

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: 415/2018

Иван С. Милошевић

**Технологија и развој *solid surface*
умиваоника у компанији Металац а.д.
Мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
Катедра за: Производно машинство
Предмет: Технологија прераде пластичних маса

МАСТЕР РАД

са темом: **Технологија и развој *solid surface* умиваоника
у компанији Металац а.д.**

За кандидата: Милошевић Иван, број индекса: 415/2018

У оквиру мастер рада кандидат треба да наведе материјал који се користе за израду умиваоника у компанији, његове карактеристике и где се он све примењује. У посебном делу рада потребно је описати развој умиваоника у компанији Металац а.д. затим технологију која се користи за добијање умиваоника, обрада на CNC глодалици. Потребно је извршити експериментална испитивања утицаја различитих врста глодала током обраде на квалитет обрађене површине.

Мастер рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања
2. Полимерни материјали
3. *Solid surface* материјали
4. Процес развоја умиваоника у компанији Металац
5. Технологија израде умиваоника
6. Експериментална испитивања и резултати
7. Закључак
8. Литература

ПРЕДМЕТНИ НАСТАВНИК
Проф. др Богдан Недић

Крагујевац, 2020. год.

РЕЗИМЕ

У овом раду су описани материјали који се користе у компанији Металац а.д. за израду купатилског намештаја конкретно умиваоника њихове карактеристике и додаци који се њима додају ради побољшања њихових механичких карактеристика. Посебан осврт је дат опису развоја умиваоника у компанији односно организација развоја по фазама и технологије које се користи у компанији за добијање умиваоника. Почев од пројектовања умиваоника у софтверском пакету *SolidWorks*, затим ливења под вакумом, обраде на *CNC* глодалици итд. Код експерименталног дела су испитиване плочице на хрпавост добијене процесом ливења и обрадом на *CNC* глодалици. Дато је упоређивање четири различита глодала, две брзине обртаја алата и два различита материјала, да би се оценило које глодало даје најбоље обрађену површину. Измерена је хрпавост и дато је поређење и извршено је мерење плочица на тврдоћу. Приложени су резултати испитивања и изведени су закључци.

Кључне речи:

умиваоник, развој, технологија, испитивање.

ABSTRACT

This paper describes the materials used in the company Metalac a.d. for the production of bathroom furniture, specifically sinks, their characteristics and accessories that are added to them in order to improve their mechanical characteristics. Special attention is given to the description of the development of sinks in the company, ie the organization of development by phases and the technology used in the company to getting sinks. I started by designing the sink in the *SolidWorks* software package, then vacuum casting, machining on a *CNC* milling machine etc. In the experimental part, the roughness plates obtained by the casting process and machining on a *CNC* milling machine were examined. A comparison of four different cutters, two tool speeds and two different materials is given, in order to evaluate which cutter gives the best machined surface. The roughness was measured and a comparison was given and the hardness of the tiles was measured. The test results were attached and conclusions were drawn.

Keywords:

sink, development, technology, testing.

Захвалност

Овом приликом желим да се захвалим:

Ментору др Богдану Недићу, редовном професору на саветима и помоћи током израде мастер рада.

Захваљујем се ментору Јасмини Благојевић у компанији Металац на високом професионализму, озбиљном приступу и помоћи у изради мастер рада.

Посебно се захваљујем компанији Металац која нам је изашла у сусрет и направила плоче које су коришћене за испитивање.

Велику захвалност дугујем својим родитељима на стрпљењу, разумевању и што су били уз мене током студија.

Садржај

1. Уводна разматрања	1
2. Полимерни материјали	3
2.1. Подела полимерних материјала	6
2.2. Технолошки процес производње полимерних производа	7
2.3. Термичка својства полимера	8
2.4. Пластичне масе	9
2.5. Врсте пластичних маса	10
2.6. Састав пластичних маса	13
2.7. Композитни материјали	14
2.8. Полимерни композити	19
2.8.1. Стакленим влакнима ојачани полимерни композити	21
2.8.2. Угљеничним влакнима ојачани полимерни композити	21
2.8.3. Арамидним влакнима ојачани полимерни композити	22
2.8.4. Упоредивање својства ПМЦ-а и металних материјала	22
2.9. Материјали матрице	23
3. <i>Solid surface</i> материјали	27
3.1. Примена Gramnatrix-a:	28
3.2. Одржавање	31
3.3. Особине Granmatrix-a	31
3.4. Матрица, пуниоци и додаци <i>Solid surface</i> материјала	31
4. Процес развоја умиваоника у компанији Металац	35
5. Технологија израде умиваоника	41
5.1. Процес пројектовања	41
5.1.1. Фазе пројектовања технолошког процеса	42
5.1.2. Анализа документације о геометрији изратка	43
5.2. Поступак пројектовања модела умиваоника	43
5.3. Поступак ливења умиваоника	50
5.4. Поступак обраде умиваоника на CNC глодалици	55
5.4.1. Анализа процеса обраде	56
5.4.2. Алати у обради глодањем	58

5.4.3. Начин стезања предмета обраде	59
5.4.4. Параметри обраде.....	60
5.4.5. CNC машина за обраду глодањем	62
5.4.6. Погонски систем.....	65
5.4.7. Главно кретање.....	65
5.4.8. Помоћно кретање	65
5.4.9. Програмирање CNC глодалице <i>SteinMaster</i>	65
5.5. План контроле квалитета.....	69
5.6. План паковања.....	73
5.7. Верификација нулте серије	78
6. Експериментална испитивања и резултати	79
7. Закључак	98
8. Литература	99

1. Уводна разматрања

Металац Инко је зависно предузеће у оквиру Металац Холдинга. Његова делатност је производња *inox* судопера од оснивања 1995. године. У 2008. години је увео и производњу *Granmatrix - solid surface* плоча, судопера и умиваоника за најширу примену у опремању ентеријера и екстеријера, а крајем 2010. године производни програм је допуњен судоперама *xGranit*, које се израђују од композитних материјала.

У раду је приказан развој модела умиваоника 800x522 mm и 600x522 mm и технологија која је коришћена за његово добијање у компанији Металац а.д. почев од материјала који се користи за његову израду *Granmatrix*, затим развоја тог дела унутар компаније од процедуре отварања радног налога па затим организовање процеса развоја, пројектовање умиваоника у софтверском пакету *SolidWorks*, добијање умиваоника технологијом ливења под вакумом, затим његова обрада на *CNC* глодалици тј. дат је приказ програмирања у више програма где се подешавају параметри обраде па све до формирања путање кретања алата за обраду руба умиваоника итд. Након тога је приказан детаљан процес управљања контролом умиваоника, провере умиваоника након ливења и обраде на *CNC* глодалици односно провера димензија и квалитета добијене површине. Даље је приказан план паковања умиваоника према усвојеном стандарду и цео логистички процес кретања спакованог дела унутар компаније.

У оквиру глобалне конкуренције на домаћем и светском тржишту савремена производња је изложена интензивним притисцима за повећањем квалитета, смањењем времена израде, смањењем цене и флексибилним променама производног програма у циљу задовољења променљивих и све сложенијих захтева купаца. Повећање конкурентности и обезбеђење потребног нивоа квалитета производње, као једног од врхунских захтева, директно је повезано са увођењем нових технологија. Технологија ливења под вакумом је у том смисли једна савремена технологија која је може се рећи једна од најбољих метода ливења полимерних композита тј. умиваоника.

Циљ овог рада је упознавање са технологијом и целокупним развојем умиваоника у компанији Металац а.д. од пројектовања дела помоћи софтверског пакета па све до ливења и обраде на *CNC* глодалици, затим испитивање плочица од два различита материјала *Granmatrix* на хрпавост после обраде на *CNC* глодалици применом различитих алата тј. глодалима, при различитим брзинама обртаја тих алата.

У другом поглављу је описан историјат полимерних материјала и њихова подела као и приказ композитних материјала који се најчешће примењују као и подела основних смола које се примењују и њихове главне карактеристике.

У трећем поглављу је описан материјал који се користи за израду умиваоника у компанији Металац, такође њихова подела и главне особине и карактеристике тог материјала.

У четвртм и петом поглављу је описан развој умиваоника кроз фазе и технологија добијања умиваоника од пројектовања па до ливења под вакумом затим обраде на *CNC* глодалици, управљање контролом квалитета и паковање готовог производа.

У шестом поглављу је приказано експериментално испитивање утицаја различитих алата при различитим брзинама обртаја на квалитет обрађене површине материјала. У

Технологија и развој умиваоника у компанији Металац а.д.

овом случају за испитивање су коришћена два различита материјала која су обрађивана са четири различита алата са две различите брзине обртаја алата.

На крају рада су дати закључци и преглед коришћене литературе.

2. Полимерни материјали

Развој материјала је повезан са развојем људског рода. У развојном стаблу човека може се пратити коришћење материјала паралелно са развојем цивилизације. Прво су се користили необрађени материјали из природе као што су дрво, кости, камен. Коришћени су у сврху спремања хране и у ратне сврхе. Како је човечанство напредовало великом брзином, тако је дошло и до развоја материјала [1].

Главни стимуланси у развоју нових материјала су област индустрије, производња ратне опреме и развој нуклеарне енергије. У прошлости, развој нових материјала је углавном био емпиријски, базиран на искуству и инструктивном схватању. Али у последњих 70 година брзи напредак фундаменталних знања о структури материје, хемијској вези, фазној структури и трансформацији, механизмима деформације чврстих тела, и развој савремених метода мерења особина различитих материјала ствара чврсте основе за научну развој нових материјала са унапред одређеним особинама. Наука о материјалима постаје моћно средство у напретку технике. Општи напредак у области технологије материјала обухвата достигнућа у следећим областима [2]:

- побољшање особина познатих материјала,
- развој нових материјала,
- достигнућа у развоју материјала и
- увођење нових технологија.

Такве промене су резултат огромног развоја у науци о материјалима и инжењерству. Основни акценат је стављен на замену перформанси и ниску цену. Мада ове области већ обухватају главницу нових материјала и проузрокују даља истраживања и развој, један од основних технолошких задатака је проналажење економских начина производње ових материјала са специјалним особинама тако да су прилагодљиви за друге индустрије и да имају високе перформансе али да нису прескупи. Један од основних проблема постаје поновно искоришћавање већ коришћених материјала. Ово има важне економске ефекте. Било би корисно када би се структура производа могла направити тако да је могуће лако одвојити компоненте материјала и њих поново искористити када производ није дуго коришћен [2].

У развоју полимера, данас су познати фундаментални принципи хемијских спојева и уједначеност структуре полимерних материјала и дају основу за развој особина нових полимера. Ово је главна смерница у даљем истраживању, са циљем да се добију лакши, чвршћи, топлотно и корозионо отпорни материјали и полимери са специјалним електричним, магнетним, оптичким, хемијским функцијама. Треба нагласити да даљи развој зависи од нових побољшаних метода производње тако да се добије нижа цена компоненти и репродуктивности производа [2]. Значајан напредак код полимера је резултат развоја у органској хемији. Развијена је нова бранша – хемија полимера. Уз интеракције хемијске везе, неопходно је потпуно разумевање микроструктуре. Промене у кристалној и аморфној структури утичу на особине материјала. Постоји велика могућност комбинације различитих мономера да се добију нови полимери, и комбинације различитих

полимера да се добију нове структуре. Да би их применили као инжењерске пластике морају бити познати механизми деформације, појава и развој пукотине, корозија и понашање полимера при порасту температуре [2].

Код полимерних материјала развој хемијске индустрије је довео до развоја мноштво нових производа и масовне производње различитих материјала који имају боље механичке карактеристике. Развојем ових материјала (слика 1) дошло је до њихове примене на бази полимера у медицини, у области припреме хране, електротехници и телекомуникацијама аутомобилској, авио и космичкој индустрији, као и у грађевинарству [3]. Појавом композитних материјала дошло је до технолошке револуције, јер се композитни материјали могу производити и пројектовати тако да имају доста боље карактеристике (слика 2) од неких полазних материјала [4].



Слика 1. Приказ примене полимерних материјала у разним индустријама [4]

Први писани документи потичу из 1843. године од малајског хирурга др. Монтгомерија у којима је писано о настанку и примени полимерних материјала и он у њима пише како Малајци користе гутаперку за израду разних дршки од оружја. У Кини се нпр. свила добијала вештачким путем, цеђењем секрета из свилених буба, а он се састоји од серицина и фиброина. Реч полимер први је увео Барцелијус. Развој машинске технологије полимерних влакана је настао почетком 20. века. Др. Хендрик Бекеланд је 1909. године успео да добије реакцију између формалдехида и фенола. Након што је добијен материјал, тај материјал је назван бакелит по проналазачу и то је прва синтетичка смола која је представљала почетак индустрије синтетских пластичних материјала. Врло брзо након бакелита је почело добијање других полимерних материјала.



