калупа и очвршћава; оса обртања може да буде хоризонтална или вертикална што зависи од дужине одливка.

Ливење под притиском

Формирање одливака и уливање течног метала у калуп код овог процеса се врши под притиском. Ливење под притиском подразумева процес добијања одливка у металним калупима. Калуп који се користи за ливење је израђен од висококвалитетних челика са великом тачношћу радних површина. Унутрашњост одливка се добија помоћу металних језгара, која се најчешће ваде на крају процеса ливења.

Ливењем под притиском је могуће добити одливке у уређајима за ливење под притиском са топлим и хладном компресионом комором.

Због сложености самог поступака ливења и у циљу продужетка радног века калупа, најекономичније је овим поступком лити легуре на ниским температурама топљења, које тотално не утичу на зидове калупа и кривљење његових радних површина. Овај поступак ливења се сматра економски исплативим само у масовној производњи.

Непрекидно ливење

При поступку непрекидног ливења растопљени метал се непрекидно и равномерно улива из лонца у метални калуп који је са једне стране хлађен водом. Очврснути метал се у облику очврснутог металног производа извлачи са друге стране калупа. Овај поступак обезбеђује израду одливака различитих облика. Овим поступком ливења се остварује велика уштеда материјала и времена.

Гравитационо ливење

Овај вид ливења течног метала подразумева његово уливање у металне калупе слободним падом. Уливање метала се изводи ручно. Калупи се премазују премезима који имају улогу да штите калуп од високих температура. По завршетку очвршћавања из калупа се вади готов одливак.

2. Ливење у кокилама – слободно ливење

Ливење у кокилама (Слика 1.) се односи на ливење у металним калупима (кокилама). Код овог ливења се уливање течног метала и попуњавање шупљина калупа врши под дејством сопствене масе.

Ова врста ливења се најчешће примењује када се ради о великосеријској производњи, односно о изради великоког броја различитих делова, али по конфигурацији не много сложених. Ливење у кокилама се најчешће примењује за легуре алуминијума.

Под кокилама подразумевамо калупе који се могу употребљавати велики бој пута, они су практично дуговечни ако се употребљавају за добијање одливака лакотопљивих легура - ако се не користе при превисоким температурама.

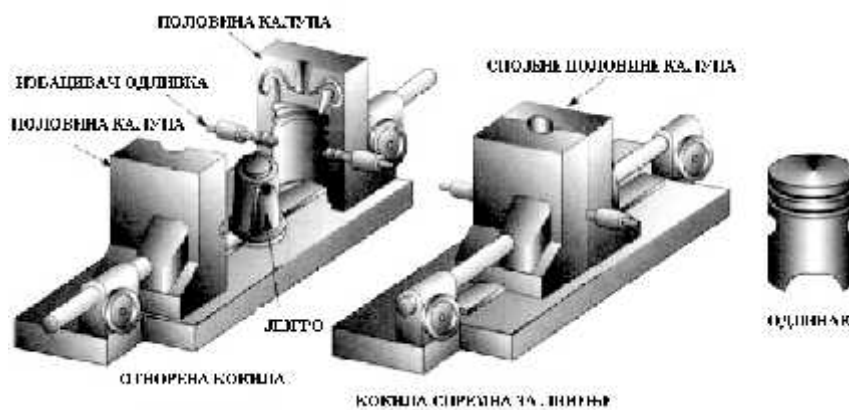
Велика брзина хлађења је једна од основних карактеристика кокилног ливења, односно брзина очвршћавања течног метала који се улива у кокиле, што је условљено високом топлотном проводљивошћу материјала калупа. Одливке добијене овим начином ливења карактеришу како добре механичке особине, тако и ситнозрнаста структура материјала. Повећање брзине хлађења би могло да се постигне наношењем одређених премаза по спољашњој површини кокиле. У циљу смањења термичких напона у материјалу кокиле, који се јављају при уливању течног метала (лива), а самим тим и продужетка века трајања кокиле, с једне стране, као и у циљу смањења степена захлађења лива, с друге стране, кокиле се увек пре употребе прегревају, најчешће на 200-300 °С што зависи од врсте лива, масе и сложености одливка, итд. (1)

Кокиле се премазују изнутра одређеним премазом који за циљ има да сачува унутрашњу површину кокиле од негативног дејства течног лива, регулисање брзине хлађења одливка и побољшање степена попуњености калупа. Ови премази су састављени од различитих течних компоненти које чине једну мешавину, која је битна за дуготрајност кокиле, за брзину и савршеност израде одливка. Најчешће се користе компоненте, као што је вода, течност стакло, квасац, графит, талк, мазут, ланено и машинско уље.

У зависности од облика жељеног дела зависи и облик конструкције кокиле. Основни делови конструкције кокиле јесу матрица, језгра уколико одливак има унутрашњу конфигурацију и механизам за подизање. Спољашње површине одливка, које су дефинисане калупом и унутрашње, које су дефинисане металним језгром траба да поседују ливачке нагибе у правцу вађења одливка из калупа, односно језгра из одливка. На овај начин омогућава несметано вађење одливка из калупа.

Кокиле се најчешће, у зависности од сложености геометрије дела, израђују из више делова, при чему се треба водити рачуна о потпуној непропустљивости на гасове. Због предходно наведеног проблема је неопходно да се конструкција кокиле испланира тако да се при уливању течног метала омогући потпуно избацавање ваздуха и комплетно испуњавање калупа течним металом.

Језгра израђују од метала, а за сложене унутрашње конструкције одливака примена металних језгара би била отежана, тако да се веома сложена језгра праве од песка из разлога „лакшег вађења” у односу на метална.



Слика 1. Ливење у кокилама

2.1 Предности и недостаци ливења у кокилама

Ливење у кокиле, у односу на ливење у пешчане калупе, има одређене предности:

- повећана производност процеса, најмање 3-4 пута;
- изостају операције сталног преправљања калупа и језгра;
- смањује се утрошак рада у завршним операцијама израде површина одливака;
- смањује се процентуални удео одливака лошег квалитета;
- повећана је димензиона тачност одливка;
- побољшане су механичке особине;
- скраћује се време израде одливка;

Овај начин ливења има и својих недостатака:

- одсуство гасне пропустљивости;
- брзо захлађивање течног метала при уливању у кокиле, чиме се смањује течљивост па је могуће лоше разливање и попуњавање калупа.

3. Пример ливења одливка употребом кокилног ливења



Слика 2. Изглед задатог изливеног дела након уклањања калупа

Процес производње једног готовог одливка (Слика 2.) се састоји од:

- процеса топљења,
- процеса ливења,
- чишћења одливка,
- обраде готовог одливка и
- контроле квалитета процеса ливења и контрола одливка.

3.1 Ливачка својства чистог Алуминијума

Ливачка својства чистог алуминијума су слаба због великог скупљања при очвршћавању (линеарно 1.7-1.8 %) запреминско 7%, због велике растворљивости гасова у њему, као и због јаке оксидације. Због ових карактеристика се чист алуминијум ретко употребљава за израду одливака. Зато се чист Алуминијум често користи за израду предмета од којих се тражи хемијска осетљивост, велика топлотна и електрична проводљивост.

3.2 Основна својства Алуминијума (99.5% AL)

	износ	јединица
Редни број у периодном систему	13	
Релативна атомска маса	26.98	
Густина па 20°	2.65-2.70	gr/cm
Густина растопљеног метала на 658° C	2.30	gr/cm
Тачка топљења	658	° C
Тачка испаравања	2056	° C
Топлотна проводљивост при 20° C	2177	w(ank)
Електрична проводљивост хемијски чистог алуминијума у ливеном стању на 20° C	33	Sm/mm ²
Електрични отпор техничког алуминијума при: 20° C	0.024-0.03	Sm/mm ²
658° C	16.5*10 ⁻⁶	S2cm
Затезна чврстоћа	50-120	MPa
Модул еластичности	6.9-7.3	GPa
Тврдоћа	15-30	HB

3.3 Легуре алуминијума

Да би се побољшала механичка својства алуминијума врши се легирање истог. С обзиром на главне легирајуће елементе, алуминијумске легуре се могу поделити у четири групе: Al-Si, Al-Mg, Al-Zn, Al-Cu. Механичка својства алуминијумских легура увек зависе од дебљине зида одливка. За одређивање механичких својстава алуминијумских легура у ливеном (инготи) и топлотно обрађеном стању (одливци), служи ливачки узорак.

Хемијски састав AL- легура који се најчешће користи у пракси дат је у табели:

Ознака	Састав				
	Mn	Mg	Si	Cu	Fe
AlSi ₁₂	0.3-0.5	до 0.5	11-13.5	-	0.8
AlSi ₁₂ Cu	0.3-0.5	-	11-13	0-0.5	0.8
AlSi ₁₀ Mg	0.3-0.6	0.25-0.4	9-11	-	0.6
AlSi ₁₀ MgCu	0.3-0.6	0.2-0.4	8.5-10.5	0.5	0.6
AlSi ₈ Cu ₃	0.5	-	7.5-10.3	2-3	0.8
AlMg ₈	0.2-0.7	6-10	-	-	-

Табела 1. Хемијски састав легура алуминијума
Остатак до 100% чини Алуминијум.

3.4 Процес топљења метала

Процес топљења се обавља у коритастој пламеној пећи (Слика 3.).

Пећ је са спољашње стране израђена од одливног лива дебљине 4 mm. Унутрашњост пећи је израђена од два слија опека. Први слој до челичног плашта је од притне опеке и служи као изолациони слој. Други слој је урађен од шамотне опеке квалитета СДО. Са предње чеоне стране налази се отвор за горионик. Горионик стоји на платформи која је саставни део пећи. Супротно од горионика налазе се врата за шаржирање и чишћење пећи од шљаке која се ствара у процесу топљења.

Са бочне стране пећи налази се отвор за ливење течног метала. Материјал којим се упуњава је познатог хемијског састава у облику је ингота тежине 5-9 kg.

Инготи се упуњавају на платформи пећи. После упуњавања пали се горионик.

Топљење се обавља помоћу горионика који као основно гориво користи гас или течно гориво D-2. Потребна снага горионика је 100 KW.

После упуњавања уклања се горионик и одпочиње процес топљења. Истопљени метал се слива у корито пећи. Температура топљења је 658°C, а максимална потребна температура течног метала за ливење је 690-920°C. Контрола температуре течног метала одвија се помоћу пирометра чија је сонда постављена у унутрашњости пећи, кроз зид пећи. Када се постигне потребна температура горионик се аутоматски гаси. Поновни старт горионика је регулисан преко пирометра који је повезан са гориоником у аутоматски циклус.

Када се постигне потребна задата температура течног метала приступа се скидању шљаке (прљавштина) са површине метала. Да би шљака била сува, прашкаста, на површину метала се додаје 0.1-0.3% соли за шљаку. Шљака се скида ручно помоћу гребла које представља перфорирану плочицу са дршком за хватање. Шљака се одлаже у металну гајбу одакле се после хлађења одлаже у контејнер за шљаку.

Гасови се ослобађају у току процеса топљења, одводе се опреко хаубе до филтера за прећишћавање гасова а одатле у атмосферу.



Слика 3. Коритаста пламена пећ

3.5 Процес гравитационог ливења

Производња одливка технологијом гравитационог ливења одвија се у металним алатима. Покретање алата може се обављати ручно (преко завојних вретена) или машинским путем преко хидрауличне пумпе и система хидрауличних клипова.

Алати за ливење су урађени од комбинације алатних целика и сивог лива. Алати се пре почетка ливења прегледају и чисте. Чишћење се одвија ручно помоћу челичних четака. Припремни алат се загрева до температура од 100 до 120°C. Грејање се обавља помоћу плинских горионика отвореним пламеном. Плин за грајање се обезбеђује из плинских боца или из система са градске мреже.

После постизања потребне температуре алата врши се премазивање алата одговарајућим премазима. За хранитеље и уливне системе се користе коалински премази док се за гравурне делове алата користе графитни премази. Премази се наносе прскањем помоћу пиштоља. После премазивања алата приступа се уливању течног метала.

Уливање течног метала (Слика 4.) се одвија ручно помоћу кашике за уливање. Када метал у алату очврсне приступа се отварању алата (Слика 4.), вади се одливак помоћу изацивачке плоче или клешта и одлаже се у корпу за одливке.



Слика 4. Уливање течене легуре алуминијума у алат за ливење и отварање алата

3.6 Чишћење одливка

После хлађења одливка приступа се чишћењу одливка. Прво се врши одстрањивање уливних система ручно или одсецањем помоћу тракасте тестере (Слика 5.). Сечење се обавља тако што се одливак наноси у поље рада тестере чиме се врши одсецање уливног система.

Чишћење осталог дела одливка одвија се ручно у овом случају- турпијама или помоћу тоцила. Ручно чишћење се одвија помоћу турпија за алуминијум. Одливци се стегну у стегу и приступа се турпијању.

Чишћење на тоцилу се одвија тако што се на тоцило монтира шмиргла, одливак се ручно наноси на шмирглу чиме се одстрањује вишак материјала.

Уколико у току ливења дође до појаве да отвори који су планирани алатом не буду пролазни тј. дође до појаве федера, исти се чисте пробијањем помоћу пробијача или се разбушују на бушилици.



Слика 5. Одстрањивање уливних канала и хранитеља одливка на тракастој тестери

3.7 Контрола процеса ливења и контрола готовог одливка

Контрола температуре: одвија се помоћу терморегулатора који је постављен на самој пећи. Температура у зиду пећи треба да се креће у опсегу 720-750° С.

Температура лива контролише се потапајућим питометром. Код ливења овом технологијом температура лива се креће у опсегу 660-700° С. Температура течног метала се регулише подешавањем параметара на командном орману пећи.

Контрола хемијског састава лива: одвија се на квантометру (Слика 6.).

Пре сваког процеса ливења потребно је узети плочицу за хемијску анализу.

Корекција хемијског састава се врши помоћу предлегура. Због тога је увек потребно имати на располагању предлегура познатог хемијског састава и то следеће врсте предлегура: Al-Si; Al-Mn; Al; блок.



Слика 6. Квантометар за контролу хемијског састава лива

Контрола температуре уља: одвија се термометром који је постављен на резервоару за уље. Температура уља при раду машина не сме прећи 48° С. Термопар је подешен тако да када температура уља пређе задату, искључи машину из рада.

Контрола квалитета одливка се одвија:

- у тренутку ливења и
- после чишћења одливка.

Контрола квалитета одливка у тренутку ливења обавља оператер на машини- ливац. После сваког вађења одливка, ливац контролише одливак визуелном методом. Одливак треба да је без пукотина, прозности, белих зона, шаренила и да је компактан.

Уколико се на одливку примети неки од наведених недостатака, ливац предузима потребне мере за уклањање истих. Недостаци се отклањају:

- подешавањем температуре материјала,
- подешавањем хемијског састава,
- подешавањем брзине уливања и
- подешавање додатног ударца.

Која ће се од ових мера предузети одређује се у зависности од врсте грешке. Углавном се грешке одликују комбинацијом поменутих мера.

Контрола одливка после ливења врши се визуелном контролом уз помоћ помичног кљунастог мерила (Слика 7.) се проверавају димензије, затим се утврђује да ли је одливак очишћен од вишка материјала као и евентуални пропусти предходне контроле. Добри одливци се пакују и шаљу на даљу обраду, а лоши одливци враћају на поновно претапање.



Слика 7. Помично кљунасто мерило за проверу димензија готових одливака

3.8 Обрада одливака

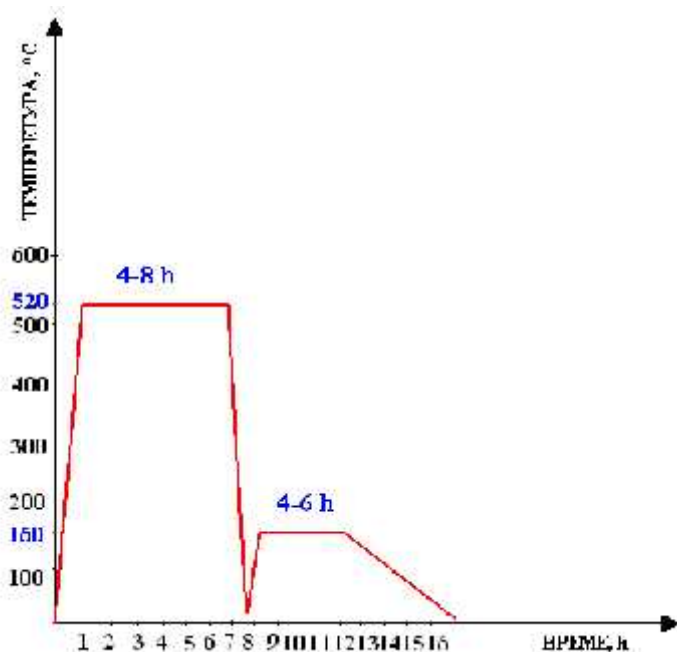
Ова врста обраде се врши у просторијама алатнице. Под обрадом одливка подразумева се накнадна обрада одливка која зависи од потреба. На различитим машинама алаткама се врше операције сечења хранитеља и уливних система. Поред такве обраде врши се и стругање, глодање, брушење, резање навоја идр.

Пре слања одливка на накнадну обраду у алатницу потребно је извршити термичку обраду, уколико се то захтева.

Под термичком обрадом се подразумева поступак обраде метала и легура загревањем до одређене температуре и хлађењем да би се извршила промена структуре и добила одговарајућа механичка својства материјала.

У случају задатог примера дела у овом дипломском раду, одливак се излаже термичкој обради жарења, што подразумева загревање легуре алуминијума до одређених површинских температура, задржање неко извесно време на тим температурама и лагано хлађење. Жарењем се постиже успостављање структурне равнотеже, поправља се обрадивост материјала, уклоне се унутрашњи напони, смањи тврдоћа, повећа пластичност и жилавост итд.

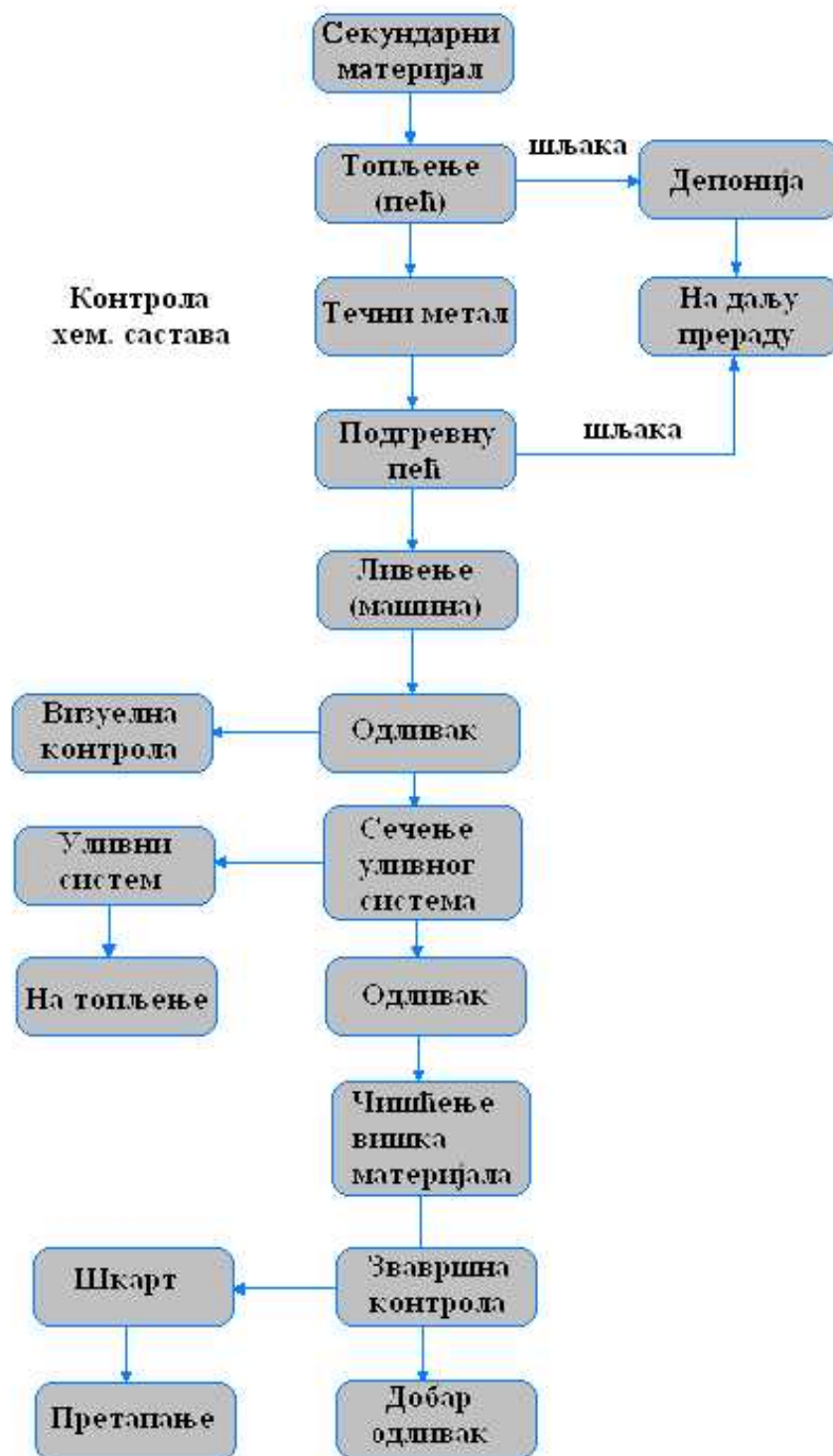
На дијаграму жарења (Слика 8.) се може видети да температура од 0 расте до 520° C, на тој температури се одливак задржава 4-8h, а затим се температура спушта на собну (потапа се одливак у воду), потом поново загрева на температуру од 160-180° C, на којој се одливак задржава 4-6h и потом се хлади на ваздуху чиме се завршава процес жарења.



Слика 8. Дијаграм жарења примерка који се обрађује

Поред ове термичке обраде овај одливак се излаже и процесу пескирања. Пескирање је технолошки поступак при ком, помоћу машине за пескирање, абразив под притиском ваздуха добија велику кинетичку енергију и удара о површину која се третира. Помоћу абразива се неки недостаци елиминишу постиже се уједначена боја и отклањају се нечистоће. Абразив може бити различит, а најчешће се примењује песак или, синтетички абразиви, алуминијум оксид и силицијум карбид. У задатом примеру одливка као абразив за пескирање се користи челична сачма.

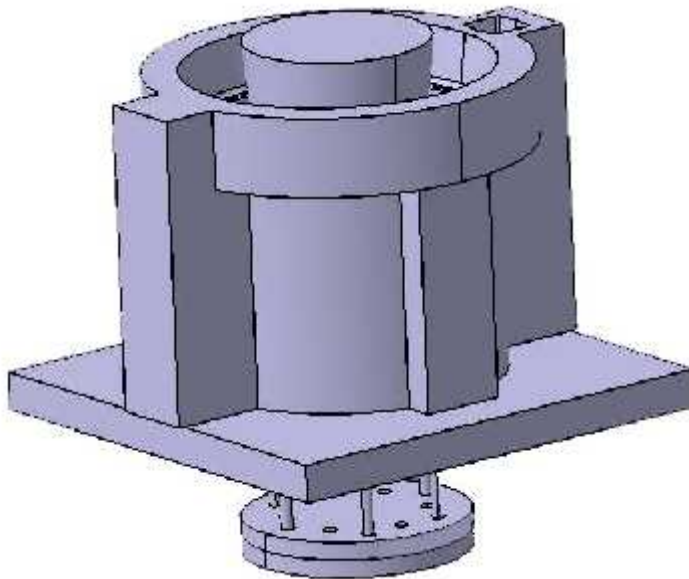
3.9 Технолошка шема процеса ливења



Диаграм 1. Технолошка шема процеса ливења легуре алуминијума

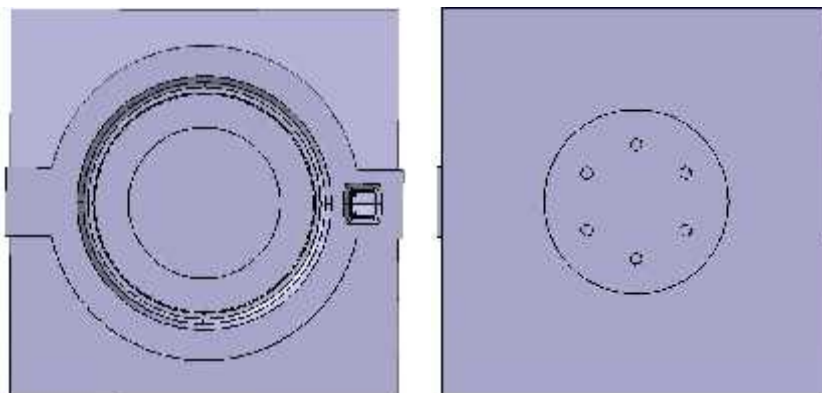
4. Модел алата за ливење задатог дела од легуре алуминијума

Задати пример алата за ливење у кокилама (материјал алата сиви лив - гус), прдходно измоделиран у програму за моделирање CATIA дат је на слици (Слика 9.). Овде се види како изгледа алат када је потпуно склопљен. Састоји се из две половине калупа, леве и десне, од уливног система (шупљине за улавање течног метала), слепог хранитеља, шљако хватача, избијача одливка и пара језгара.