Слика 2. Приказ предности композита у односу на друге материјале [4]

Након проналаска полиетилена означен је почетак у индустрији паковања. Затим после многобројних истраживања откривене су нове технологије за добијање нових материјала [3]. Сваке године се производња полимерних материјала повећа дупло више. Производња је данас годишња негде око 120 милиона тона, док је 50-тих и 60-тих година 20 века она била испод милион тона. На основу ових података производња пластичних маса је премашила укупну производњу свих метала [3].

Због своје разноврсне структуре, долази до проблема при анализи утицаја полазних сировина на карактеристике ових материјала. За одређивање тих утицаја потребно је познавање електричних, термичких и хемијских својстава ових материјала, што подразумева усавршавање метода за истраживање [3]. За израду делова од пластичних маса постоји доста предности:

- висока отпорност на киселине, растворе и друге агресивне средине,
- добра прозрачност и способност бојења,
- добра пригушујућа својства, односно висока отпорност на вибрације, због чега се користе као добри изолатори вибрација,
- добра својства апсорпције звука, односно добри су звучни изолатори,
- добре антифрикционе особине, а по потреби и добра фриксиона својства,
- добра диелектрична својства, због чега налазе примену као добри електро-изолатори,
- ниска цена коштања,
- мала густина у односу на метале и
- лака израда делова, посебно производа сложене конфигурације, као и висока продуктивност при њиховој изради [3].

Недостаци код делова од пластичних маса су:

- смањење чврстоће у току дуготрајног оптерећења,
- кратак век трајања, што је у директној вези са процесом старења под утицајем светлости, топлоте, влаге и кисеоника и
- ниска чврстоћа на повишеним температурама [3].

Да би се обезбедило повећање коришћења пластичних маса, потребно је обезбедити следећи развој:

- развој технологија прераде, уређаја и алата за прераду,
- развој нових материјала пластичних маса и
- развој примене нових материјала и развој нових производа од пластичних маса [3].

Полимерни материјали првенствено имају за циљ да у неким областима замене металне материјале и да при томе садрже исте или сличне механичке особине као и метални материјали [3]. Полазне сировине за производњу пластика могу бити минералног и органског порекла. Минералне сировине су: нафта, угаљ и земни гас, од којих се најпре

израђују основна хемијска једињења за даљу прераду. Ова се једињења помоћу различитих процеса преводе у полупроизводе који могу бити у облику смола, таблета, гранула, течности, итд [3]. Даља прерада ових полупроизвода у готов део утичу на промену облика и структуре, затим на промену хемијских веза које чине основу материје. Пластике могу бити направљене као листови, фигуре и структуре поседујући флексибилност и еластичност [3].

Полимерни материјали су органска једињења која се добијају индустријском прерадом, а полимери су макромолекуларни спојеви који се добијају од великог броја мера. Мер представља основну јединицу [3]. Макромолекули су међусобно повезани помоћу ковалентних веза. Полазне јединице које учествују у синтези макромолекула називају се мономери. Скроб, целулоза, свила, протеини спадају у групу природних полимера. Друга група су синтетички полимери и они се добијају помоћу хемијских процеса у одговарајућим постројењима [3].

Типичан пример синтетичког полимера је полиетилен који се добија синтезом етилена $CH_2 = CH_2$. Знак = означава да су молекули CH_2 повезани двоструком везом. Основна карактеристика полимера је молекулска маса. Молекулска маса полимера се креће од неколико хиљада до неколико милиона [3].

2.1. Подела полимерних материјала

Полимерни материјали се могу поделити у две групе:

- пластике и
- гуме [5].

Према физичким својствима полимери се могу поделити на:

- еластомере,
- влакна и
- пластичне масе [5].

Међу молекулима влакана владају јаке интермолекуларне привлачне силе, јер постоји висок степен усмерене просторне оријентације молекула и висок степен кристалне структуре. Већина механичких својстава је независна од температуре у интервали од $-50^{\circ}C$ до $150^{\circ}C$. Модул еластичности влакна износи 103 – 104 МПа [5].

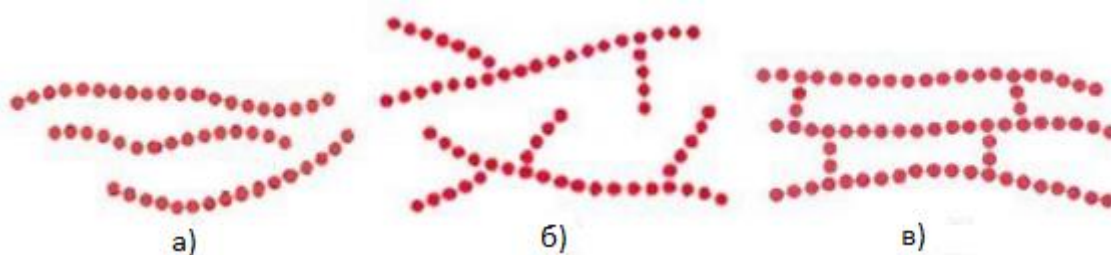
Међу макромолекулима еластомера владају мале интермолекуларне привлачне силе. Због тога поседују мали модул еластичности и то од 1 – 10 МПа. На собној температури се могу еластично истезати најмање до двоструке почетне дужине. Постоје две врсте гума [5]:

- природна гума и
- синтетичка гума [5].

Синтетичке гуме се производе поступцима као што се примењује код производњи пластичних маса а то је полимеризацијом. Добијају се хемијском прерадом и синтезом нискомолекуларних једињења (мономера). Постоји више врста синтетичких гума. Најраспрострањенија синтетичка гума је *stirol – butadien*, која се користи за пнеуматике [5]. Природне гуме се производе од каучука, који је биљног порекла. Каучук се добија од млечног сока латекс добијеног из тропског дрвета хевеа. Компанија *Goodyear* је у 19. веку, развила технологију прераде каучука у еластични материјал – гуму [5]. Пластичне масе су почеле да се користе са открићем бакелита крајем 19. века. Али експанзија производње пластичних материјала креће тек 70-тих година 20-ог века [5].

Полимери (слика 3) могу бити:

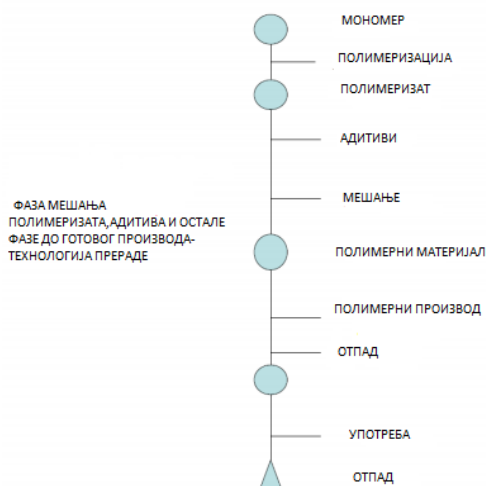
- умрежени,
- разгранати и
- линеарни [5].



Слика 3. Облици макромолекула полимера а) линеарни; б) разгранати; в) умрежени [6]

2.2. Технолошки процес производње полимерних производа

Помоћу хемијских и физичких процеса као што су оксидација, филтрирање, центрифугирање, дестилација из основних сировина се добијају мономери као што је нпр. етилен, винилхлорид. Полимеризација се састоји од низа хемијских процеса синтезе мономера. Полимеризација настаје када се основној маси додаје хемикалија која иницира процес синтезе.



Слика 4. Фазе технолошког процеса производње полимерних производа [7]

Током процеса прераде на одређеној температури, мења се надмолекулска структура, а у неким случајевима и структура макромолекула [7].

Током фазе технолошког процеса производње полимерних производа (слика 4) полимери се обликују у готов производ који иде у даље коришћење. Технолошки процес производње полимерних производа полази од мономера, из којег се у првој фази поступком полимеризације добије полимеризат, прах или куглице. Мономер се добије од сировине као што је нафта, природни плин. Својства полимеризата зависе од структуре која се може контролисати полимеризацијом [8].

Након процеса полимеризације и добијања полимеризата, следи друга фаза у којој се полимеризат даље модификује мешањем с одговарајућим додацима за модификацију (пуниоц, омекшивачи, стабилизатори, боје) при чему настају полимерни материјали. Полимерни материјали се састоје од основног материјала (матрица) који представља континуирану фазу, а адитиви за модификацију својстава представљају дисконтинуирану фазу. Након фазе модификације следи процес предобликовање код којег се добије готов производ. Током процеса прераде долази до стварања отпада, који представља еколошки проблем и као такав мора се решити. Полимерни отпад након прераде може се поновно вратити у процес производње или се одвози у посебне јединице у којима се врши рециклирање. Након процеса прераде добије се готов производ (пластични производи, гуме, пене, премази). Сваки производ има одговарајући животни век након којег долази до „старења“ материјала тј. измене структуре. Полимерни материјал представља отпад када његова својства падну испод 50% [8].

2.3. Термичка својства полимера

Полимерни материјали имају способност да не показују оштре фазне прелазе као метални материјали. Карактеристични фазни прелази код полимера су температуре остакљивања T_g и температуре топљења T_m . На ниским температурама полимери су тврди, крути и стакласти, док на повишеним температурама прелазе у гумено стање. Температура на којој се дешава прелаз из стакластог у гумено стање назива се температура прелаза у стакласто стање или температура. Температура се одређује мерењем промене специфичне запремине полимера у функцији температуре. Температура прелаза у стакласто стање различита је за различите врсте полимера и у пракси се креће у интервалу од 5-10°C а зависи од брзине хлађења, хидростатичког притиска, структуре и интеракције са пуниоцима. Температура топљења и прелаза у стакласто стање је дата у табели 1.

Табела 1. Температуре топљења и прелаза у стакласто стање неких полимера

Полимер	$T_m, [^{\circ}\text{C}]$	$T_g, [^{\circ}\text{C}]$
Полиестар	255	75
Полипропилен	168-176	-16
Ацетал	181	-85
Поликарбонат	230	145
Силикон		-123
Тефлон	327	
Полистирен	240	85-125

2.4. Пластичне масе

Пластичне масе су материјали чија је основна компонента полимер. Са развојем хемијске индустрије, дошло је до њихове брзе примене у машинству. Мономери имају способност да се под одређеним условима у присуству катализатора, спајају у макромолекуларна једињења која се називају полимери [3]. Пластичне масе имају делимичну кристалну структуру. По својствима заузимају место између влакана и еластомера. Пластичне масе су материјали који се састоје из макромолекуларне супстанце, органске и са мало или без додатака. Својства им зависе од температуре у великој мери. Та својства зависе и током прераде која се врши на одређеној температури и притиску. Када би се процес прераде вршио на различитој температури и својства пластичне масе би била другачија. Синтетички полимери се могу добити синтезом мономера, а основне методе су:

- полиадиција,
- полимеризација и
- поликондензација [3].

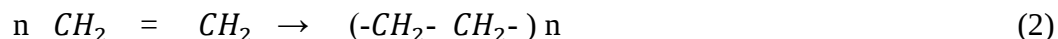
Поликондензација је метода синтезе већег броја мономера у макромолекуле, где затим долази до издвајања споредних продуката, а то су најчешће амонијак и вода. Синтеза при поликондензацији се изводи ступњевито и са прекидима који се могу наставити у одређеним условима [3].

Полиадиција је метод синтезе код које не долази до издвајања споредних продуката и могућности извођења у ступњевима, што показује да је то метода синтезе која се налази између полимеризације и поликондензације [3].

Полимеризација је стварање макромолекула спајањем мономера без издвајања споредних продуката и регруписавања атома у молекулу. Процес полимеризације се не сме прекидати јер се не може на исти начин и наставити [3]. Полимеризација се изражава преко једначине:



У случају етилена:

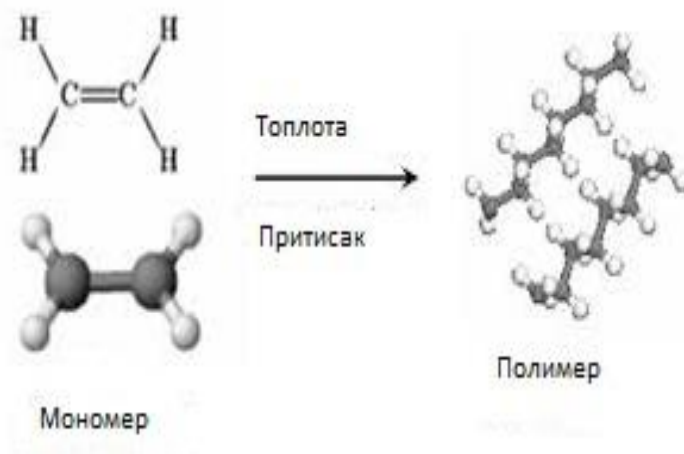


где n представља степен полимеризације

Полимеризација може бити:

- адициона и
- кополимеризација [3].

Адиција представља повезивање више истих или сличних молекула у дугачак ланац. Мономер етилена се састоји од два мера повезана двоструком везом. Под топлотом и притиском (слика 5) отвара се једна веза мономера и она се повезују у ланац и образује се полиетилен. Затим од дужине ланца зависи густина полиетилена [3].