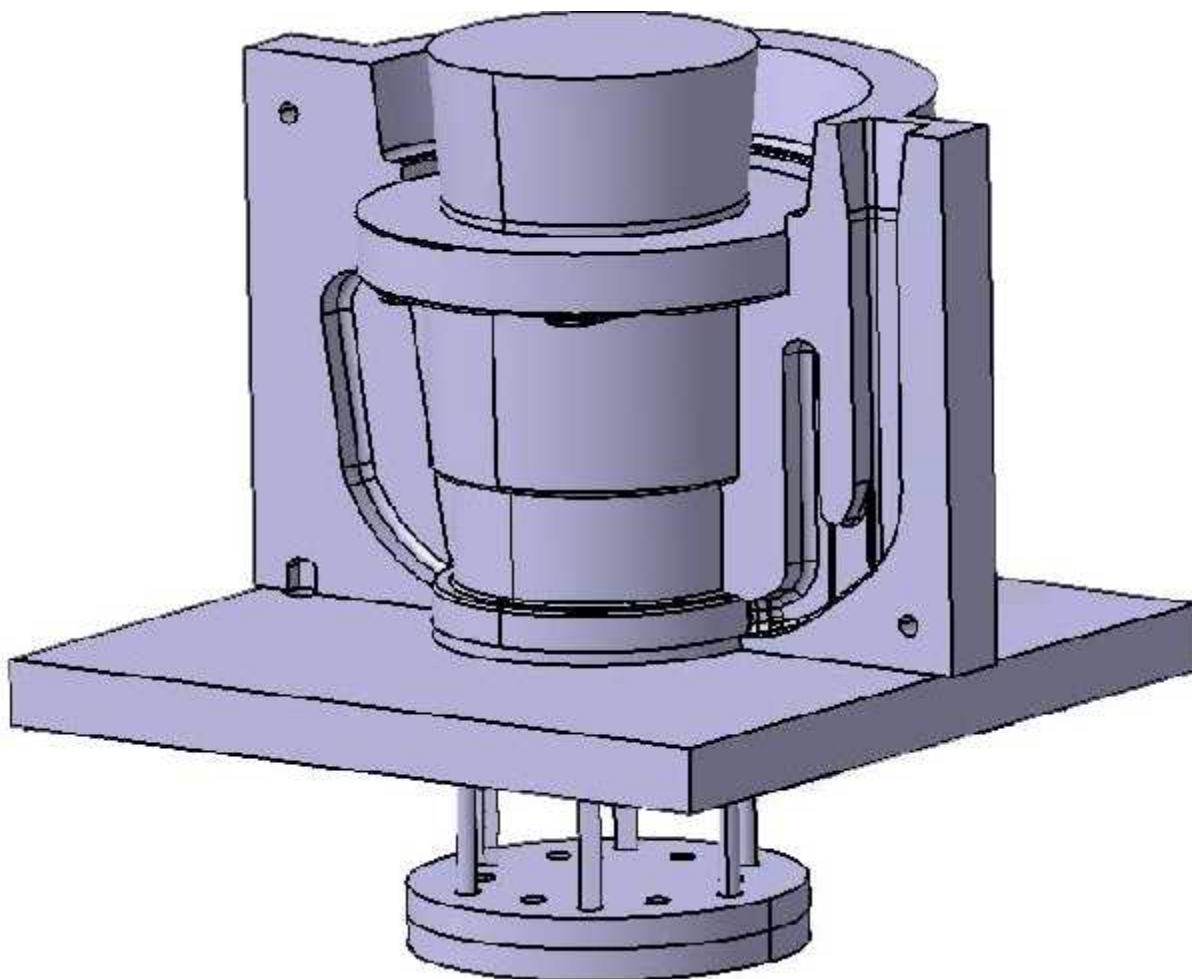
Слика 9. Модел склопа алата за слободно ливење

Погледи алата за ливење који нису дати предходном сликом приказани су (Слика 10.), како би се боље разумео положај свих делова алата. На првој слици, погледу одозго види се уливни систем и облик дела. На другој слици, поглед одоздо, види се избијачка плоча.



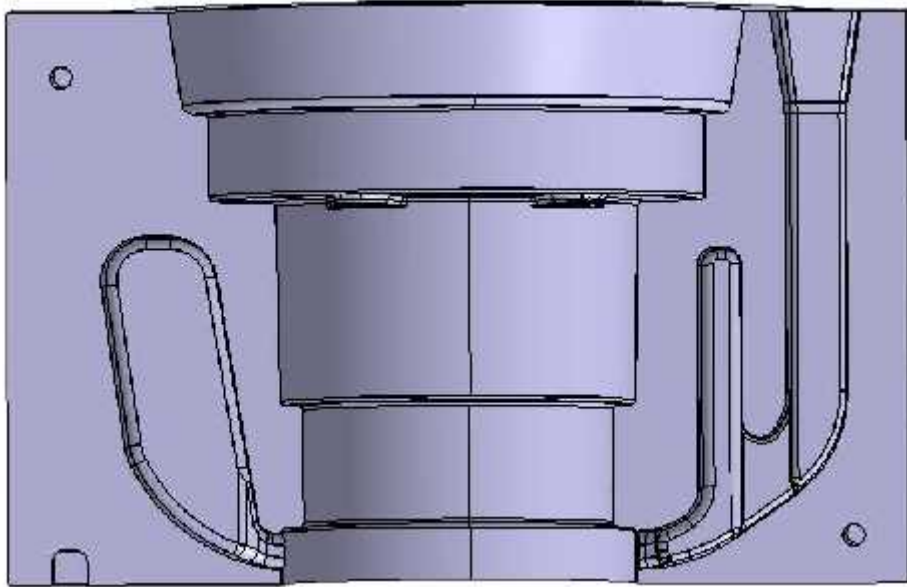
Слика 10. Поглед одозго и одоздо склопљеног алата за ливење

Да би се омогућио бољи поглед алата изнутра, као и детаљни приказ уливних канала, хранитеља, шљако хватача, језгара, унутрашњости кокиле итд. уклониће се део кокиле, односно једна од половина металног калупа (Слика 11.).



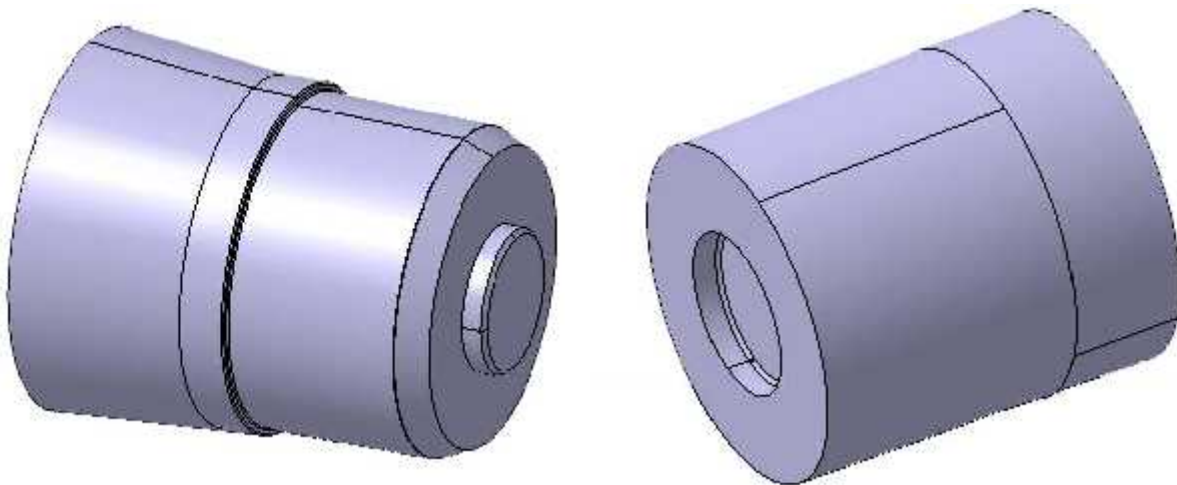
Слика 11. Алат за ливење са отвореном кокилом

Квалитетнији приказ уливног канала (Слика12.) и слепог хранитеља, који спадају у најважније конструкционе елементе алата, без њих ливење не би било оствариво, односно довођење течног метала у калуп би било неизводљиво.



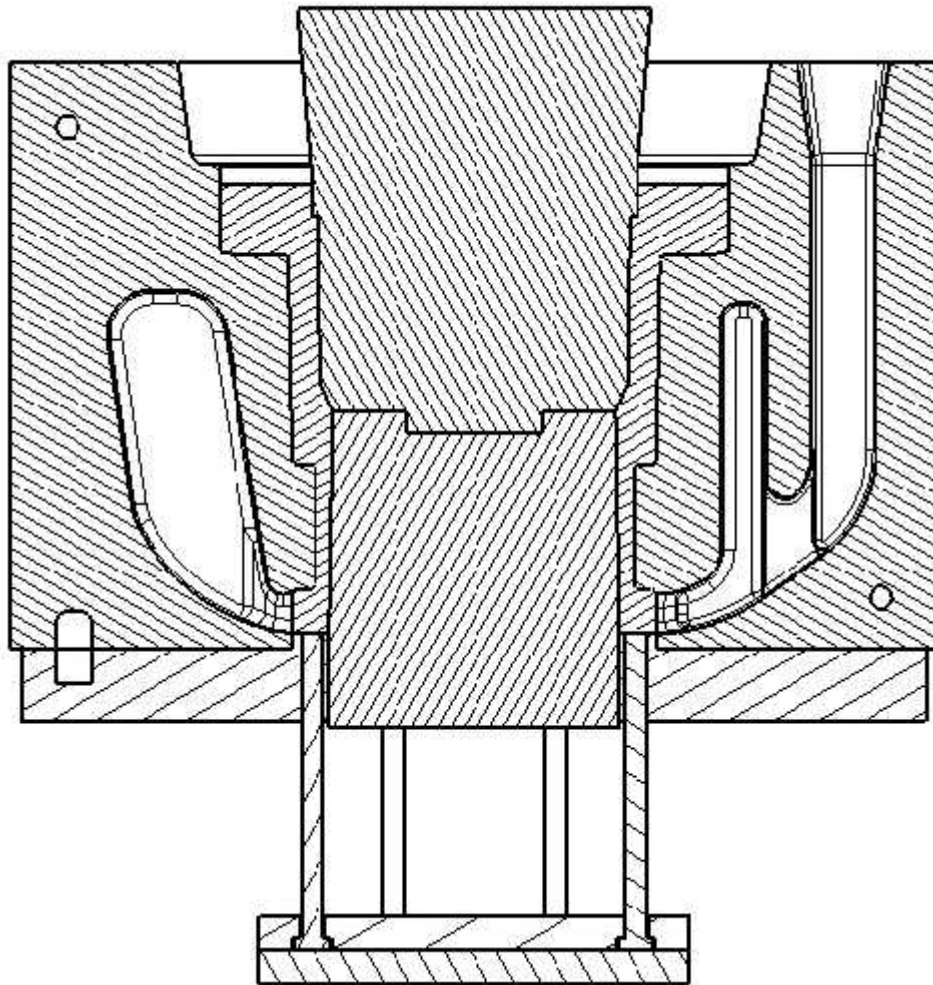
Слика 12. Изглед уливног система и слепог хранитеља

Поред алата за ливење јако су битна и унутрашња јзгра, која имају задатак да оформе унутрашњи изглед одливка. У задатом примеру, језгра се израђују од челика са ознаком Č1730 (челик за побољшање). Језгро је дводелно (Слика13.) и прилагођено конструкцији одливка који се лије.