Слика 5. Адициона полимеризација [9]

2.5. Врсте пластичних маса

У зависности од понашања материјала на високим температурама, пластичне масе се деле на:

- термопластичне и
- термореактивне [3].

Термопластичне пластичне масе имају способност да се поново нађу у области еластичних деформација у загрејаном стању, након већ једне употребе. Ова врста пластичних маса се не састоји од пунила, осим средстава за бојење и пластификатора помоћу којих се мењају својстава чврстоће [3]. Карактеристике термопластичних пластичних маса које су приказане у табели 2. јесу:

- ниска цена обликовања за производњу великих серија, а отпатци се могу поново употребити,
- могу се неограничено обликовати,
- оптичка провидност код многих пластичних маса је висока могућност бојења углавном неограничена,
- велики утицај повишене температуре на својства чврстоће и
- могућност спајања на топло али углавном са лепљивим раствором [3].

Табела 2. Карактеристике термореактивних пластичних маса [3]

Општи подаци	Карактеристике	Утицај
Пластичне масе које трпе повратне хемијске трансформације при обликовању	Механичка својства	Мало утиче температура
	Обликовање	Не може се понављати
	Трошкови обликовања	Већи због пресовања са сабијањем
	Могућност бојења	Обично добра
	Провидност	Никаква
	Заваривање	Не могу се заварити
	Лепљење	Само специјалним лепковима
	Рециклажа	Отпатци се не могу поново користити

Термореактивне пластичне масе имају способност да са повећањем температуре очвршћавају услед структурних промена, а након поновног загревања они не омекшавају. Ове пластичне масе готово увек садрже пунила, очвршћиваче и стабилизаторе. Они имају за циљ да побољшају својства садржане смоле путем хемијских реакција [3].

Карактеристике термореактивних пластичних маса су:

- неспојиви су на топло и нелепљиви са растворима,
- висока цена обликовања, а отпатци се не могу поново користити,
- повећана температура нема велики утицај на механичка својства и
- могућност бојења ограничена [3].

Карактеристике термопластичних материјала приказане су у табели 3:

Табела 3. Карактеристике термопластичних пластичних маса [3]

Општи подаци	Карактеристике	Утицај
Пластичне масе које не трпе неку хемијску промену приликом обликовања	Механичка својства	На које утиче температура
	Обликовање	Са могућношћу понављања
	Трошкови обликовања	Мали за велике серије
	Могућност бојења	Обично добра
	Провидност	Обично добра због полимера
	Заваривање	Обично је могуће топљењем
	Лепљење	Обично помоћу растварача
	Рециклажа	Отпатци се могу поново користити

Такође, пластична маса може да се састоји само из полимера. Додаци имају за циљ да:

- побољшавају механичка својства готових производа,
- спречавају разлагање,
- при обликовању повећавају њихову пластичност и олакшавају прераду и
- побољшавају изглед готових производа.

Према пореклу пластичне масе се деле на:

- пластична маса на бази природних полимера, се модификују посебним поступцима и
- синтетичке пластичне масе [3].

Карактеристике термопластичних материјала приказане су у табели 4.

Табела 4. *Преглед основних врста пластичних маса [3]*

Врста пластичних маса	Фамилија –хемијска природа	Врста пластичне масе	Фамилија –хемијска природа
Термопластичне пластичне масе	Полиетилени	Термореактивне пластичне масе	Феноли
	Полипропилени		Аминопласти
	Поливинилхлориди		Епоксидне смоле
	Полистироли		Полиестери
	Полиамиди		Урелици
	Полиформалдехиди		
	Поликарбонати		
	Целулозе		
	Метакрили		
	Политетрафлуоретилени		
	Ацетати		

2.6. Састав пластичних маса

Пластичне масе се састоје из полимера односно синтетичких смола као основних компоненти и у већем или мањем садржају додатних материјала као што су пластификатори, пунила, боје, мазива, стабилизатори и очвршћивачи. Пластична маса може бити састављена само од полимера [3].

Пуниоци се пластичним масама додају са циљем да побољшају механичка својства и да би се добила нижа цена. Неорганска пунила имају велики утицај на измену одређених својстава, нпр. електро проводности, када се маси додаје метални прах. Органска пунила су уствари очвршћивачи. Као пунило користи се дрвено брашно, текстилна влакна, азбест, стаклена вуна, графит [3].

Боје се пластичним масама додају са циљем да им се поред обојености масе, утичу и на хемијску и термичку стабилност [3].

Пластификатори, омекшивачи су материје у којима се полимери растварају што доводи до повећања њихове еластичност, као и измену неких физичко-хемијских својстава и доводи до снижења температуре топљења. Према хемијском саставу, пластификатори су сложена органска једињења, нпр. камфор, трикрезол сулфат, трибутил фосфат, а према агрегатном стању су најчешће уљасте течности високе температуре кључања, али могу бити и у чврстом стању слично воску и каучуку [3].

Стабилизатори се додају пластичним масама у циљу очувања отпорности на топлоту и штетно зрачење, при чему се смањује опасност од пропадања. У ова средства спада и

мазиво које се додаје пластичним масама ради побољшања пластификације и ради одстрањивања лепљења за калуп. У ову сврху најбољи су парафин, стеарин и калцијум - стеарат [3].

2.7. Композитни материјали

Свакодневни живот човека, одређен је постојањем, откривањем, производњом и применом различитих материјала. У почетку човек је узимао материјале из природе као што су дрво, камен, глина, кожу, длаку, кости и обликовао их примитивним поступцима у оруђе и оружје [10]. Тек се у савременом добу, користећи квантитативна знања из математике, физике хемије и из осталих подручја, откривају се поступци за добијање савременијих материјала нпр. легираних челика, алуминијских легура, композитних материјала [10].

Композити подразумевају материјале израђени од две компоненте или више компонената које се доста разликују како по хемијском саставу тако и по другим особинама. Развој ових материјала произишао је из потребе да се код многих конструкција постигне што већа јачина и крутост, а уз то смањи тежина. Предност композита у односу на класичне конструкционе материјале (метале) јесте у томе што се делови од композита могу пројектовати тако да величина појединих пресека или њихова јачина одговара оптерећењу у тим пресецима. Постоји доста материјала који су природни композити у природи, а једна од њих је кост. Кост је природна мешавина калцијумових влакана који су спојени заједно у природној матрици. Још 1500 година п.н.е древни египћани су користили мешавину сламе и глине као материјал за производњу цигле. Проналазак цемента омогућава израду најпре обичног бетона, касније армираног (ојачаног челичним жицама) бетона, што су композитни материјали у масовној примени. Јапански самураји су ковали мачеве од неколико слојева метала да би добили жељене особине материјала. Чак и неки уметници са Медитерана и Далеког истока су користили технику композита у обликовању уметничких радова на принципу слагања сеченог папира у различите величине за производњу жељеног облика и контура. Много година касније браћа Wright користили су влакна и смолу да би ојачали конструкцију њихових авиона. Вредност производње композита у свету данас достиже неколико милијарди долара уз непрестани раст. Највећи удео у примени заузимају полимерни композити с дурумерном матрицом [10].

Карактеристике композитних материјала

Велика пажња се посвећује развоју нових материјала и технологија њихове обраде, ради постизања бољег квалитета и да би се добила нижа цена производа. Један од тих материјала су композитни материјали. У зависности од примене предмета, коришћени технички материјали морају да поседују одговарајућу чврстоћу, добра изолациона својства, да генеришу магнетно поље, да апсорбују или рефлектују светлост, спрече продор нуклеарног зрачења, а да не дође до угрожавања природне средине [5]. Због чега се композитни материјали (слика 5) све чешће примењују и које су предности у односу на челик и алуминијум су приказане на следећи начин:

Неке од предности композитних материјала су:

- могућност производње делова сложеног облика,
- дужи век трајања,
- могућност дизајнирања,
- повољан однос модула еластичности и густине,
- отпорност на корозију,
- мала густина и мала маса и
- повољан однос чврстоће и густине [5].

Неки од недостатака композитних материјала су:

- осетљивост на влагу,
- токсичност,
- осетљивост на високу температуру и
- непогодности поправке [5].

Композитни материјал је чврст материјал који настаје комбинацијом два или више хемијски различита једноставна материјала. Један од њих представља ојачавач и налази се у мањој количини, док је други материјал основни и он преставља матрицу која је мекша и има за циљ постизање стабилности ојачавајуће фазе. Композит је обликован производ састављен од композитног материјала, одговарајућим технолошким поступцима (ливењем, истискивањем). Компоненте се међусобно не мешају нити растварају, тако да се унутар композита јасно разликују две или више фаза. Једна фаза се назива матрица, основа или везиво, она окружује и држи заједно групе влакана. Остале фазе у композитима се називају побољшивачи и њихов задатак је да побољшавају физичке и хемијске особине [5].

Побољшивачи који појачавају механичке особине називају се ојачивачи (честице, влакна). Карактеристике ојачивача су да обезбеђују композиту велику чврстоћу, тврдоћу и еластичност. Матрица која повезује ојачавач (влакнасти или зрнасти) у заједничку структуру обично је од термореактивних смола (епоксидне, полиестарске, фенолне), а ојачавајућа влакна могу бити: стаклена, угљенична, арамидна од бора и неких других материјала; то су и дрво, камен и друге материје, ако је ојачавач зрнастог облика.

Предности коришћења композитних материјала јесу уштеда укупне масе производа и на перформансе [5].

Композити (слика 6) се према основи (матрици) деле на:

- металне,
- полимерне и
- керамичке [5].



Слика 6. Групе композитних материјала [11]

Главне карактеристике композита су:

- велика отпорност на корозију,
- висока постојаност на хемијски утицај,
- висок коефицијент термичког ширења,
- висока специфична крутост,
- велика чврстоћа и
- ниска топлотна и електрична проводљивост [5].

Све композитне материјале карактеришу заједничке одлике које их чине посебним и издвајају од других материјала, а то су велика јачина крутости, могу бити јачи од челика, мала густина и маса, отпорност на корозију и високе температуре, могућност обраде и обликовања у сложене облике, издрживост и постојаност [5].

Металне матрице се добијају од једног или више металних елемената, а могу да садрже и поједине неметалне елементе. Метали имају кристалну структуру у којој су атоми међусобно распоређени у простору, градећи кристалне решетке. Метали поседују изузетно добру електричну и топлотну проводљивост, имају способност да загревањем отпуштају електроне, не пропуштају светлост, имају добру чврстоћу и пластичност на собној температури. Као материјали матрице могу се користити разни метали попут суперлегура на бази никла и кобалта, титанових легура као и лаквих магнезијумских и алуминијумских легура које се користе у ваздухопловству. Ојачавањем металне матрице ојачавачима у

облику честица, континуалних и дисконтинуалних влакана мењају се својства матрице и повећава се чврстоћа и крутост. Материјали континуалних влакнастих ојачавача могу бити угљеник, силицијум карбид, бор, алуминијум и тврди метали, док се као материјали дисконтинуалних влакана користе угљеник и алуминијум. Прерада композита са металном матрицом се састоји од два корака. Први корак представља сједињавање односно уградња ојачивача у матрицу, а други је обликовање. У ту сврху развијене су многе методе од којих су неке прилично софистициране, док се нпр. метални композити са дисконтинуираним влакнима обликују поступцима као што су ковање, ваљање и екструдирање [12]. Значајна предност металних композита у односу на полимерне је могућност рада при знатно вишим радним температурама. Међутим, ови композити су доста скупљи од полимерних па је њихова употреба ограничена.

Керамички материјали су неорганска једињења метала и неметала. Структура керамичких материјала може да буде кристална и комбинована, кристално – некристална. Керамички материјали су веома тврди, крти, поседују велику чврстоћу на високим температурама, отпорни су на хемијске утицаје, затим отпорни су на хабање, имају веома ниску електричну и топлотну проводљивост. Керамика је материјал који задржава добру механичку отпорност при високим температурама, док је велики недостатак склоност кртом лому због изразито ниске ломне жилавости у односу на метале. Уградњом честица или вискера једног керамичког материјала у матрицу од друге врсте керамике ломна жилавост се може повећати и до 10 пута [12]. Код композита ојачаних керамичким вискерима успоравање појаве пукотине се заснива на заобљавању врха пукотине, апсорбовању енергије током затезања при чему се вискери одвајају од матрице или долази до прерасподеле напрезања у ивичним подручјима пукотине. Предност вискерима ојачаних керамика у односу на неојачане керамичке материјале је и у знатно мањем расипању чврстоће материјала. Осим тога, тако ојачани керамички композити изузетно су отпорни на појаву трења и топлотне промене узроковане наглим променама температуре. Композити керамичке матрице производе се поступцима врућег пресовања и синтеровања [12].

Полимерне матрице се састоји од органских једињења која садрже угљеник, водоник и друге неметалне елементе. Структура полимерних материјала је некристална, мада неки од њих могу имати комбиновану – некристалну и кристалну структуру. Састоје се од полимерне смоле као матрице и ојачавача углавном који је у облику влакана. Углавном садрже чврста, крута влакна у дуктилној и жилавој полимерној смоли. Полимери се деле у две групе [12]:

- дуромере и
- пластомере.

Дуромери при загревању стварају реверзибилне хемијске везе међу полимерним ланцима. При поновном загревању они не мењају стање, већ остају крути све док се под деловањем високе температуре потпуно не разграде. То показује на велики проблем при њиховој примени. Није их могуће рециклирати размекшавањем матрице већ се могу само механички уситнити чиме се добијају ситне грануле које у себи садрже и влакна и

матрицу. Дуромери су полимери који се најчешће користе у производњи композита због ниске цене, ниских производних температура, мале вискозности при производњи [12].

Пластомери се при хлађењу стврдњавају, али се при поновном загревању размекшавају па их је могуће поновно обликовати. Ово омогућује поправљање делова који су израђени од ових композита, као и њихово делимично рециклирање. Код пластомера је могућа одређена кристаличност, док су дуромери искључиво аморфни. Кристаличност је узрокована усмереношћу ланаца. Полимери који су кристалични имају већу густину и боља механичка својства и отпорност према растварачу [12]. Основна улога матрице је да:

- преноси оптерећења на влакна,
- формира и осигурава спољашњи облик конструктивног елемента,
- осигура добро повезивање са осталим компонентама и
- осигура заштиту осталих компоненти од спољашњег утицаја [12].

У табели 5. су приказане густина и механичка својства за неке материјале матрице.

Табела 5. Механичка својства неких материјала матрице [13]

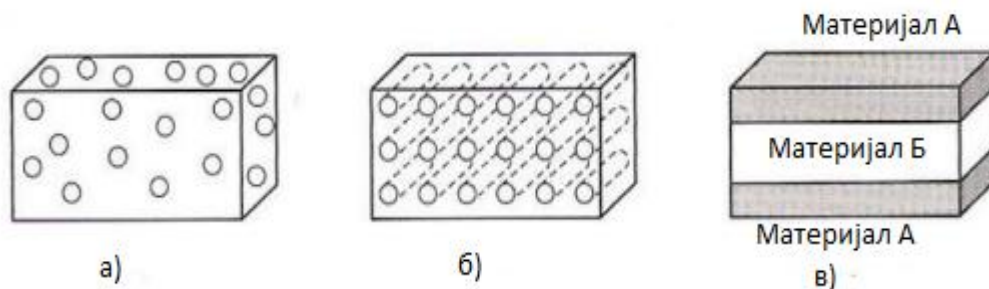
Врста матрице	Густина	Истежање	Затезна чврстоћа	Модул еластичности	Модул смицања
	ρ [g/cm ³]	ε [%]	Rm [MPa]	E [GPa]	G [GPa]
Полиестер	1.5	5	90	4.5	2
Винилестер	1.15	5	90	4	-
Бизмалемид	1.32	6.6	78	3.6	1.8
Полиимид	1.89	3	120	4.9	-
Полиестер имид	1.27	60	105	3	-
Полиамид имид	1.40	12-18	95-185	5	-
PPS	1.34	3	70-75	3.3	-
Полиетеретеретон	1.32	150	92-100	-	-
Полисулфон (PS)	1.24	50-100	70-75	2.5	-
Полипропилен (PP)	0.90	300	25-38	1-1.4	-
Поликарбонат (PC)	1.20	50-100	45-70	2.4	-
Алуминијум	2.70	-	200	70	-
Ti-6Al-4V	4.5	-	1000	110	-
Боросиликатно стакло	2.3	-	100	60	-
MgO	3.60	-	97-130	210-300	-
Al ₂ O ₃	4.00	-	250-300	360-400	-
SiC	3.20	-	310	400-440	-
Епокси	1.40	8.5	130	6	2.2

2.8. Полимерни композити

То су материјали код којих се уноси одређени ојачавајући пуниоци у полимерни матрицу да би се добиле одговарајуће особине тј долази до успостављања интеракције полимер - пуниоц. Постоје два општа типа ПМЦ-а то су: термореактивни и термопластични. Термореактивни материјали се отврдњавају при реверзibilним хемијским реакцијама, у којима молекули у полимеру обликују спојене ланце. Најчешће коришћени материјал у овом случају је епоксид за авионску индустрију. С друге стране, термопластике се топе и потом отврдњавају, процес који се може поновити више пута за поновну обраду. Иако технологија производње термопластика није развијена као што је случај са термореактивног, оне имају неколико предности [12].

Прво они немају проблем са роком употребе, а што је случај код термореактивним, који захтева смрзнуто стање да би се зауставили процеси који почињу на собној температури. Затим се могу рециклирати. Такође показују већу ломну жилавост и бољу отпорност на растварање. Нажалост ови материјали су скупљи и нису отпорни на више температуре као што је случај са термореактивним материјалима. Осим тога, термопластични материјали нуде већи избор обраде, тако да се процес може одредити према брзини производње која се захтева и према величини компоненте. Различити материјали се могу користити за ојачавање термопластике и термореактивних материјала као што су: честице, вискери (веома фини појединачни кристали), дисконтинуирана или континуирана влакна. Удео материјала као што су вискери и пуниоци дају повећану крутост. С друге стране ојачавачи типа влакана угљени-графит, и бор знатно повећавају и затезну чврстоћу и крутост. Континуирана влакна су много ефикаснија у односу на кратка али је компликованија производња материјала са континуираним влакнима него оних са кратким или честично ојачаним. ПМЦ материјали се углавном користе у аутомобилској индустрији, изградњи бродова, пластичних цеви, контејнера за складиште [12]. Према врсти ојачавача (слика 7) полимерни композити се деле на:

- композити ојачани честицама,
- композити ојачани влакнима:
 - стаклена влакна,
 - угљенична влакна ,
 - арамидна влакна и
 - борна влакна.
- структурни композити:
 - слојевити композити (ламинати),
 - сендвич конструкције.
- полимерне мешавине [14].



Слика 7. *Поређење основних типова композита: а) композити са честицама, б) композити са влакнима, в) ламеларни композити [14]*

Полимерни композити састављени су од полимерне смоле као матрице с влакнима као компонентом за ојачавање. Матрица често одређује највишу радну температуру. Најшире и далеко најјефтиније полимерне смоле су полиестери и винил естери. Ови материјали матрице првенствено се примењују код стакленим влакнима ојачаних композита [12]. Од ових композита израђују се конструкције које морају бити: чврсте, круте, лагане, корозијски постојане. Матрица може бити од:

- пластомера,
- еластомера,
- дуромера и
- еластопластомера [14].

У полимерну матрицу додају се пуниоци ради:

- смањење коефицијента топлотне растегљивости,
- повећање тврдоће и топлотне постојаности,
- побољшање квалитете површине проводности,
- повећања густоће, модула еластичности и савијања и
- промена својстава течења и вискозности.

Ови композити претежно су замена за *Al* и *Mg*-легури и за друге металне материјале. С обзиром на превладавајућу улогу влакана као додатака код полимерних композита постоје:

- стакленим влакнима ојачани полимерни композити,
- угљеничним влакнима ојачани полимерни композити,
- арамидним влакнима ојачани полимерни композити и
- остали влакнасти материјали за ојачање [14].

2.8.1. Стакленим влакнима ојачани полимерни композити

Ова врста композита се састоје од стаклених влакана, континуираних или дисконтинуираних, која се налазе у полимерној матрици. Стакло се може извлачити у влакна (*E*-стакло и *S*-стакло) [14]. Стакло је популаран материјал за ојачавање из неколико разлога:

- лако се добавља па се коришћењем бројних техника производње композита економично могу производити стакленим влакнима ојачани полимерни материјали,
- будући да су влакна релативно чврста, када се споје у полимерну матрицу, добија се композит врло високе специфичне чврстоће,
- лако се из растопљеног стања извлачи у облику високочврстих влакана и
- комбинацијом са различитим полимерима постиже се хемијска инертност што даје композите корисне за примену у различитим корозионим срединама [14].

И поред високе чврстоће, влакна нису крута па не могу пружити крутост која је потребна за неке примене нпр. делови конструкција авиона и мостова. Већина стакленим влакнима ојачаних полимерних композита имају температуру примене до 200°C, јер при вишој температури већина полимера почиње да тече или долази до погоршања њихових својстава. Температура примене може се повећати до око 300°C применом високочистог растопљеног силицијумовог диоксида за влакна и високотемпературних полимера као што су нпр. полиамидне смоле [14]. Ови композити се користе код:

- шасија возила и трупови бродова,
- цеви и
- индустријских подова [14].

Затим индустрија транспорта користи све веће количине стакленим влакнима ојачаних полимерних материјала са циљем да се смањи тежина возила.

2.8.2. Угљеничним влакнима ојачани полимерни композити

Угљеник је материјал који се најчешће користи за ојачање савремених композита с полимерном матрицом. Разлози за то су следећи [14]:

- угљенична влакна имају од свих влакнастих материјала за ојачање највиши специфични модул и највишу специфичну чврстоћу,
- код собне температуре влага, киселина не разарају угљенична влакна. Ова влакна садржи низ посебних физичких односа механичких својстава која

омогућују да композити с тим влакнима постижу специфична инжењерска својства,

- развијени су поступци производње влакна и композита који су релативно јефтини [14].

Угљенична влакна нису у потпуности кристална, већ се састоје од графитних и некристалних подручја. Поступци производње разликују се у зависности од полазног материјала. Угљеничним влакнима ојачани полимерни композити у данашње време интензивно се примењују за кућишта ракетних мотора, конструкционе делове војних и комерцијалних летелица нпр. делови крила, тела, стабилизатора [14].

2.8.3. Арамидним влакнима ојачани полимерни композити

Арамидна влакна су веома чврсти материјали који се користе од 70-тих година прошлог века. Она су пожељни ради изузетног односа чврстоћа-густоћа. Хемијски, ова група материјала позната је као “поли-парафенилен-терефталамид”. Механички гледано ова влакна имају уздужну затезну чврстоћу и модул еластичности виши од осталих полимерних материјала [14]. Ови материјали имају високу крутост и жилавост, затим отпорни су на удар, на трење и на замор материјала. Ови пластомери су отпорни при запаљењу и стабилни су при релативно високим температурама. Арамидна влакна најчешће се користе код композита с полимерном матрицом. Будући да су влакна релативно флексибилна, она се могу прерађивати уобичајеним поступцима прераде текстила. Типични примери ових арамидних композита су непробојни прслуци, гуме, пројектили [14].

2.8.4. Упоређивање својства ПМЦ-а и металних материјала

Метални материјали поседују већу дуктилност, што им даље омогућава да пластичном деформацијом разграђују напрезање и тако заустављају нагло ширење пукотине. Ради тога они могу да апсорбују већу енергију при ударном оптерећењу, јер се пре лома пластично деформишу [15]. Код статичког оптерећења полимерни композити имају мању толеранцију на напрезања, као што су прслине, микрошупљине, док је њихова отпорност при динамичком цикличном оптерећењу током оштећења или већа у односу на метале. Када се динамичка издржљивост сведе на густоћу материјала, тада су полимерни композити у још већој предности у односу према металним материјалима. Код металних материјала при конструисању треба као нежељено појаву узети отпорност на умор, а за полимерне композите понашање при статичком оптерећењу [15].

2.9. Материјали матрице

Композити су материјали који су ушли у нашу свакодневицу тако што су нашли примену у аутомобилима које возимо, голф клубовима, цеви које уклањају отпадне воде из наших домаћинстава и још много тога. Композити нуде бројне предности. Кључне од њих су снага, лагана тежина, отпорност на корозију, флексибилност и дуготрајност дизајна. На пример, композити су тврђи од других материјала као што је челик. Две главне компоненте композита су влакна и смоле које имају велики утицај на тврдоћу. Влакна лакше подносе оптерећење, док смоле се распоређују тежину по целом материјалу. Композити су доста мање тежине у поређењу са дрветом и металима. Мања тежина доприноси ефикасности горива у аутомобилима и код авиона где композити имају примену. А лакши предмети, као што су стубови мостова, лакше се превозе и уграђују по потреби. Композити се одупиру оштећењу од временских прилика и оштрим хемикалијама које могу оштетити површину материјала. То их чини добрим избором код делова који су изложени сталној изложености слане вода, токсичне хемикалије, температурним променама и других тешка стања [16].