Слика13. Дводелно језгро одливка

Технички цртеж (Слика 14.), поред приказа алата, служи и да нам омогући поглед у унутрашњост одливка односно да прикаже положај језгара у одливку и основне габарите алата за ливење.



Слика 14. Технички цртежа алата за ливење

Готов одливак (Слика 15.) се добија по завршеном процесу ливења. После одсецања канала и хранитеља одливак се шаље на термичку обраду, односно жарење и пескирање, па се врши даља обрада готовог одливка на CNC алатном стругу.



Слика 15. Готов одливак са извршеном термичком обрадом

5. Машине алатке

Машине које се користе за обликовање и обраду деова, различитим поступцима обраде, уз помоћ одговарајућих алата, и уз посредство одређених кретања извршних органа машине називају се машине алатке, односно алатне машине. (3)

Обзиром на различите могућности кретања извршних органа машине која се предају алату и предмету обраде, као и степену њихове сложености, машине алатке се у основи могу поделити у три групе: просте, сложене и комбиноване.

Код простих машина се остварује само једно кретање, било обртно или праволинијско, тако да је за обраду жељеног дела или операције потребно допунско кретање које у том случају изводи сам извршилац. Знатно чешће су у употреби сложене машине, код којих се могу истовремено остварити два основна кретања – главно и помоћно. Код комбинованих машина се појављују више група простих и сложених система који се налазе у одређеној међусобној зависности.

5.1 Развој и примена CNC- „Computer Numerical Control“

Прва нумерички управљана алатна машина направљена је у Америци почетком 50-тих година уз помоћ научника MIT-а (Massachusetts Institut of Technology). (4)

Новина код оваквих машина је било увођење „електронског“ управљања уз помоћ тзв. управљачке јединице у коју се програм уносио преко бушене папирне траке. Тадашња управљачка јединица је била већа од саме машине.

Данашње управљачке јединице израђене су на принципу коришћења микропроцесора, тј. малог електронског рачунара који се може програмирати и тиме остварити процес нумеричког управљања. Због тога се такве управљачке јединице зову CNC („Computer Numerical Control“) управљачке јединице. Компјутерски нумерички управљане машине алатке (KNUMA), или CNC (скраћеница коју ћемо користити у даљем тексту) машине, управљају се помоћу рачунара, односно управљачке јединице на самој машини.

Код CNC машина постоји један главни мотор за погон главног вретена, а померања по осама остварују посебни истосмерни мотори. CNC машине имају управљачку јединицу и раде аутоматски уз помоћ програма., састоје се од прецизног линеарног система мерења, помак радног стола остварује се трапезним навојем или кугличним навојним вретеном.

Најсавременије машине су тзв. обрадни центри, који обрађују радне предмете веома сложене геометрије са високим степеном тачности. Ове машине омогућавају комплетну обраду радног предмета уз аутоматску измену алата (магацин са механичком руком за измену алата).

5.2 Предности и недостаци CNC технологије

Предности CNC технологије се односе на:

- програми се на различите начине могу увести у управљачку јединицу машине и у њој сачувати,
- програми се лакше модификују и дограђују,
- исправност програма се може симулирати и на самој машини,
- скраћено је време програмирања и припреме процеса обраде,
- комплексност делова који се производе је већа,
- управљачке јединице подржавају 3D геометријске моделе као основу за аутоматско генерисање програма,
- CNC машине се могу повезати у мрежу и тако комуницирати са главним компјутером, који може бити потпуно дислоциран итд.

Недостаци CNC технологије:

- CNC машине могу захтевати значајна улагања,
- Обука за оператере може бити сложенија и скупља,
- Трошкови одржавања су већи и др.

5.3 Програмирање CNC машина

Многе активности које се спроводе код CNC машина, сличене су активностима класичних машина алатки, међутим оно по чему се машина CNC издваја, јесте програмирање. Програмирање подразумева процес писања програма према унапред дефинисаној технологији, а може се обавити ручно или помоћу рачунара.

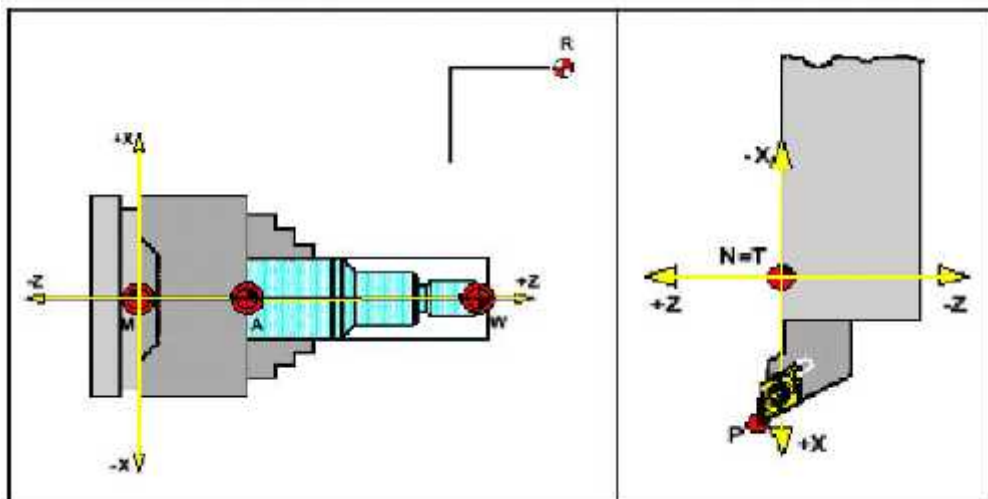
Програмирање уз помоћ рачунара подразумева аутоматско програмирање самог рачунара на основу изабраних параметара програмера као што су димензије припремка, пут алата, избор алата, режима рада у посебним софтверима као што су CATIA, MASTERCAM, SOLIDCAM и др. Поред овога могућа је и симулација програма и његово исписивање у изабраним управљачким јединицама, чиме се скраћује време - па је бржа израда првог комада на машини.

Програмирање подразумева израду следеће документације:

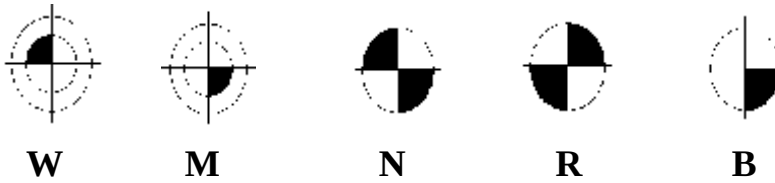
- операциони лист - садржи редослед операција радног предмета са потребним режимима рада и временима израде,
- план алата за радни предмет - садржи попис свих коришћених алата за обраду према редоследу коришћења, потребне мере, стандарде режиме и корекције,
- план стезања - обухвата основне габарите радног простора, положај радног предмета на машини, тачке ослањања предмета и место стезања као и положај нулте тачке,
- план резања - је главни документ за испис програма на којем су видљиве путање кретања алата за сваку операцију. Прати се пут кретања врха алата од почетка до краја обраде,
- писање програма - или краће програм је задњи и најважнији документ по којем се уносе наредбе за управљање машином.

У оквиру програмирања је потребно знати референтне тачке машине и положај координатног система. Под референтним тачкама подразумевамо одређене тачке, које још називамо и нултим тачкама, које дефинишу координатни систем и сам алат.

У зависности од типа машине зависи и распоред референтних тачака у простору, пошто се дипломски рад базира на примени CNC струга, онда ће се приказати само његове референтне тачке (Слика 16.).



Слика 16. Приказ нултих тачака код CNC струга



W- Нулта тачка обрадка (Workpiece zero point)

Ова тачка је везана за предмет обраде. Слободно се мења према потребама конструкције или израде. Ова тачка такође представља почетак координатног система и она олакшава програмирање.

M- Нулта тачка машине (Machine zero point)

Позиција ове тачке је одређена од стране произвођача CNC машине, њена позиција се може мењати. Она представља почетак координатног система и од ње се рачунају сви помаци које алат изврши.

N- Референтна тачка алата (Tool mount reference pint)

Ова тачка је такође одређена од стране произвођача и њен положај се не може мењати. Лежи на оси носача алата и представља почетну тачку од које се мере сви алати.

R- Референтна тачка (Reference point)

Ова тачка служи за калибрисање мерног система и у почетку рада са машином морамо довести алат у тачку R (тачка у радном подручју машине).

B – Почетна тачка алата (Begin point)

Од ове тачке алат почиње са обрадом и у њој се врши измена алата, није неопходно да ова тачка буде дефинисана.

Након дефинисања основа CNC машина и њеног програмирања, може се прећи на конкретан пример, односно на конкретан тип такве машине. Машина чије се карактеристике изучавају и на којој се израђује задати део назива се **Mazak Integrex 200 SY**.

6. Основне карактеристике машине - Mazak Integrex 200 SY

Компанија *Yamazaki Mazak* (Слика 17.) је основана 1919. године, а до данас је дала велики допринос у развоју индустрије алатних машина, као једна од водећих глобалних компанија. *Yamazaki Mazak* је почела са отварањем погона по иностраним земљама 1974. године, данас поседује већи број фабрика у Сједињеним Америчким Државама, Великој Британији, Сингапуру и Кини. Тачно поседујеу 79 технолошких центара и техничке центре у 20 земаља широм света, како би сва услуга била потпуно професионална (како би купцима пружили подршку и на локалном нивоу).

Развијена глобална мрежа заступљености производа захтева развијање веома јаке везе са купцима широм света и пре-и после обављених услуга. Циљ ове Јапанске компаније није само производња напредних алатних машина, обрадних центара, CNC машина, машина са ласерском обрадом већ и аутоматизација постојаћих система, подржавајући на тај начин глобалну производњу (пружајући изузетну продуктивност и свестраност).



Слика 17. *Yamazaki Mazak* компанија

Поред бројних машина, које ова компанија производи, овај дипломски рад ће се базирати на објашњењу рада машине Mazak Integrex 200 SY. Односно, да се поред теоријског објашњења прикаже и практична примена ове машине у областима машинске индустрије.

6.1 Опис машине Mazak Integrex 200 SY

Mazak Integrex 200 SY (Слика 18.) је струг новије генерације који је опремљен аутоматском изменом алата (стругарски ножеви, глодала, бургије, урезници итд.), односко има нумерисане алате који се налазе у магацину за одлагање алата - чиме се повећава продуктивност машине. (5)



Слика 18. Хоризонтални обрадни центар Mazak Integrex 200 SY

Управљање овом машином врши се на самој машини и то помоћу програма. Програм се уноси у управљачку јединицу, коју такође израђује Јапанска компанија *Yamazaki Mazak*.

Програмирање се разликује од програмирања осталих CNC машина, програм је тачно прилагођен језику ове програмске јединице. Ова машина се састоји од великог броја важних делова, како за погон, тако и за управљање машином. Главни делови машине ће се у даљем тексту објаснити и даће се њихове слике ради лакшег разумевања.

6.2 Спецификација машине Mazak Integrex 200 SY

Управљачка јединица	Mazatrol M 640 MT
Мин/Макс број ортаја	35/5000 o/min
Померање по X - оси	530 mm
Померање по Z - оси	1056 mm
Померање по Y - оси	81 mm
Стезна глава	Rohm-Duro-NC 200 mm Rohm-Duro-NC 170 mm
Снага стезне главе и помоћне стезне главе	22/15 KW
Врста алата	KM63
Број алата у магацину	80
Осе	X, Y, Z, B, C ₁ , C ₂ , Z ₂
WM 440 емулзија	1:10
Хидраулично уље	HD32

6.3 Основна кретања машине Mazak Integrex 200 SY

Пошто се ради о новијој генерацији струга број оса је нешто већи, односно овај струг има 7 оса. Ове осе су означене словима енглеске абегеде: X, Y, Z, B, Z₂, C₁ и C₂. Основна кретања ове машине су (Слика 19.) :

Оса X одређује праволинијско кретање носача алата горе-доле, тј. дуж осе X и такође подразумева кретање у њеном негативном смеру.