Епоксидне смоле се сврставају у групу аморфних материјала. Епоксиди који настају полимеризацијом на собној температури погодни су за коришћење на температурама до 50°C, док се остале врсте епоксида обрађују на температурама између 100 и 180°C. Хемијске реакције које се при полимеризацији догађају јесу егзотермне, па коришћење велике количине катализатора или превисока температуре полимеризације може довести до топлотне деградације матрице, а тиме и самог композита. Ово је разлог због којег се посебна пажња мора посветити изради калупа, посебно ако се ради о дебљим или већим деловима. Да би им се променила механичка својства, епоксидима се могу додавати различити додаци у циљу смањења вискозности приликом обраде, повећања ломног издужења уз смањење модула еластичности, побољшање отпорности ширењу пукотина, промена густоће и др. Њихов је основни недостатак је кртост која је праћена великом чврстоћом, што се често побољшава додавањем пластимера [17]. Предности епоксида су: могућност модификовања својстава према постављеним захтевима, могућност контроле жилавости, затим лака и сигурна производност због мале количине штетног дејства које се ослобађају, мало скупљање, добра хемијска отпорност, затим добра димензијска и топлотна стабилност. Недостаци код епоксидних смола су: виша цена производње у односу на полиестере, осетљивост на влагу, спора полимеризација, мала отпорност неким органским спојевима (као нпр. органским киселинама) затим релативно ниска највиша температура примене [17].

Полиестерске смоле припадају дуромерима, а прозводе се егзотермним хемијским реакцијама при којим се незасићени полиестери мешају са малом количином ојачавача. Као код епоксида, материјал при полимеризацији полази из течне до круте фазе. Предности ових материјала јесу мала почетна вискозност, веома ниска цена почетних сировина, једноставна производња, затим велика отпорност према атмосферским утицајима [17]. Полиестер представља материјал који се састоји од полиестертске

смоле (*ATLAK* – 382 бисферолни тип), армирана са стакленим влакнима. Додавањем одговарајућих пуниоца нпр. континуални ровинг, кварцни песак у одређеним размерама, производи се материјал са добрим физичким и хемијским карактеристика [13]. Армирани полиестер чије је име *fiberglas* (специфична тежина од 1,5 до 1,8 g/cm³) је отпоран на органске и неорганске материје, затим киселине и базе. Механичке карактеристике су непромењене у температурном интервалу од -40°C до 120°C. Предности армираног полиестера у односу на класичне материјале су следеће:

- мања потреба за одржавањем,
- лакоћа конструкције и поправка,
- добра отпорност на ударце,
- већу отпорност на корозију односно дужи период рада,
- ниски трошкови инсталирања,
- електрична непроводљивост и
- добре карактеристике термичке изолације [13].

Примена полиестера је веома широка, користи се за резервоаре, каде, цеви за транспорт, судопере, вентили. Такође примена полиестера је веома велика код облагања других елемената који се састоје од других материјала. Циљ је да се постигне хемијска отпорност материјала, наношењем слоја *FRP* – а, да се постигне механичка чврстоћа елемената урађених од термопласта као што су посуде, процесни елементи у регенерацији киселине. Полиестери припадају групи термопластичних и термореактивних маса. Термопластични полиестери одређени су стандардом, који се користе за фолије, за паковање хране, влакна за одећу, конкретно су одређени стандардом *DIN 16911*, табела 6. [13].

Табела 6. Својства полиестер масе за пресовање DIN 16911 [13]

Својство	Тип 801	Тип 802	Тип 803	Тип 804
Густина, [g/cm ³]	1,8	2,0	1,8	2,0
Савојна чврстоћа, daN/cm ²	600	550	600	550
Ударна жилавост, a _n , [kJ/m ²]	22	4,5	22	4,5
Ударна жилавост, a _k , [kJ/m ²]	22	3	22	3
Притисна чврстоћа, [daN/cm ²]	1200	2300	1200	2300
Затезна чврстоћа, [daN/cm ²]	250	300	250	300
Тврдоћа Н _{с60}	160-240	200-300	160-240	200-300
Модул еластичности, x 10 ⁴	12-15	12-15	12-15	12-15
Температура постојаности по Мартенсу, [°C]	125	140	125	140
Температура топлотне постојаности [°C]	235	245	235	230
Коефицијент линеарног ширења α x 10 ⁻⁶	35	45	35	45
Специфична топлота, [W/mK]	0,6	0,72	0,6	0,72
Специфични запремински отпор, [Ωcm]	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²
Диелектрична константа [10 ⁶ Hz]	4,1	4,7	4,1	4,3
Диелектрична чврстоћа, [kV/cm]	130-150	120	130-150	100-120
Пропустљивост воде, [mg]	100	45	100	45
1 daNcm/cm ² = kJ/m ²				

Преглед тврних полиестер смола према DIN – у, дат је у табели 7 односно 8.

Табела 7. Својства полиестера – тврде смоле према DIN 16913 – I део [13]

Тип	Савојна чврстоћа, [daN/cm ²]	Ударна жилавост [daNcm/cm ²]	Ударна жилавост [daNcm/cm ²]
830	1200	50	2
830.5	1200	50	2
831	1200	50	3
831.5	1200	50	3
832	1600	70	2
832.5	1600	70	2
833	1600	70	3
833.5	1600	70	3

Табела 8. Својства полиестера – тврде смоле према DIN 16913 – II део [13]

Тип	Попустљивост воде, [mg]	Специфични запремински отпор [Ω]	Диелектрични фактор за 1000 Hz, [$\tan \delta$]
830	100	-	-
830.5	100	10^{14}	0.05
831	100	-	-
831.5	100	10^{12}	0.05
832	100	-	-
832.5	100	10^{14}	0.05
833	100	-	-
833.5	100	10^{12}	0.05

Полиестери су веома отпорни на светло. Полиестер је отпоран према су ароматичним угљоводоница, мастима, уљима. Постојаност пластичних маса полиестера су слабе киселине. Радна температура је од 20°C до 80°C [13].

3. *Solid surface* материјали

Дизајнери, архитекте и произвођачи намештаја дуги низ година користе *Solid surface* материјале током реализације својих идеја. *Solid surface* материјали су се појавили шездесетих година 20-ог века, када су се научници из разних области такмичили у иновацијама, имајући задатак да осмисле материјал који ће заменити метале односно бити јефтинији а по тврдоћи парирати металима [18].

Америчка компанија *DuPont*, је окупила неколико инжењера, чији је циљ био да користећи нове технологије, произведу нови материјал за комерцијалну употребу. Први *Solid surface* материјал је произведен 1964. године, а званичан почетак *Solid surface* материјала је 8. октобар 1968. године, када је издат нови патент за материјал који је назван *Corian*. Најзаслужнији за проналазак и производњу *Corian*, био је хемијски инжењер др. *Don Slocum*. Прва примена *Solid surface* материјала је била у области купатилског и кухињског намештаја. Временом је дошло до проширења примене ове врсте материјала, тако да је данас, после 50 година након свог настанка постао незаобилазан материјал при изради намештаја и опремању ентеријера свих врста, затим у медицини, војне сврхе итд. Појам *Solid surface* се користи као универзални назив за све композитне материјале, хомогене и непорозне структуре по целом пресеку, а добијене по рецепту пуниоц/везивно средство/адитиви [18].

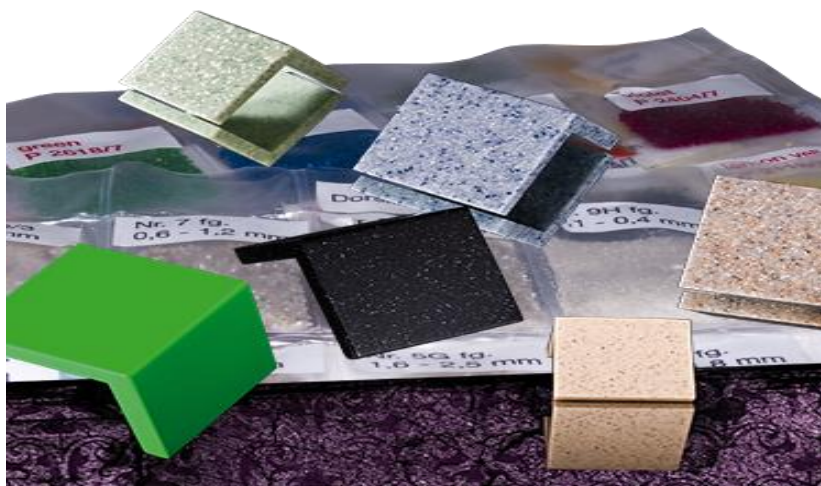
Најважније особине *Solid surface* материјала су:

- имају хомогену и непорозну структуру,
- имају високу отпорност на киселине и хемијска средства,
- отпорни су на *UV* зраке,
- температурна отпорност 230°C,
- могу се произвести елементи у 2D и 3D облицима,
- лако се обрађују и репарирају алатима за дрво,
- не дозвољавају развој бактерија и гљива,
- површине се лако одржавају и чисте и
- не изазива алергију код људи и животиња [18].

Постоји више различитих *Solid surface* материјала који се могу користити за израду кухињског, купатилског намештаја. За израду умиваоника је коришћен *Granmatrix* материјал. *Granmatrix* је полиестерски акрилно модификован композитни материјал са додатком алуминијум – трихидроксида као пуниоца који готовом делу даје чврстоћу, електричну, температурну и хемијску отпорност.

Granmatrix представља материјал (слика 8) чијим се изливањем може добити више различитих форми. Металац Инко од материјала *Granmatrix* производи различите врсте плоча као и различите врсте умиваоника, каде, судопере. Готов производ се пушта у израду по поруџбини, према захтеву и спецификацијама крајњег купца. Тако се добија материјал који делује као камен, а обрађује се лако као дрво. *Granmatrix* је непорозан материјал и због тога се користи код припреме хране и у здравственим установама због

отпорности према буђи и бактеријама и лако се чисти. Овај материјал садржи термообликујуће особине, при чему се ствара могућност за истраживањем и реализацијом нових идеја [18].



Слика 8. Приказ боја и дезена Granmatrix-a [19]

3.1. Примена Granmatrix-a:

Granmatrix материјали су веома добри за израду кухињског намештаја. Велики спектар боја и стилова Granmatrix се уклапа у сваки декор и архитектонски дизајн. Због своје непорозности Granmatrix је веома лак за одржавање. Granmatrix се може такође обрађивати алатима за обраду дрвета из чега произилазе неограничене могућности дизајна. Ова врста материјала се најчешће користи за израду кухињског и купатилског намештаја и то:

У купатилу (слика 9 и 10):

- интегрални умиваоници,
- моноблок туш кабине или каде и
- панелно покривање зидова.



Слика 9. Примери примене Granmatrix-a у умиваоника [20]



Слика 10. Примери примене Granmatrix-a у умиваоника [20]

У кухињи (слика 11 и 12):

- моноблок,
- кухињске радне плоче и судопере и
- угаоне кухиње.



Слика 11. Примери примене Granmatrix-a у кухињама [26]



Слика 12. Примери примене Granmatrix-a у кухињама [26]

У лабораторији:

- лабораториски пултови и судопере за рад са агресивним хемикалијама

У опремању ентеријера:

- пултови,
- намештај и

- фасаде [18].

3.2. Одржавање

Granmatrix је материјал који се помоћу својих одличних карактеристика уклапа у савремени начин живота. Захваљујући физичко – хемијској отпорности, није захтеван што се тиче одржавања. Уколико дође до оштећења, она се лако санирају захваљујући репарабилности материјала. Иако *Granmatrix* плоче могу издржати температуре и до 230°C, ако се изложе екстремној топлоти, може доћи до деформација материјала [18].

3.3. Особине *Granmatrix-a*

Основне особине *Granmatrix* материјала су:

- *Granmatrix* је материјал са термообликујућим особинама, што значи да се може загревати и савити у различите 3D облике,
- антибактеријска, непорозна и хемијско-физички отпорна површина,
- једноставно фабриковање и инсталација,
- репарабилност – било каква оштећења могу се поправити,
- веома лако чишћење и одржавање,
- широк спектар боја и дезена и
- невидљиви спојеви и прелази између делова [18].

3.4. Матрица, пуниоци и додаци *Solid surface* материјала

Производи од *Solid surface* материјала се састоје од смоле, која представља матрицу у полимерном композиту, пунилаца и додатака. Матрице *Solid surface* су изофталне незасићене полиестерске смоле са UV стабилизаторима, и то акрилна, полиестерска или мешавина акрил-полиестер. Основни пунилац је минерал алуминијум трихидроксид (ATH) [21, 22, 23]. Производи од *Solid surface* материјала састоје се од око 50% до 65% пуниоца. Код *Solid surface* материјала поред финг ATH пунила, такође се додаје и пигмент. Физичка својства ATH:

- прашкаста супстанца,
- без мириса,
- неканцероген,
- поседује топлотне карактеристике које пружају прозирност и белину *Solid surface* материјала и
- ниска токсичност и ватроотпорност [24].

Технологија и развој умиваоника у компанији Металац а.д.

Постоје два главна критеријума која се обично узимају у обзир при избору АТН:

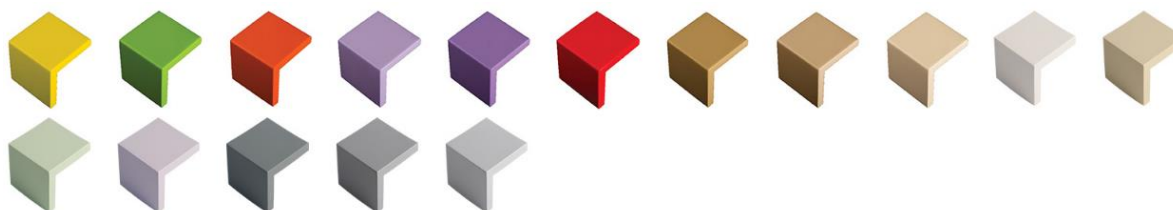
- боја АТН- боја и бистрина АТН се мења у зависности од каменолома из кога потиче и ефикасности процеса пречишћавања и
- величина и облик АТН честица - величине честица и облици АТН утичу на вискозност.

Уопштено, што је крупнија величина честица то је нижа вискозност [24]. Својим особинама АТН пружа велику чврстоћу, лаку обраду и високу природну ватроотпорност [30]. И акрилне и полиестерске смоле широко се користе у производњи *Solid surface* материјала. Избор производње на бази акрила или полиестера обично се врши у зависности од нивоа улагања у производно постројење, примене за које се користи крајњи производ и перцепције циљног тржишта. Постоје разлике између *Solid surface* производа израђених са ове две врсте смоле. Међутим, добро направљен производ са било којом смолом подједнако је погодан за крајњег корисника. Неке разлике акрилне и полиестерске смоле су приказане у табели 9 [24].

Табела 9. Разлика својства *Solid surface* производа израђених од акрилних и полиестерских смола [24]

Тип смоле	Површинска тврдоћа	Постојаност боје	Отпорност апсорпција воде	Ватроотпорност	Отпор на хемикалије	Отпорност на топлоту
Акрил	Добра	Веома добра	Веома добра	Добра	Добра	Добра
Полиестер	Веома добра	Добра	Добра	Веома добра	Веома добра	Добра

Додацима имају способност да мењају нежељена својства производа. Модификатори вискозности полиестерских и епокси смола доводе до смањења вискозитета и тако омогућавају ефикасну импрегнацију већих количина ојачивача и тиме побољшавање механичких својстава композита. Убрзивачи и инхибитори продужавају време складиштења полупроизвода, затим скраћују циклус умрежавања и смањују максималну температуру реакције. У додатке спадају још и пигменте који одређују боју материјала (слика 13), UV апсорбере, катализаторе, стабилизаторе и сл. [25]. Поред АТН, могу се додавати и други минерални ојачавачи који површини дају *Granatex* структуру (слика 14).



Слика 13. *Granmatrix UNICOLOR* [26]



Слика 14. *Granmatrix GRANATEX* [26]

Пигмент је материјал који изгледа обојено као резултат селективне апсорпције светлости. Обојеност долази услед одбијања и преламања светлости, флуоресценције. Могу бити органски, природни, вештачки и неоргански. Неоргански пигменти имају већи утицај од органских јер се примењују за бојење свих површина кожа, текстила, дрво, стакло. Природни неоргански пигменти су по хемијском саставу минералне материје карбонати, силисфати, фосфати. Имају велику постојаност према светлости, атмосферским утицајима и високој температури. Неоргански пигменти се јављају у великом асортиману боја и нијанси.

Природне органске боје имају високу цену јер су постојане нетоксичне, отпорне на атмосферске утицаје и такође имају добру примену у бојењу прехранбених производа.. У биологији пигмент представља било коју супстанцу која даје боју ћелијама или ткивима [18].

Катализатор је хемијска супстанца која се додаје реакционом систему да би убрзала реакцију.

Реакција без катализатора:



Реакција са катализатором:



Механизам деловања катализатора смањује енергију активације тј. енергију потребну довести споља у систем да би дошло до реакције градећи са реактантима прелазни комплекс, у примеру то би био нестабилни $[ABK]$ комплекс мањег енергетског садржаја него што је он за прелазни комплекс реактаната без везаног катализатора. Катализатор може да повећа селективност реакције уколико убрзава

стварање главног продукта, а не убрзава споредне реакције. Посебно важна група катализатора су ензими које катализују биохемијске реакције у организмима.

Ензими су посебно ефикасни катализатори специфичног дејства јер делују на тачно одређену супстанцу катализујући тачно одређену реакцију коју убрзавају неколико хиљада пута. Као додатак користи се и алуминијум оксид чија је величина честице од 16,5 до 21 μm [18].

4. Процес развоја умиваоника у компанији Металац

Умиваоници у компанији Металац се израђују од *solid surface* материјала. Производи од *solid surface* материјала обухватају различите облике умиваоника, различитих димензија, затим каде и све остале елементе купатилског намештаја, као и усадне насадне, подградне судопере [27]. *Solid surface* материјал припада групи композитних материјала. *Solid surface* је полиестерски, акрилно – модификован композитни материјал са високим садржајем алуминијум – трихидроксида као пуниоца, састојка који коначном материјалу даје чврстоћу, температуру, електричну и хемијску отпорност. Отпоран је на високе температуре и киселине, хигијенски, једноставан за одржавање, не бледи и не мења боју [27].

Целокупан производни програм сертифициован је према захтевима серије међународних стандарда *ISO 9001:2008* за управљање квалитетом, односно *ISO 14001:2004* за управљање заштитом животне средине. Металац инко д.о.о. поседује сертификате за интегрисани *QMC/EMC* од 2006. године којим производ испуњава све битне захтеве у погледу безбедности, здравља, заштите животне средине и других јавних интереса, а последња ресертификација извршена је 2015. године [27].

Металац инко испуњава услове за стицање *CE* знака. *Conformité Européenne* представља ознаку произвођача да је производ направљен у складу са смерницама и прописима Европске Уније. За разлику од *ISO* стандарда квалитета, *CE* знак је обавезан, што значи да се производи без *CE* знака не могу наћи на тржишту Европске уније.

У овом раду је описан развој умиваоника димензија 800x522 mm и 600x522 mm од *solid surface* материјала. Приказан је начин израде умиваоника од израде техничке документације до ливења, обраде на CNC глодалици до производње и паковања. Урађена су и експериментална испитивања материјала на храпавост површине које су обрађене различитим врстама глодала и мерење тврдоће тих плочица након обраде.

Металац инко за развој новог производа користи Процедуру за развој новог пројекта. Процедура одређује поступке и активности у свим фазама развоја новог производа. Увођене новог производа подразумева отварање Налога за развој и планирање активности развоја новог производа, које ће омогућити његову поступну и брзу израду. Развој новог производа подразумева низ фаза, а једна од њих је реализација развоја. Под реализацијом развоја се подразумева пројектовање, конструкција, производња, испитивање и верификација [27].

План активности на развоју новог производа обухвата: активности, носиоце активности, термин план, излазне документе по фазама развоја, одговорне за верификацију сваке од фаза развоја, валидацију и ресурсе. Активности које се налазе у плану су подељене у три групе:

- анализа пројектних захтева и анализа утицаја на животну средину,
- израда техничко-технолошке документације и
- нулта серија.

Велики акценат се ставља на заштиту животне средине, због тога се врши анализа штетних утицаја на животну средину, како би се задовољили захтеви међународног стандарда *ISO 14001:2004* за управљање заштитом животне средине. Истовремено производ испуњава све битне захтеве у погледу безбедности, здравља, заштите животне средине, чиме оправдава ношење знака *СЕ*. Анализу штетних утицаја на животну средину врше самостални пројектант заштите животне средине и референт заштите на раду.

Пре израде новог модела потребно је изградити техничку документацију модела и изградити алат. Следи израда прототипа и његово испитивање. Када тим за развој потврди прототип, тј. верификује у производњу се пушта нулта серија. Тек када је нулта серија верификована, одлучује се о увођењу производа у серијску производњу [27].

Поред ефикасног развоја процеса, успешне компаније морају да организују своје особље за ефикасни развој производа. Организовање на основу успостављања веза међу појединцима:

- Организовање развоја производа представља програм којим су појединачни дизајнери и инжењери повезани заједно у групама.
- Везе међу појединцима могу бити формалне или неформалне и обухватају, између осталог, ове врсте [28]:

Везе преко извештавања

Ова врста веза доводи до класичног појма руководиоца и подређених. То су формалне везе које су најчешће приказиване на разним организационим графиконима.

Финансијски аранжмани

Појединци су повезани да буду део истог финансијског ентитета, као што је дефинисано посебном категоријом буџета или изјавом о профиту и губитку [28].

Физичка повезаност

Везе су створене између појединаца, када деле исту канцеларију, спрат, зграду или сајт. Ове везе су најчешће неформалне, на основу спонтаног сусрета, док се налазе на послу. Било који појединац може бити повезан на неколико различитих начина са другим појединцима. На пример, инжењер може бити повезан преко везе извештавања са другим инжењером у другој згради, док је физички повезан са лицем које ради у маркетингу [28].



Слика 15. *Пројектни тим је представљен као примарна организациона јединица [28]*

У том контексту, тим је скуп свих људи укључених у пројекат, без обзира на организациону структуру запослених задужених за развој производа. У функционалној организацији, тим се састоји од појединаца који су дистрибуирани широм функционалних група без организационе везе, осим заједничког учешћа у пројекту. У другим организацијама, тим одговара формалним организационим ентитетима, пројектантским групама, и формално се именује директор.

Процес развоја представља низ корака да се трансформише скуп улаза у скуп резултата. Процес развоја производа је редослед корака или активности које предузеће користи да осмисли, дизајнира и комерцијализује производ. Многи од ових корака и активности су интелектуалне и организационе, а не физичке. Добро дефинисан развојни процес је користан из следећих разлога [28]:

Осигурања квалитета

Процес развоја наводи фазе развоја пројекта које треба проћи и које треба контролисати. Када се ове фазе и контролне тачке изаберу мудро, праћење развоја процеса је један од начина обезбеђивања квалитета завршних производа.

Координација

Јасно декларисан процес развоја делује као план који дефинише улогу сваког од играча развојног тима. Овај план обавештава чланове тима када ће њихов допринос бити потребан и са ким ће они морати да размене информације и материјале.

Планирање

Развојни процес садржи природне догађаје који одговарају завршетку сваке фазе. Време ових фаза се усклађује са распоредом свеукупног развоја пројекта.

Управљање

Процес развоја је репер за процену перформанси перманентног развоја.

Побољшање

Пажљиво документовање процеса развоја организације често помаже да се идентификују могућности за побољшање.

У раним фазама развоја производа, разни ризици су идентификовани и сортирани по важности. Како процес напредује, ризици се смањују, елиминишу се као кључне неизвесности и функције производа су потврђене. Када је процес завршен, тим би

требало да има значајно поверење да ће производи радити исправно и да ће бити добро примљени од стране тржишта [28]. Постоји шест фаза генеричког процеса развоја табела 10, а то су:

Фаза 0: Планирање

Планирање активности често се помиње као "нулта фаза", јер претходи одобрењу пројекта и почетку стварног процеса развоја производа. Ова фаза почиње са корпоративном стратегијом и обухвата процену технологије и развој тржишних циљева. Излаз фазе планирања је пројекат који специфицира циљно тржиште за производ, пословне циљеве, кључне претпоставке и ограничења.

Фаза 1: Развој концепта

У фази развоја концепта потребе циљног тржишта су:

- идентификоване, алтернативни концепти производа су генерисани и вредновани, и један или више концепата су одабрани за даљи развој и тестирање. Концепт је опис форме, функције и карактеристике производа и обично прати скуп спецификација, анализа конкурентних производа, као и економска оправданост пројекта.

Фаза 2: Дизајн по нивоима система

Дизајн на нивоу система укључује дефиницију архитектуре производа и разлагање производа у подсистеме и компоненте. Завршна шема монтаже за производни систем се обично дефинише у овој фази. Излаз ове фазе обично укључује геометријски распоред производа, функционалну спецификацију сваког од подсистема производа, а прелиминарни поступак дијаграм тока за финалне процесе монтаже.

Фаза 3: Дизајн детаља

Фаза дизајна детаља укључује комплетну спецификацију геометрије, материјала и толеранције свих делова у јединствен производ и идентификацију свих стандардних делова, како би се купили од добављача. Излаз ове фазе је контролна документација за производ – цртежи или рачунарске датотеке који описују геометрију сваког дела и алата за производњу, спецификације [28].

Фаза 4: Тестирање и подешавање

Фаза испитивања и дораде обухвата изградњу и процену фабричких вишеструких верзија производа. Алфа прототипови су обично изграђени са намером да се производе помоћу делова са истом геометријом и карактеристикама материјала као што је предвиђено за ту производну верзију производа, али није нужно да се обавља помоћу актуелних процеса који ће се користити у производњи. Алфа прототипови се тестирају да би се утврдило да ли ће производ радити како је дизајниран и како је предвиђено, и да ли производ задовољава кључне потребе клијената. Каснији (бета) прототипови су обично изграђени са деловима који су добијени намењеним производним процесима, али не могу бити састављени помоћу намењеног процеса

Технологија и развој умиваоника у компанији Металац а.д.