Оса Y одређује праволинијско кретање носача алата дуж ове осе (ка нама и од нас) и подразумева и кретање у њеном негативном смеру.

Оса Z одређује праволинијско кретање (лево-десно) носача алата дуж осе Z и у њеном негативном смеру.

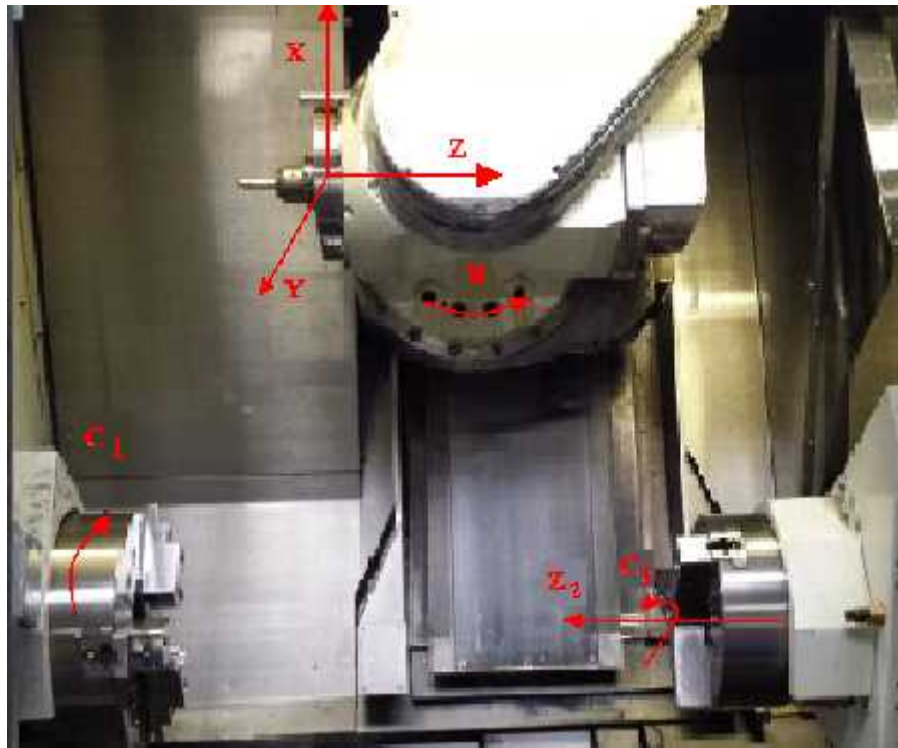
Оса B одређује обртно кретање носача алата, омогућава његово заокретање за 180° с лева на десно и обрнуто.

Оса C₁ одређује обртно кретање леве и главне стезне главе (футера 1).

Оса C₂ одређује обртно кретање десне стезне главе (футера 2).

Оса Z₂ одређује хоризонтално праволинијско кретање стезне главе број 2 дуж те исте осе.

Позиција главног вретена одређена је C - осним енкодером. Главно вретено може да се заокрене за било који угао (360 степени), са тачношћу од 0,0001 степен.

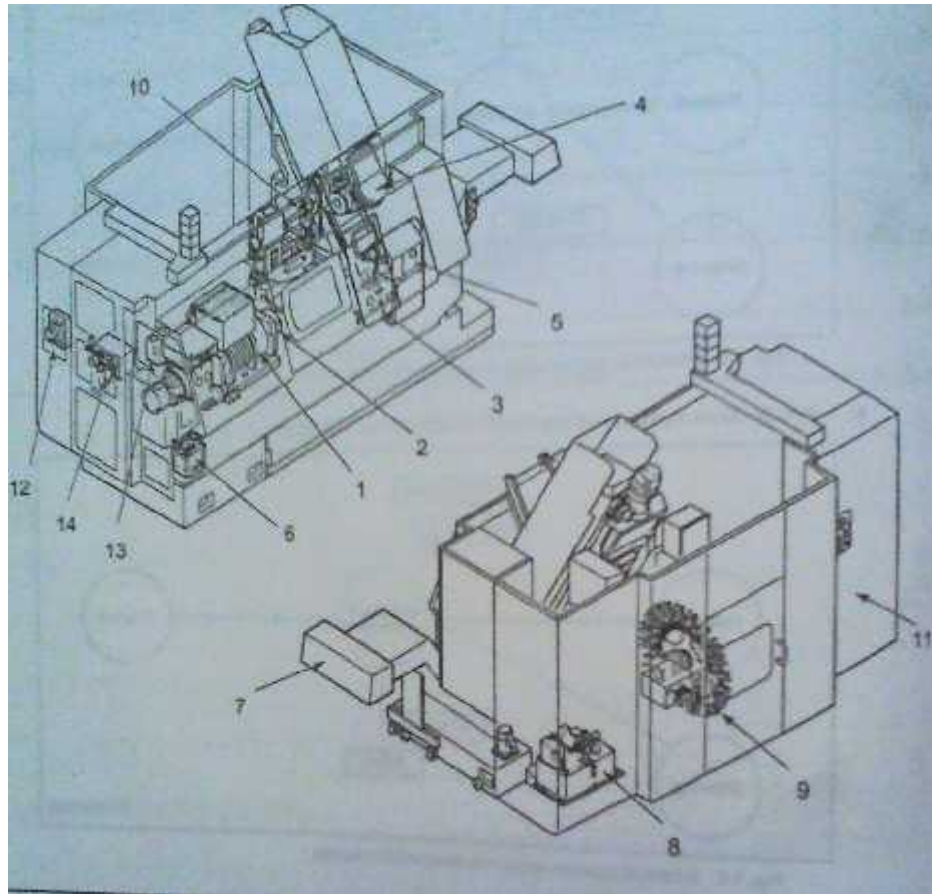


Слика 19. Осе по којим се изводе кретања машине Mazak Integrex 200 SY

6.4 Основне компоненте машине Mazak Integrex 200SY

Mazak Integrex 200 SY се састоји из следећих компоненти (Слика 20.) :

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1) Главно вретено, | 8) Хидраулична пумпа, |
| 2) Стезна глава (1), | 9) Магацин алата, |
| 3) Управљачка јединица, | 10) АТЦ (аутоматска измена алата), |
| 4) Носач алата, | 11) Електрична контролна табла, |
| 5) Коњић или стезна глава (2), | 12) Главни прекидач, |
| 6) Резервоар за уље за клизне стазе, | 13) Средство за хлађење вретена, |
| 7) Транспортер струготине, | 14) Ваздушна јединица, |
| | 15) Резервоар СХП. |



Слика 20. Шематски приказ компоненти машине

Главно вретено

Главно вретено је повезано са електромотором. Електромотор има улогу да претвори електричну енергију у механичку без губитака. Током ручног управљања потребна брзина главног вретена је директно повезана на CNC - ом. А током аутоматског управљања, брзина главног вретена је контролисана помоћу константе брзине резања. Главно вретено се хлади помоћу СХП (средство за хлађење и подмазивање) и ваздуха.

Стезна глава (1) машине

Стезна глава (Слика 21.) представља место где се врши стезање комада који су за обраду, повезана је на ротирајући хидраулични цилиндар са предње стране главног вретена. На стезној глави се налазе стезне чељусти које имају за задатак да комад стегну на одређеној дубини и по потреби га окрећу или непомерају. Зависно од врсте обраде коју врши алат зависи и кретање стезне главе. Кретање може бити обртно (двосмерно) или да стезна глава буде у стању мировања - док алат извршава одређена кретања.

У стезној глави се не могу стезати комади чији пречници прелазе $\Phi 530 \text{ mm}$ и чије дужине прелазе 1065 mm .



Слика 21. Ротирајућа стезна глава 1

Управљачка јединица

Управљачка јединица је најважнији део машине при ручном и аутоматском управљању исте. Задатак управљачке јединице јесте повезаност са свим извршним деловима машине и аутоматски одзив одређеног извршног дела на позив програма који се исписује на управљачкој јединици.

Програмирање ове управљачке јединице је директно повезано са самом јединицом и важи само за Mazatrol управљачку јединицу (Слика 22.). Аутоматско програмирање се изводи специјализованим поступком, при чему рачунар генерише код програма на основу геометријског и техничког модела производа.



Слика 22. Управљачка јединица са наведеним тастерима

Носач алата

Носач алата (Слика 23.) је један од важнијих органа машине. Састоји се од опруге уз помоћ које се врши закључавање алата. Замена алата је аутоматска и врши се позивом одређеног алата, из магацина, помоћу програма из управљачке јединице. Алат се креће праволинијски по X, Y и Z оси и врши окретање од 0-180° по оси В. На овом носачу алата могу се налазити не само разни стругарски ножеви, већ и глодала, бургије, урезници, развртачи итд. У случају обраде задатог дела користе се операције стругања (попречног и уздужног), уклањања канала, бушења рупа и резања навоја. Уколико блокира механичка рука која врши измену алата може доћи до испадања алата, у простор машине или магацина, што има своје негативне последице. Алата које може да прими носач алата непрелазе величине пречника $\phi 120$ mm, дужину алата 250 mm и тежину већу од 7 kg.



Слика 23. Носач окретног алата и стругарског ножа машине

Стезна глава (2)

Десна стезна глава 2 (Слика 24.) има исте особине као и лева 1 (главна) стезна глава, али се она креће и праволинијски по оси Z_2 и обртно по оси C_2 . Уз помоћ ове стезне главе могуће је преузимање предмета обраде из главе 1 и закокретањем носача алата за 180° врши се обрада необрађеног дела предмета који се предходно налазио у стезним чељустима стезне главе 1.



Слика 24. Стезна глава 2

Резервоар за уље за клизне стазе

У резервоару за уље (Слика 25.) се налази уље које је намењено за подмазивање клизних стаза. Клизне стазе (вођице) представљају врсту жљебова по којима се креће носач алата. Из резервоара за клизне стезе долази уље до вођица и врши се подмазивање. Уље које се користи за подмазивање у случају ове машине је уље за подмазивање - ХG68.



Слика 25. Резервоар уља за клизне стазе

Транспортер струготине

При било којој обради на машини стварају се велике количине струготине. Да се не би вршило стално чишћење машине, одвођење струготине из машине је аутоматизовано. Уз помоћ транспортера (Слика 26.) за струготину се струготина избацује из машине напоље и одлаже се у специјалне џакове, који се касније односе на претапање.



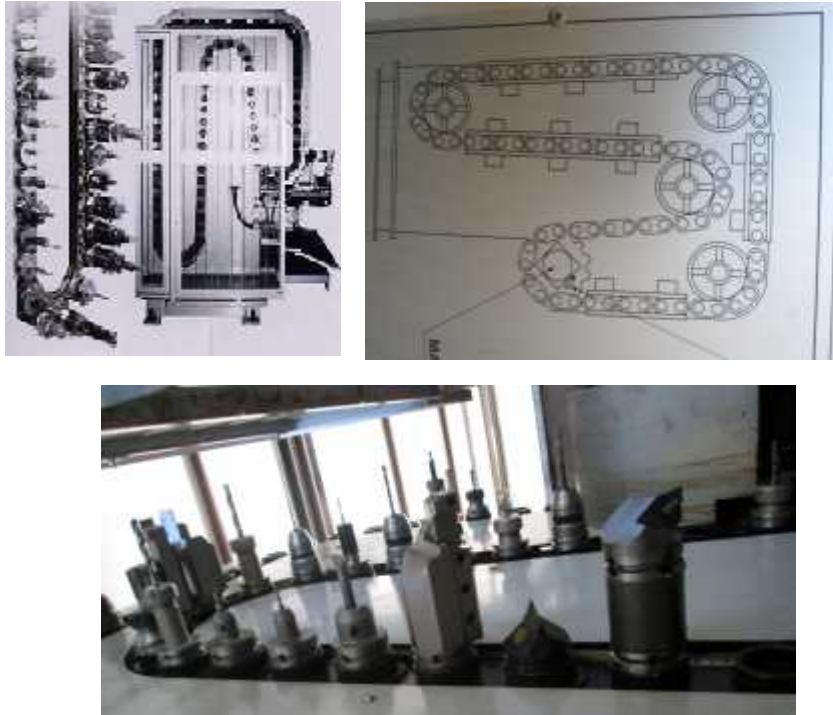
Слика 26. Транспортер струготине

Хидраулична пумпа

Хидраулична пумпа има задатак да посредством механичке енергије мотора приоизведе кретање флуида уз потребан притисак. Ова пумпа се налази у задњем делу машине.