завршне монтаже. Бета прототипови се интензивно процењују интерно, а такође се тестирају и од стране купаца у сопственом окружењу. Циљ бета прототипа је, обично, да одговори на питања о перформансама и поузданости у циљу идентификовања потребних инжењерских промена за финални производ.

Фаза 5: Укључење производње

У фази укључења производње производ је направљен коришћењем намењених производних система. Сврха укључења је да обучава радну снагу и да проналазе све преостале проблеме у производним процесима. Производи израђени у овој фази се, понекад, испоручују клијентима и пажљиво се процењују како би се идентификовали преостали недостаци. Транзиција од укључења производње до саме производње је, обично, постепена. У неком тренутку у овој транзицији, производ је "лансиран" и постаје доступан за широку дистрибуцију [28].

Табела 10. Фазе процеса развоја [28]

Фаза 0: Планирање	Фаза 1: Развој концепта	Фаза 2: Дизајн по нивоима система
-Маркетинг -Дефинисање прилике на тржишту, -Дефинисање делова тржишта	-Колекција жеља потрошача, -Идентификовање главних потрошача, -Идентификовање конкурентских производа	-Развој плана за производњу и за проширену фамилију производа, -Подесити крајњу цену производа
-Дизајн -Разматрање производних платформи, -Процена нових технологија	-Испитати изводљивост концепта производа, -Развој концепта индустријског дизајна, -Изградња и тестирање експерименталних прототипова	-Генерисање алтернативних производа, -Дефинисање главних подсистема
-Производња -Идентификовање производних ограничења, -Дефинисање стратегије ланаца снабдевања	-Процена цене производње	-Идентификовање добављача за кључне компоненте, -Анализа куповине и потражње, -Дефинисање трошкова

Табела 11. Фазе процеса развоја [28]

Фаза 3: Дизајн детаља	Фаза 4: Тестирање и подешавање	Фаза 5: Укључење производње
-Развој маркетиншког плана	-Развој промоције и лансирање материјала, -Олакшавање тестирања на терену	-Постављање ране производње са кључним муштеријама
-Дефинисање геометрије дела, -Избор материјала, -Додељивање толеранција, -Комплетирање техничке документације	-Тестирање поузданости, -Тестирање перформанси, -Прибављање регулаторних одобрења, -Имплементација промена у моделирању	-Процена првих произведених делова
-Дефинисање производног процеса делова, Пројектовање алата, -Дефинисање квалитета процеса	-Олакшавање укључење добављача	-Почетак рада читавог система производње

5. Технологија израде умиваоника

5.1. Процес пројектовања

Пројектовање је део производње (слика 16) који почиње након склопљеног и потписаног уговора са купцем. Током израде пројеката инжењери треба да сарађују са својим колегама из других области као што су продаја, набавка, маркетинг, технолошка припрема производње, одржавање, производња, контрола и складиште (слика 5). Током пројектовања постоји могућност да се пројекат неће исплатити, ради одређених разлога као што су лоше склопљени уговори, немогућност израде неких делова или неких других разлога. У том случају боље је одустати од даље производње. Да би пројекат био што исплативији и брже израђен, понекад инжењери користе стару конструкциону документацију која им даје неке нове идеје и визије. Конструкциону документацију такође користи технолошка припрема производње и на основу те документације се врши даља израда. Технолози разрађују технологију израде за сваку позицију. Требају бити добро повезани и упознати са производњом, како би што боље одређивали посао планирања и самим тим смањили проблеме током израде. Сваки технолог током израде технологије за нове позиције често пута се консултује са радницима у производњи, јер ти људи најбоље познају своје машине и самим тим могу пуно помоћи [29].



Слика 16. Приказ повезаности технологије са осталим деловима [29]

Технолошка припрема производње врши нормирање времена и разраду технологије за сваку операцију која је потребна за израду дела. Након нормирања операција, сабирају се времена израде па се одређује укупно време израде. Веома је важно пратити производњу (слика 17) и планирати израду да би се могли постигнути рокови

испоруке. Припремају се радни налози и позиције на начин да буду флексибилне код производње. Одлучује се о избору радника и машина на којим ће се израђивати, алату те одабиру одговарајућег материјала. Узимају се у обзир сви узроци и проучавају, како би произведени део био конкурентан производ, да би се задржала позиција на тржишту те освојило ново тржиште. Технолошка припрема производње утиче на трошкове производње на начин, ако се одабере неодговарајући технолошки процес, постоји велика вероватноћа да ће приликом израде бити проблема и потрошиће се превише времена. Пожељно је скраћење циклуса производње добрим распоредом и одабиром процеса. Добра припрема производње помаже у побољшању процеса [29].



Слика 17. Приказ организације производног система [29]

5.1.1. Фазе пројектовања технолошког процеса

Током разраде технолошког процеса потребно је анализирати део који треба да се изради, како би се што квалитетније и исплативије одабрао примарни процес. За време разраде технологије јавља се више фактора који утичу на одабир примарног процеса. Фазе кроз које пролазе технолози су следеће [29]:

- анализа документације о геометрији предмета обраде,
- анализа количине производње и
- избор врсте и облика припремка.

5.1.2. Анализа документације о геометрији изратка

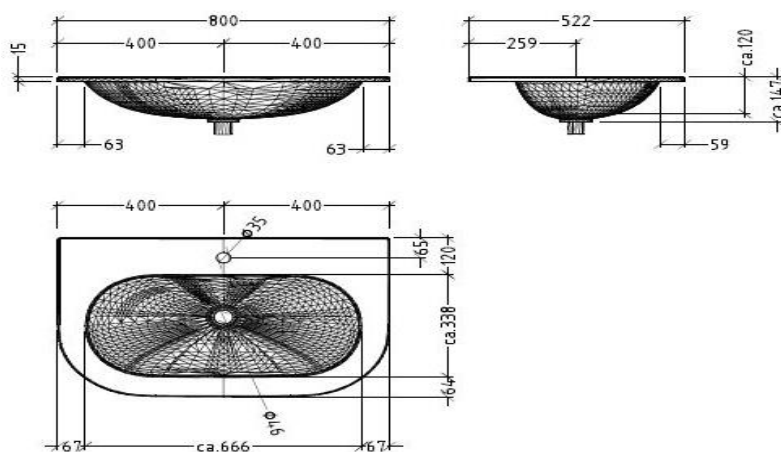
Код анализе геометрије изратка потребно је одредити степен геометријске сложености облика. У геометрију предмета обраде спада захтевани степен димензијске тачности и захтеван квалитет површинске храпавости. Базне површине и начини стезања такође су битни код анализе геометрије изратка. Пожељно је да код израде позиције буде што мање стезања и да се у једном стезању направи што више операција. Ако има превише непотребних стезања, повећава се укупно време израде те опасност од померања комада услед поновног отпуштања и стезања комада.

Један од битних фактора одабира процеса је количина производње. У зависности од количине производње бира се примарни процес. Количина производње може се поделити на:

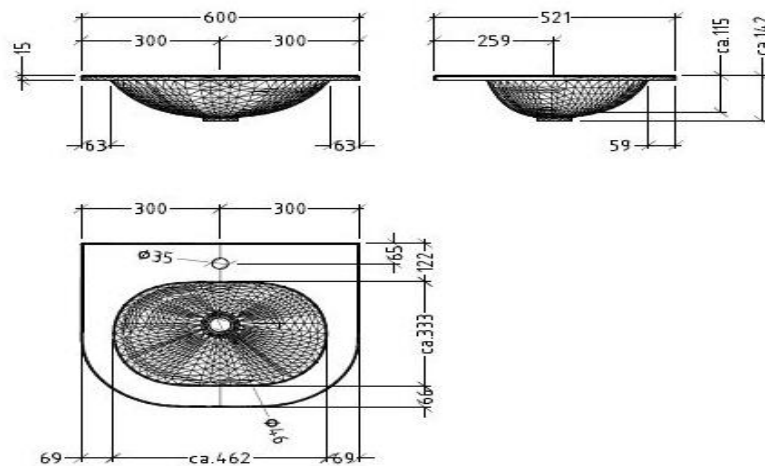
- појединачну,
- малосеријску,
- средњесеријску,
- великосеријску и
- масовну [29].

5.2. Поступак пројектовања модела умиваоника

Развој новог производа подразумева низ фаза, а једна од њих је реализација развоја. Под реализацијом развоја се подразумева пројектовање, конструкција, производња, испитивање. Пројектовање умиваоника се врши у софтверском пакету *SolidWorks* према захтеву купца (слика 18 и 19).

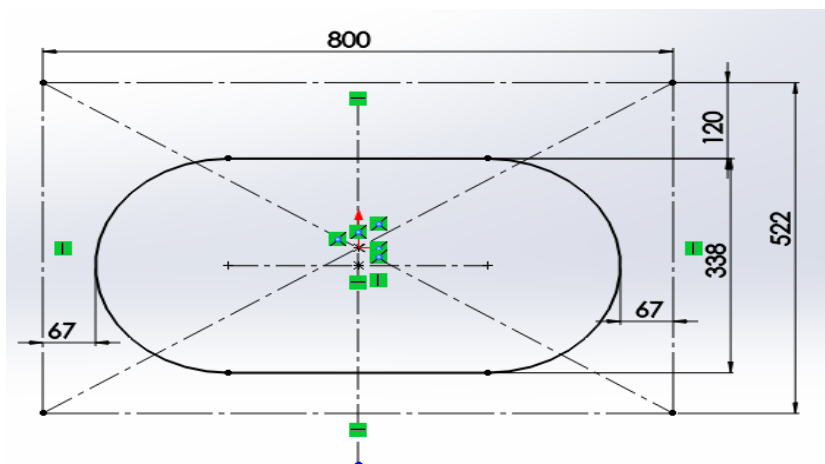


Слика 18. Цртеж умиваоника 800x522 mm



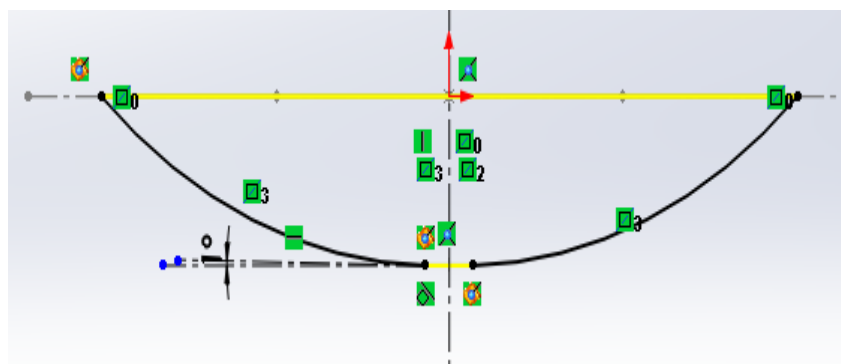
Слика 19. Цртеж умиваоника 600x522 mm

Када се добију димензије, приступа се моделирању у софтверском пакету *SolidWorks*. Након стартовања програма потребно је изабрати раван у којој се црта прва скица. У овом случају (слика 20) то је *Top plane* где се црта главни део умиваоника.

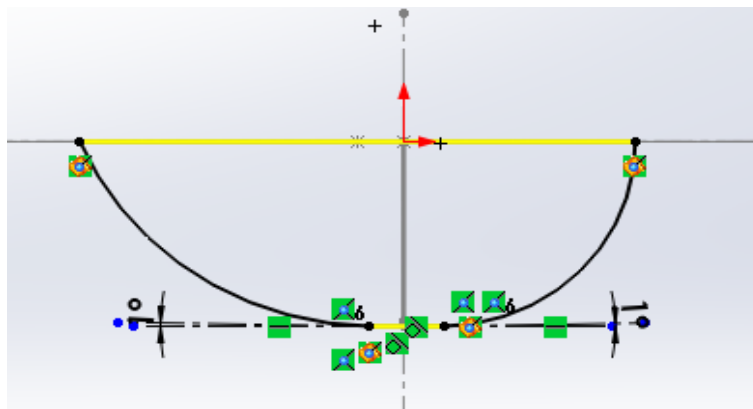


Слика 20. Приказ прве скице умиваоника

Затим се црта *корито* умиваоника (слика 21 и 22) у равни *Front plane* и *Right plane*.