Магацин алата машине

Магацин алата машине (Слика 27.) служи за складиштење различитих врста алата потребних у процесима обраде. У типу машине на којој се обрађује задати одливак у магацину има простора за 80 различитих алата. Алати се налазе причвршћени на постољима који формирају неки вид покретне гусенице. Сваки алат је дефинисан одређеном ознаком и његово позивање се врши програмом са управљачке јединице, а измена ручно или аутоматски.



Слика 27. Магацин алата машине

АТС - аутоматска измена алата

Измена алата је аутоматска и обавља је двострана механичка рука (Слика 28). Она преузима алат из магацина са једне стране и скида алат са носача на другој страни, а затим изврши ротирање и нови алат се закључа у носач, а алат скинут са носача враћа у магацин на своју позицију.



Слика 28. Двострана механичка рука за аутоматску измену алата

Електрична контролна табла

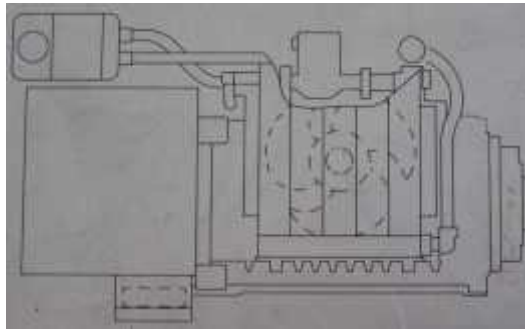
Под електричном контролном таблом се подразумева табла на којој се налазе главни осигурачи машине, тастери за електричне сензоре, мрежна картица машине и други електрични контролници.

Главни прекидач

Главни прекидач се налази на полеђини трансформатора и служи за пуштање машине у рад- стартовање машине.

Средство за хлађење главног вретена

Под средство за хлађење главног вретена се подразумева окретање главног вретена у уљном омотачу. Поред тога постоји и нека врста вентилатора (Слика 29.) која врши хлађење главног вретена. На тај начин се спречава његово прегревање и омогућава несметана обрада задатог дела.



Слика 29. Приказ расхлађивања главног вретена

Ваздушна јединица

Ваздух који се доводи од компресора преко црева за ваздух улази у машину. У машини се црево рачва, где се један део ваздуха користи за стварање готово свих потребних притисака у машини, а на други крак се везује пиштољ за ваздух помоћу ког се врши издувавање готових комада (ваздухом се чисте нечистоће и склања струготина).

Резервоар за емулзију

У резервоару (Слика 30.) се налази емулзија (мешавина уља WM 440 и воде 1:10) која служи за хлађење комада и алата у току обраде. Она спречава загревања површина и прилепљивање саструганог материјала на алат или предмет обраде. Емулзија се по завршетку процеса хлађења поново враћа у резервоар. Пре поновног

уласка у резервоар емулзија се прочишћава уз помоћ папира за прочишћавање емулзије. Папир се временом троши, а уз помоћ пловка се врши аутоматско одмотавање папира.



Слика 30. Резервоар за емулзију

Програм за Cable Gland S2,3,4 припрема

UNo.MAT	OD-MAX	ID-MIN	LENGTH	RPM	FIN-X	FIN-Z	WORK FACE
0 G-ALMg5	225	125	195	800	0.3	0.3	4

UNo.UNIT	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12
1 M	8											

UNo.UNIT					RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
2 EDGFCE					600	800	0.35	0.8	GNL IN A	GNL IN A

SEQ		SPT-X	SPT-Z	FTP-X	FTP-Z		RGH
1		140	4	225	0		ÚÚ

UNo.UNIT	#	CPT-X	CPT-Z		RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
3 BAR IN	0	143.5	0		600	800	0.3	0.8	GNL IN A	GNL IN A

SEQ	SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FTP-X	FTP-Z	F-CRN/\$	RADIUS/th.	RGH
1 LIN	C	0.3	◆	◆	144.5	14		◆	ÚÚ

UNo.UNIT	COUNTER	RETURN	WK.No.	CONT.	NUM.	SHIFT
4	END					

Програм за Cable Gland S2,3,4 gs komplet

UNo.MAT	OD-MAX		ID-MIN		LENGTH		RPM	FIN-X	FIN-Z	WORK FACE		
0 G-ALMg5	235		123		200		800	0.2	0.2	3		
UNo.UNIT	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12
1 M	8											
UNo.UNIT							RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
2 EDGFCE							600	800	0.4	0.7	GNL OUT F	GNL OUT F
SEQ	SPT-X		SPT-Z		FTP-X		FTP-Z		RGH			
1	165		3		124		0		ЎЎ			
UNo.UNIT	#	CPT-X	CPT-Z				RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
3 BAR IN 0		125.5	0				600	800	0.4	1	GNL IN A	GNL IN F
SEQ SHP S-CNR	SPT-X		SPT-Z		FTP-X		FTP-Z		F-CRN/\$		RADIUS/th.	RGH
1 TPR	133.614		0		130		3				30	ЎЎ
2 LIN	◆		◆		130		103				◆	ЎЎ

UNo.	UNIT	#	CPT-X	CPT-Z	SRV-X	SRV-Z	RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
4	CPY OUT		235	164.5	2	1.5	600	800	0.3	1	GRV EDG H	GRV EDG H
SEQ	SHP	S-CNR	SPT-X		SPT-Z	FTP-X		FTP-Z	F-CRN/\$		RADIUS/th.	RGH
1	LIN		◆		◆	159		164.5	R1			Ú
2	LIN		◆		◆	159		154.7	R1			Ú
UNo.	UNIT	MODE	POS-B	POS-C	NOM	MAJOR-Ø	PITCH	TAP-DEP	CHMH			
+5	TAPPING	XC	◆	◆	M8	8	1.25	12	0			
SNo.	TOOL	NOM-Ø	HOLE-Ø	HOLE-DEP	PRE-DIA	PRE-D	RGH DEPTH	C-SP	FR	M	M	
1	DRILL	6.8C	6.8	16	0	100	PCK2T3.45	50	0.2	8		
2	TAP M8	8C	8	12	TAP	◆	FIX P1.25	50	1.25	8		
SEQ	FIG	SHP	SPT-X/R	STP-C/Y	SPT-Z	NUM	ANGLE	Q	R			
1	ARC		71	3	0	6	60	0	1			
UNo.	UNIT	COUNTER	RETURN	WK.No.	CONT.	NUM.	SHIFT					
8	END											

Програм за Cable Gland S2,3,4 ds komplet

UNo.MAT	OD-MAX		ID-MIN		LENGTH		RPM	FIN-X	FIN-Z	WORK FACE			
0 G-ALMg5	225		125		195		800	0.2	0.2	2			
UNo.UNIT	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	
1 M	8												
UNo.UNIT							RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL	
2 EDGFCE							600	800	0.35	1	GNL OUT F	GNL OUT F	
SEQ	SPT-X		SPT-Z		FTP-X		FTP-Z		RGH				
1	225		2		140		0		ÚÚ				
UNo.UNIT	#	CPT-X	CPT-Z				RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL	
3 CPY IN 0		129.5	0				600	800	0.3	1	GNL IN A	GNL IN F	
SEQ SHP S-CNR	SPT-X		SPT-Z		FTP-X		FTP-Z		F-CRN/\$		RADIUS/th.		RGH
1 LIN C 0.3	◆		◆		139		85				◆		ÚÚ
2 	139		85		129.5		100		20				ÚÚ Ú6

UNo.	UNIT	#	CPT-X	CPT-Z		RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL	
4	BAR IN	0	143.5	0		600	800	0.3	0.8	GNL IN F	GNL IN F	
SEQ	SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FTP-X	FTP-Z		F-CRN/\$	RADIUS/th.		RGH	
1	LIN	C 0.3	◆	◆	146	14				◆	ÚÚ	
UNo.	UNIT	#	No.	PITCH	WIDTH	FINISH	RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
5	GRV FCE	2	1	0	4.9	0.1	600	800	0.25	0.3	GRV EDG A	GRV EDG A
SEQ		S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FTP-X	FTP-Z		F-CRN/\$		ANG.		RGH
1			168.8	0	168.8	2.85		R0.8		0		ÚÚ Ú7
UNo.	UNIT	MODE	POS-B	POS-C	DIA	DEPTH	CHMH					
+6	DRILLING	XC	◆	◆	14	32	0					
SNo.	TOOL	NOM-Ø	HOLE-Ø	HOLE-DPT	PRE-DIA	PRE-D	RGH DEPTH	C-SP	FR	M	M	
1	DRILL	14-A	14	32	0	100	DRILT 7	50	0.2	8		
SEQ	FIG	SHP	SPT-X/R	STP-C/Y	SPT-Z	NUM	ANGLE	Q	R			
1	ARC		97	3	0	4	60	0	1			
UNo.	UNIT	MODE	POS-B	POS-C	NOM	MAJOR-Ø	PITCH	TAP-DEP	CHMH			
+7	TAPPING	XC	◆	◆	M12	12	1.75	35	2.35			
SNo.	TOOL	NOM-Ø	HOLE-Ø	HOLE-DEP	PRE-DIA	PRE-D	RGH DEPTH	C-SP	FR	M	M	
1	DRILL	12.3C	12.3	40	0	100	DRILT 7.1	50	0.2	8		

2 TAP M12 12C 12 35 TAP ♦ FIX P1.75 50 0.5 8

SEQ FIG SHP SPT-X/R STP-C/Y SPT-Z NUM ANGLE Q R

1 ARC 97 33 0 2 180 0 1

2 ARC 97 -27 0 2 180 0 1

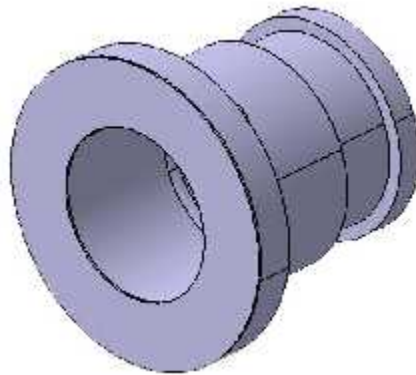
UNo.UNIT COUNTER RETURN WK.No. CONT. NUM. SHIFT

8 END

7. Обрада задатог дела на машини Mazak Integrex 200SY

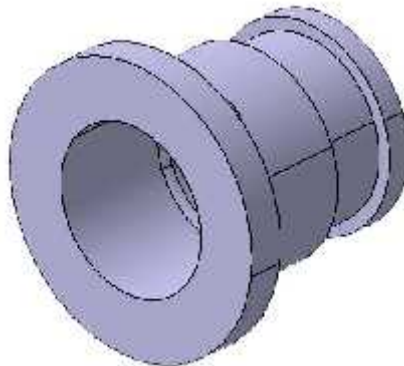
Након што је у предходном тексту дат изглед готовог одливка, кроз даљи текст ће се испратити обрада одливка на машини и што је могуће боље објаснити све операције.

Предмет обраде стежемо у чељустима стезне главе (прво унутрашње стезање), притисак у чељустима износи у том случају 17 bar-и. По извршеном стезању са управљачке јединице се пушта програм *Cable gland S 2, 3, 4 priprema*. Програм сачињава више операција којима се уклања део материјала задат програмом (Слика 31.).



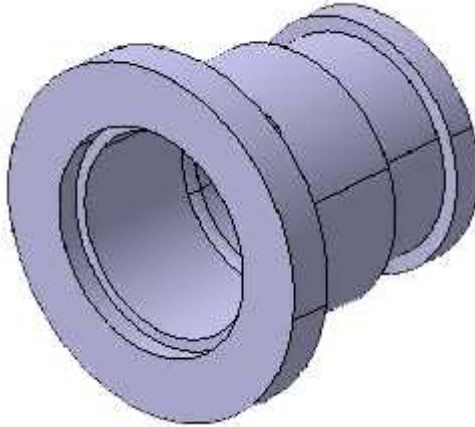
Слика 31. Приказ материјала који треба да се уклони у следећим операцијама

У првој операцији (Слика 32.) врши се чеono стругање предмета обраде. Овом операцијом се по пролазу скида 0.8 mm материјала, где се при последњем пролазу грубе обраде скида се 0.5 mm (да би се омогућило скидање 0.3 mm материјала за фину обраду), односно укупно се скине и грубом и фином обрадом 4 mm из више пролаза.



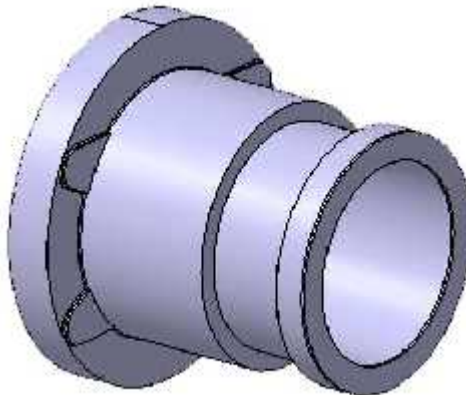
Слика 32. Изглед задатог дела по завршетку прве операције

Друга операција (Слика 33.) подразумева унутрашње уздужно стругање. Овом операцијом се по пролазу такође скида 0.8 mm материјала, где се при последњем пролазу грубе обраде скида се 0.7 mm (да би се омогућило скидање 0.3 mm материјала за фину обраду), односно укупно се скине и грубом и фином обрадом 1 mm на дубини од 14 mm. Овај програм служи за израду базе следећег стезања.



Слика 33. Изглед задатог дела по завршетку друге операције

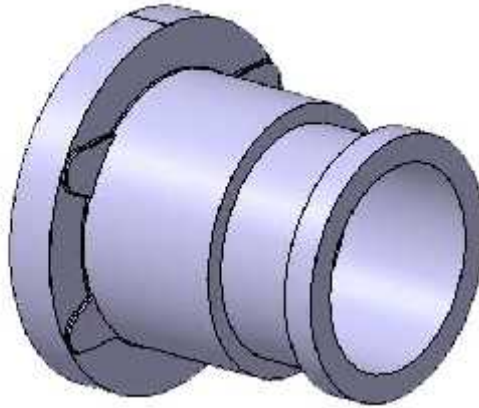
Предмет обраде скидамо са стезних чељусти попуштањем притиска у њина, а потом вршимо друго стезање истим притиском у чељустима. Ово унутрешње стезање се изводи на обрађеној површини дубином од 12 mm. По извршеном стезању са управљачке јединице се пушта други програм *Cable gland S 2, 3, 4 GS komplet*. Програм сачињава више операција којима се уклања део материјала задат програмом (Слика 34.).



Слика 34. Приказ материјала који треба да се уклони у следећим операцијама

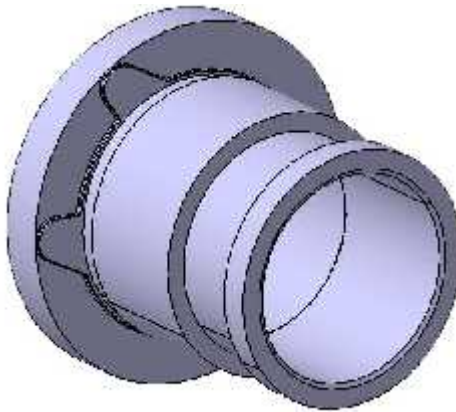
У првој операцији (Слика 35.) врши се чеono стругање предмета одбраде. Овом операцијом се по пролазу скида 0.7 mm материјала, где се при последњем

пролазу грубе обраде скида такође 0.7 mm (да би се омогућило скидање 0.2 mm материјала за фину обраду), односно укупно се скине и грубом и фином обрадом 3 mm из више пролаза.



Слика 35. Изглед задатог дела по завршетку прве операције

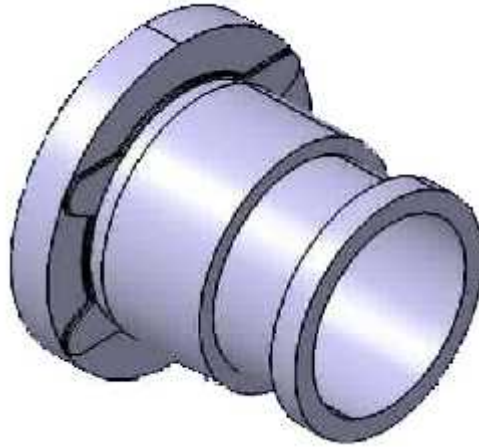
Друга операција (Слика 36.) подразумева унутрашње уздужно стругање. Овом операцијом се по пролазу скида 1 mm материјала, где се при последњем пролазу грубе обраде скида се 0.3 mm (да би се омогућило скидање 0.2 mm материјала другим ножем за фину обраду), односно укупно се скине и грубом и фином обрадом 4.5 mm на дубини од 103 mm. Поред операције унутрашњег уздужног стругања ова операција обухвата и закошење ивице $3/30^\circ$ истим стругарским ножем.



Слика 36. Изглед задатог дела по завршетку друге операције

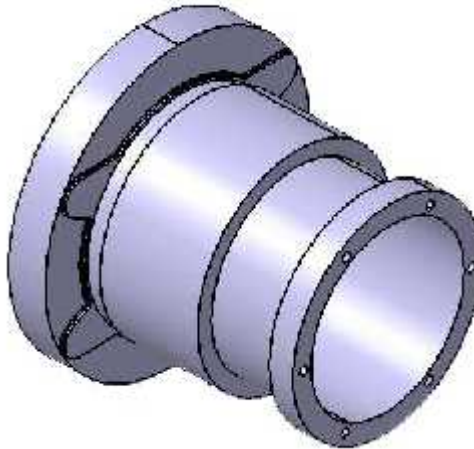
У трећој операцији (Слика 37.) врши се усецање канала на предмету обраде. У овој операцији алат се доводи програмом до одређене позиције на оси Z, одакле се спушта на одређену позицију дефинисану програмом по оси X при чему врши

чеоно стругање дубине 1 mm (фино 0,2 mm). Када дође у крајњи положај по програму и алат уђе у комад 1 mm (фино 0,2 mm) врши усецање канала на дужини од 12 mm (фино 0,2 mm). Затим се алат враћа у почетни положај по X и Z оси и врши поново на дубини од 1 mm (фино 0,2 mm) чеоно стругање, а затим и проширивање канала на дубину од 2 mm (фино 0,2 mm). У више пролаза проширивања канала, канал добије дубину од 4 mm и ширину од 12 mm.



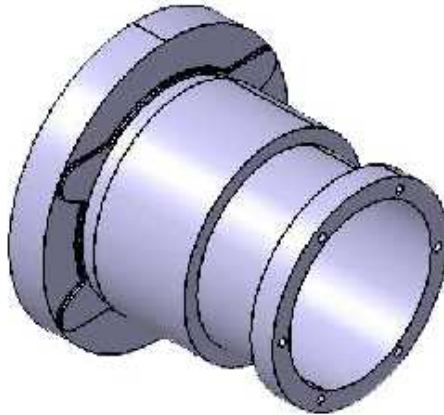
Слика 37. Изглед задатог дела по завршетку треће операције

У четвртој операцији (Слика 38.) врши се бушење рупа на предмету обраде. Пречници рупа су 6.8 mm, а дубина 16 mm (која се добија из већег броја пролаза од по 3.5 mm). Врши се бушење 6 идентичних рупа.



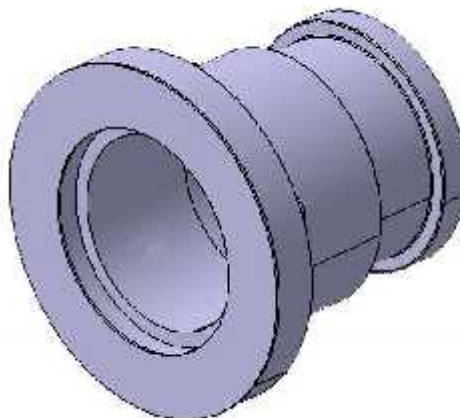
Слика 38. Изглед задатог дела по завршетку четврте операције

У петој операцији (Слика 39.) врши се резање навоја на свих 6 рупа М8 (корак навоја 1,25 mm) на дубини од 12 mm.



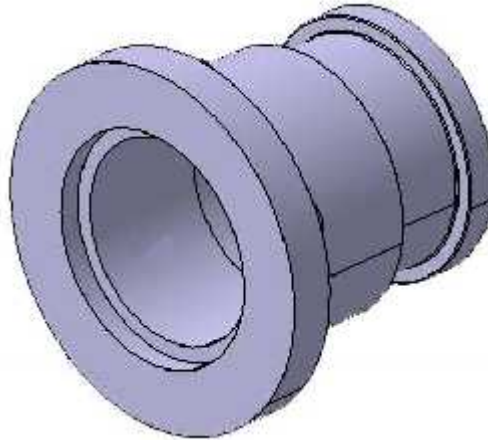
Слика 39. Изглед задатог дела по завршетку пете операције

Предмет обраде скидамо са стезних чељусту попуштањем притиска у стезним чељустима. Врши се измена стезних чељусту и уместо од тврдог метала, постављају се чељусту од алуминијума (Слика 40.). Потом се врши треће унутрашње стезање предмета обраде (заокренутог за 180°) . По извршеном стезању са управљачке јединице се пушта програм *Cable gland S 2,3,4 DS komplet*. Програм сачињава више операција којима се уклања део материјала задат програмом (Слика 40.).



Слика 40. Приказ материјала који треба да се уклони у следећим операцијама и приказ других стезних чељусту

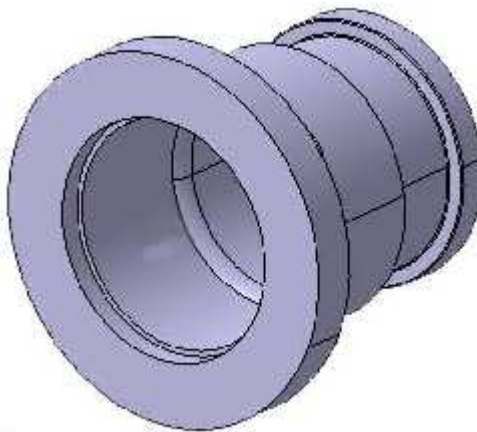
У првој операцији (Слика 41.) врши се чеоно стругање предмета одбраде. Овом операцијом се по пролазу скида 1 mm материјала, где се при последњем пролазу грубе обраде скида се 0.8 mm (да би се омогућило скидање 0.2 mm материјала за фину обраду), односно укупно се скине и грубом и фином обрадом 2 mm из више пролаза.



Слика 41. Изглед задатог дела по завршетку прве операције

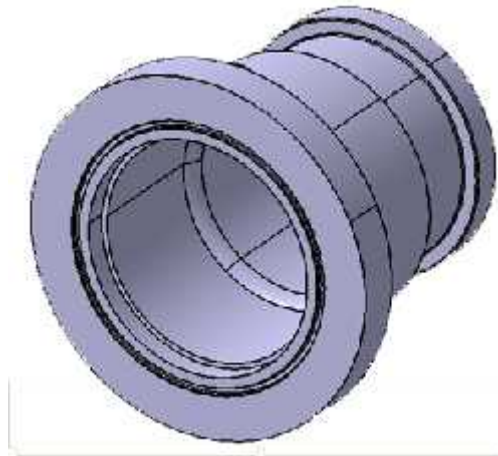
Друга операција (Слика 42.) подразумева унутрашње копирно стругање, тј. Ради уздужну унутрашњу обраду дубине 1 mm од 85 mm, а потом прави радиус R20 до дубине Z 100 mm. Где уз већи број пролаза скине 9,5 mm материјала укупно (фино стругање ради се другим ножем 0.2 mm).

Трећа операција (Слика 42.) је унутрашње уздужно стругање. У овој операцији се у једном пролазу скида по 0,8 mm материјала, на дубину 14 mm, где се у последњем пролазу на грубо скида 0,7 mm (да би се омогућило скидање 0,2 mm материјала за фину обраду), односно укупно се скине 2,5 mm из више пролаза.



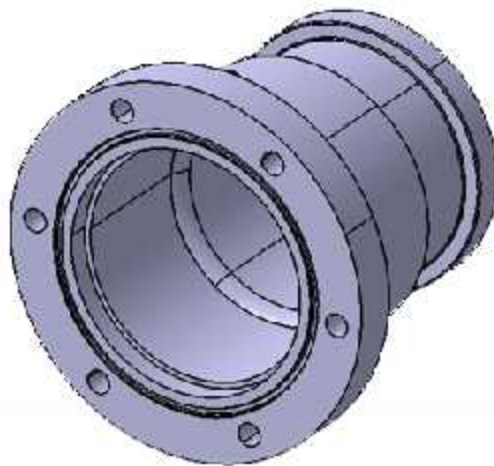
Слика 42. Изглед задатог дела по завршетку друге и треће операције

У четвртој операцији (Слика 43.) се врши обрада урезивања канала на предмет обраде. Овом операцијом се скида по пролазу 0,3 mm (фино 0,1 mm) материјала на дубини од 2,85 mm и ширине 4,9 mm.



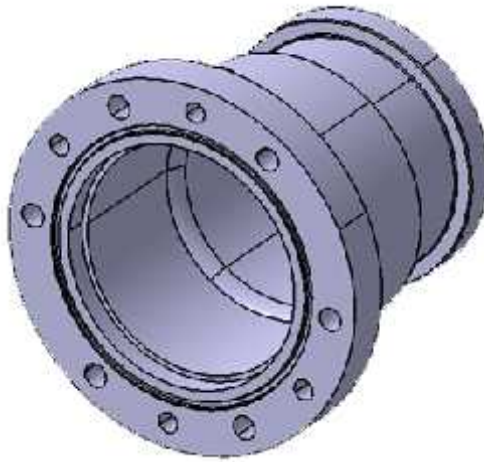
Слика 43. Изглед задатог дела по завршетку четврте операције

У петој операцији (Слика 44.) се врши обрада бушења 6 рупа, прчника 14 mm на дубини од 32 mm које се обавља из једног пролаза бургије.



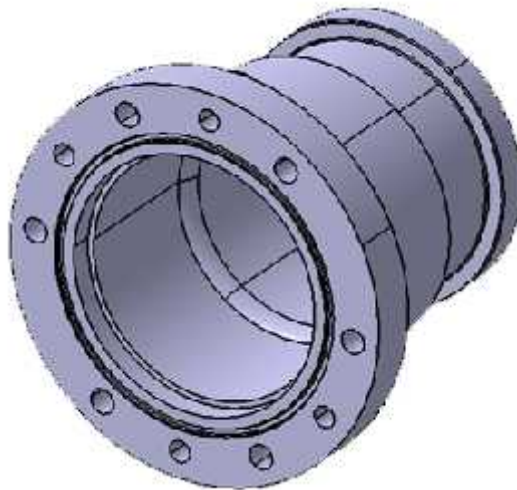
Слика 44. Изглед задатог дела по завршетку пете операције

У шестој операцији (Слика 45.) се врши обрада бушења 4 рупе, прчника 12,5 mm на дубини од 40 mm које се обавља из једног пролаза бургије.



Слика 45. Изглед задатог дела по завршетку шесте операције

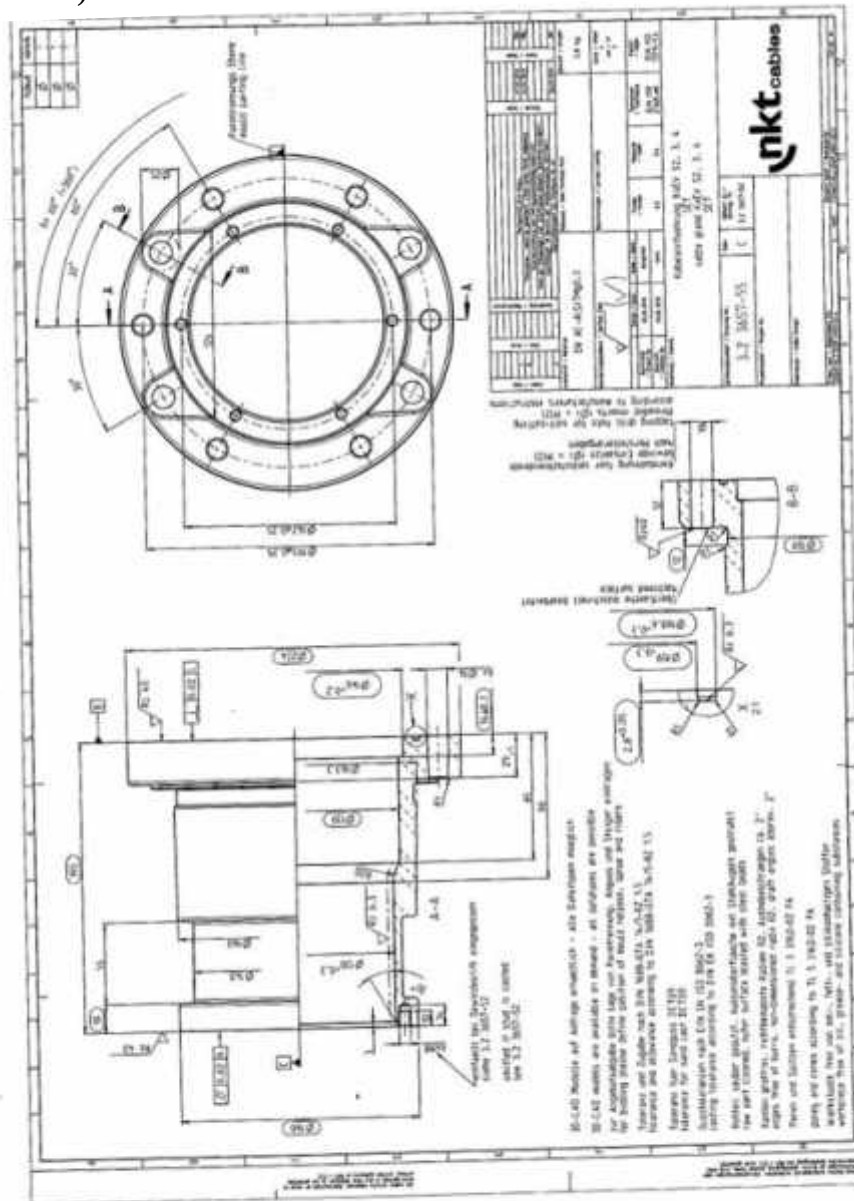
Седмом операцијом (Слика 46.) се подразумева резање навоја на све 4 рупе M12 (корак навоја 1,72 mm) на дубини од 40 mm



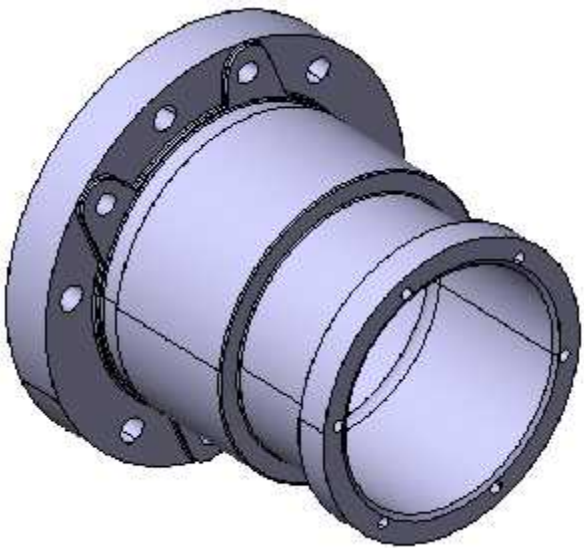
. Слика 46. Изглед задатог дела по завршетку седме операције

8. Коначан изглед и контрола обрађеног задатог дела

Изглед и коначне димензије задатог дела приказани су техничким цртежима истог (Слика 47.). Поред техничких цртежа приказана је 3D и жива слика задатог дела (Слика 48.).

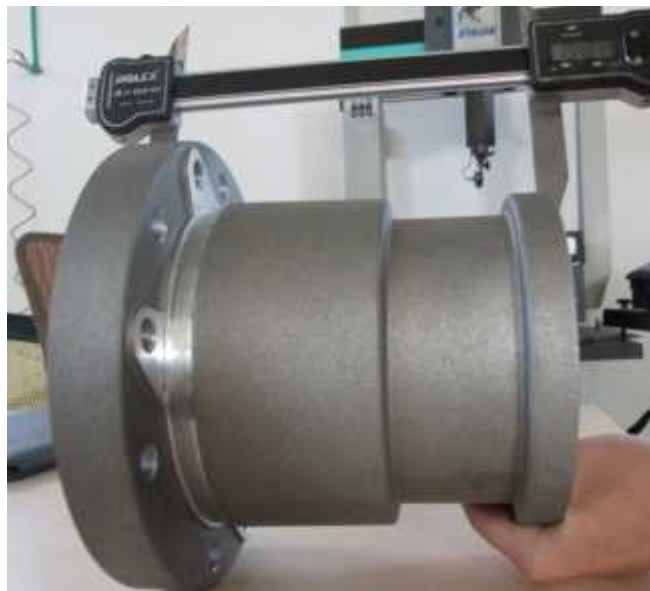


Слика 47. Технички цртеж задатог дела



Слика 48. Коначни 3D модел и коначни изглед дела након обраде

Контрола готовог задатог дела се врши коришћењем дигиталних помичних кљунастих мерила (Слика 49.), који служе да дају тачне спољашње и унутрашње мере дела са великом прецизношћу.



Слика 49. Контрола задатог дела

Поред ових мерила користи се и мерна машина Etalon Derby 4-5-4 (Слика 50.) који помоћу иглице за мерење на дисплеј рачунара даје прецизне димензије задатог дела.



Слика 50. Мерна машина Etalon Derby 4-5-4

За одређивање храпавости површина користи се мерни инструмент (Слика 51.). То је мерни апарат, који помоћу иглице даје оцену квалитета обрађене површине задатог дела.



Слика 51. Мерни апарат за мерење храпавости површине

Закључак

Ливење у металним калупима има велику и значајну примену машинској индустрији. Израда одливка изабраним процесом ливења у многостручно олакшава даљу обраду метала. Ливење као технологија има и својих мана, за чијим уклањањем се данас тежи.

Поред ливења дипломски рад се базира и на обради одливака. Примена CNC технологија је напредовала, како у свету, тако и код нас. Технологија CNC машина се развија брзим темпом, све више се усавршавају поједине несавршености, колико их ова технологија може имати, и сваки дан се све више унапређује и пружају веће могућности обраде различитих материјала. Сматра се да су недостаци од много мањег значаја у односу на добити које пружа CNC технологија, да се свакако исплати улагати у ову технологију и залагати се за њену 100% - тну примену у свим гранама индустрије уколико је то омогућено.

Ливењем се скраћује време израде и смањује утрошак материјала. Кроз обраду резањем поступно се долази до изгледа коначног дела и задовољавају се потребне задате димензије.

Литература

- (1) Милорад Јовановић и Вукић Лазић: " *Ливење*", Машински факултет, Крагујевац, 2012.
- (2) Богдан Недић и Миодраг Лазић: " *Обрада метала резањем*", Машински факултет, Крагујевац, 2007.
- (3) Богдан Недић: " *Скрипта за предмет машине алатке*" , Машински факултет, Крагујевац, 2007.
- (4) Девеџић Г.: "CAD/CAM технологије", Машински факултет, WUS Austria, Крагујевац, 2006.
- (5) Yamazaki Mazak Corporation: " *MAINTENANCE MANUAL*" , Manual Publication Section, Japan, 2010.
- (6) http://www.slideshare.net/rakicbg/alati-i-pribori-sa-mf-kg?next_slideshow=1 – Октобар 2014.
- (7) <http://www.jsprecisionengineering.co.uk/inspection.php> - Октобар 2014.
- (8) <https://www.mazak.com/> - Октобар 2014.
- (9) Технолошка документација из фирме "Sigma Komerc" d.o.o, Младеновац