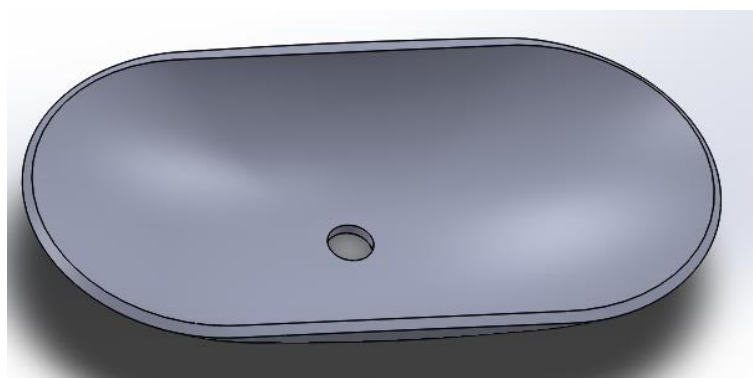


Слика 21. Приказ корита умиваоника



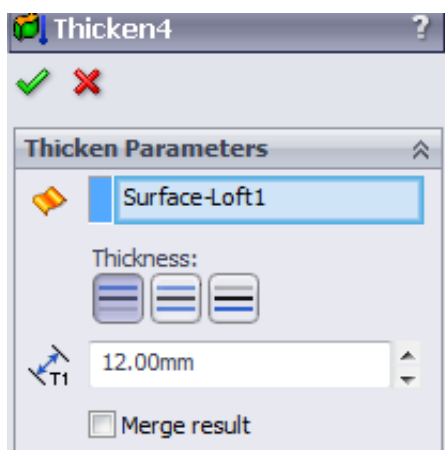
Слика 22. Цртање умиваоника у равни *Right plane*

Када се заврши са цртањем скица, следи формирање (слика 23) доњег дела умиваоника опцијом *Lofted Surface*. Ту се врши спајање скица према распореду скица.



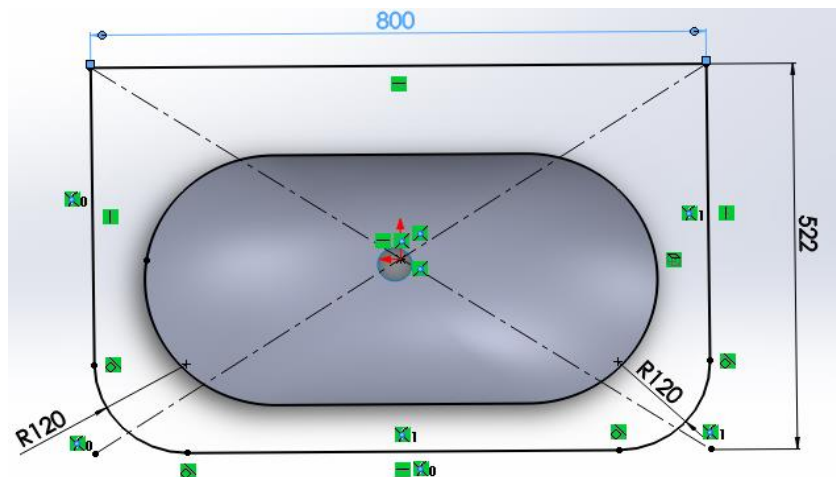
Слика 23. Формирање доњег дела умиваоника

Следећи задатак је дефинисање дебљине (слика 24) *корита* умиваоника. То се врши опцијом *Thicken*.



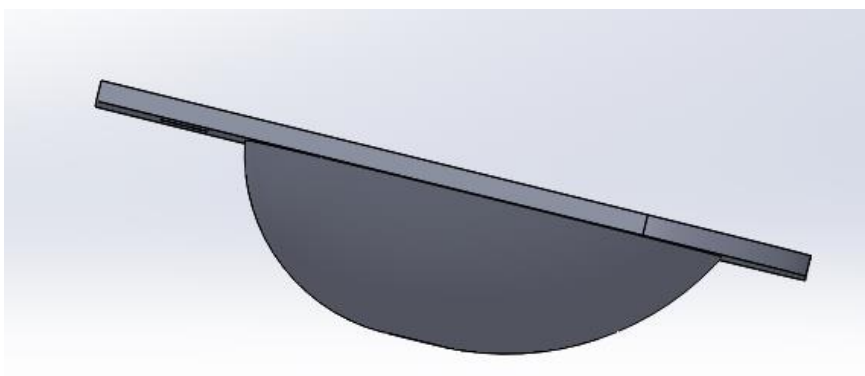
Слика 24. Дефинисање дебљине доњег дела умиваоника

Након формирања доњег дела умиваоника, следи цртање плоче у новом *sketchu* (слика 25). Селектује се горња површина доњег дела умиваоника и након тога се приступа цртању горњег дела умиваоника.



Слика 25. Приказ скице горњег дела умиваоника

Након тога следи дефинисање дебљине тог дела, а то се ради помоћу (слика 26) опције *Extruded* у којој се задаје дебљина те површине, у овом случају то је 15 mm.



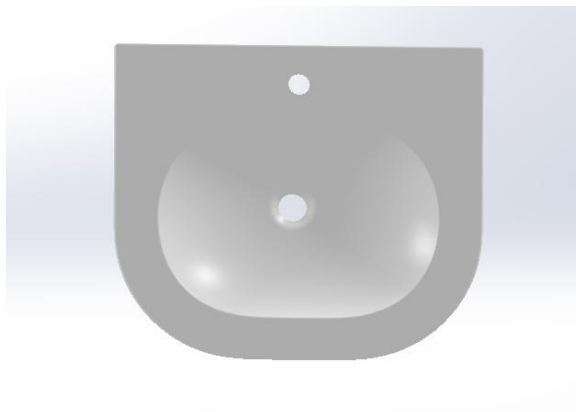
Слика 26. Дефинисање дебљине горњег дела умиваоника

После тога се црта сифон у новом *sketchu*. Након тога се користи (слика 27) опција *Fillet* помоћу које се праве заобљења на ивицама умиваоника.

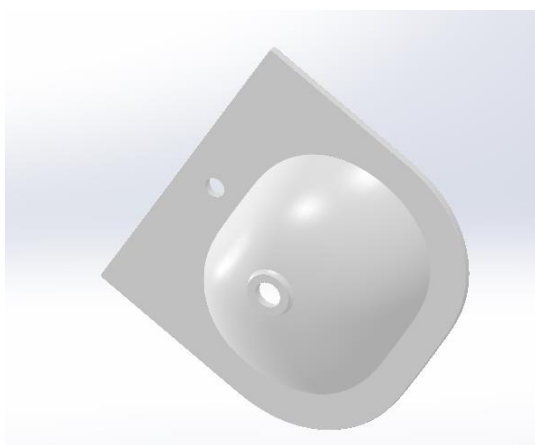


Слика 27. Коришћење опције *Fillet*

Након тога се у новом *sketch*-у црта скица отвора на горњем делу плоче. Затим се помоћу опције *Extruded cut* добија отвор дефинисан димензијама претходне скице. На слици је дат изометријски приказ умиваоника 800x522 mm.



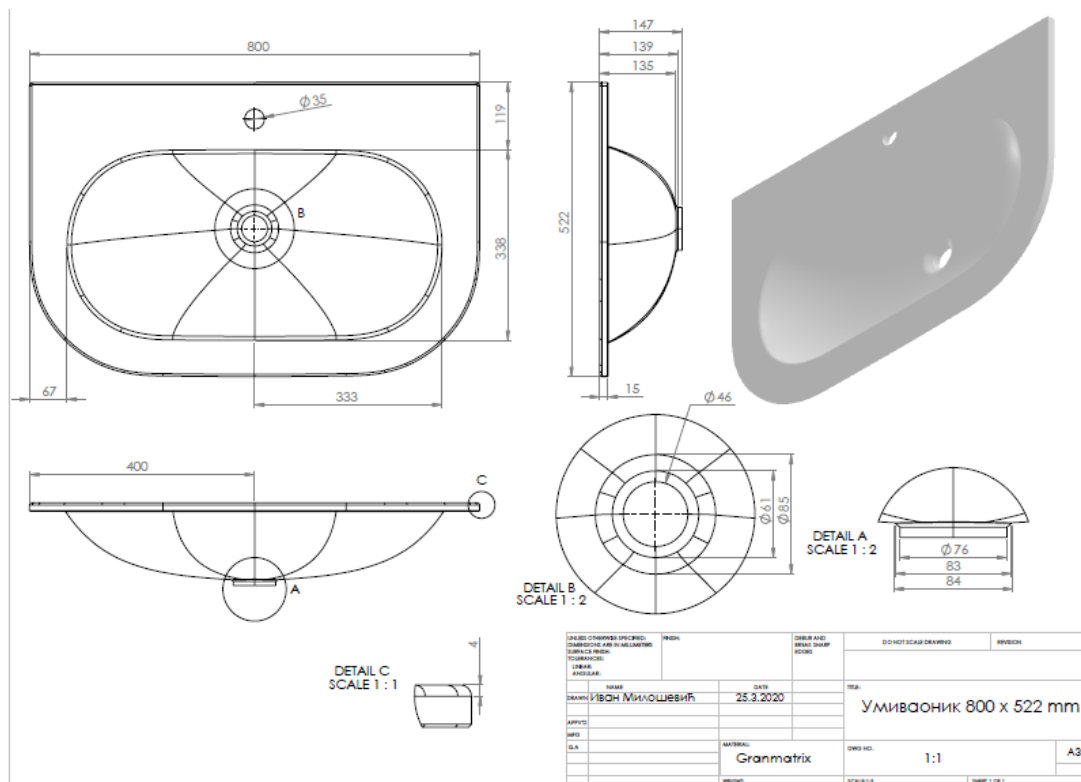
Слика 28. Изометријски приказ умиваоника



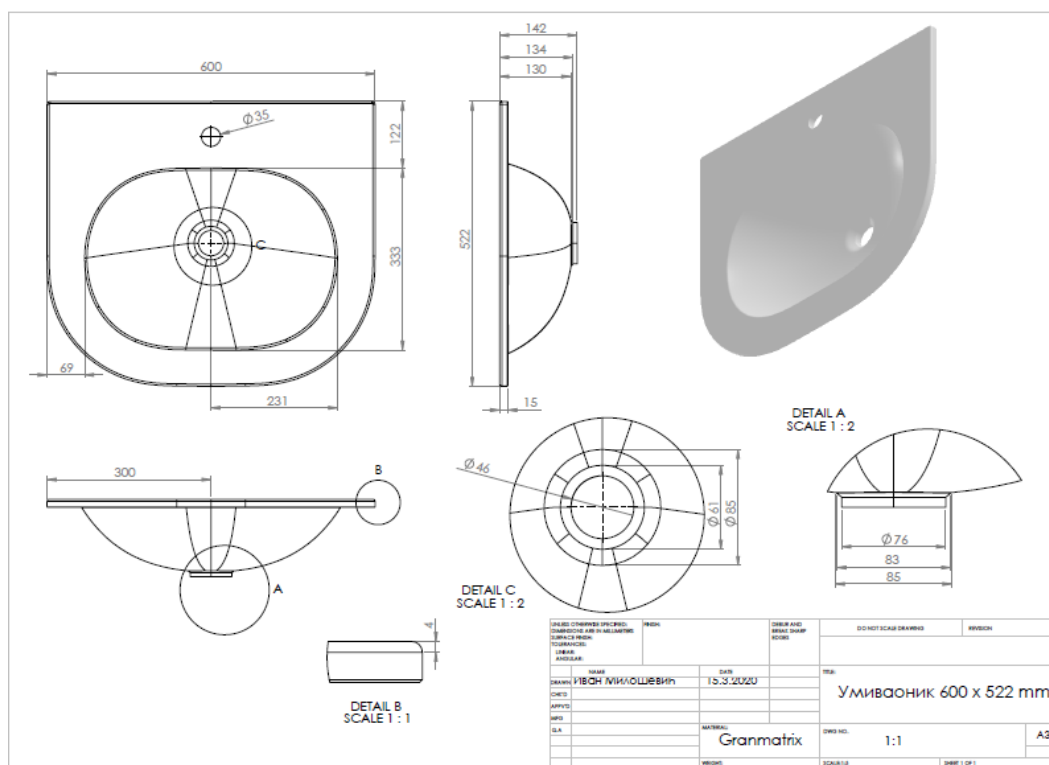
Слика 29. Приказ умиваоника са његове доње стране

Технологија и развој умиваоника у компанији Металац а.д.

После завршеног моделирања умиваоника приступа се изради техничке документације.



Слика 30. Техничка документација умиваоника 800 x 522 mm



Слика 31. Техничка документација умиваоника 600 x 522 mm

Приликом израде модела у *SolidWorks* и техничке документације, треба обратити у овом случају пажњу на делове који су дефинисани стандардом. Стандарди који се користе приликом пројектовања су:

- *SRPS EN31:2015* - умиваоници-мере за повезивање и
- *SRPS EN14688:2015* - санитарна опрема-умиваоници-функционални захтеви и методе испитивања.

Ливење је веома сложан поступак израде у овом случају делова од полимерних композита чији је облик компликован или се не могу другачије израдити. Обзиром на високе трошкове израде калупа и читавог поступка уопште ливење је погодно само када су у питању велике серије и масовна производња. Конструкција одливака треба да буде таква да омогући слободно пуњење шупљина калупа течним композитом, што значи да се мора водити рачуна о довољним дотичним пресецима и равномерној расподели материјала у калупу. У случају танких зидова постоји опасност од хлађења композита још у току поступка ливења чиме се спречава даље испуњавање калупа. Нагле промене правца и брзине кретања истопљеног композита у калупу су такође неповољне и треба их избегавати. Најчешћа грешка код одливака је стварање шупљина у унутрашњости и прскотина на површини услед смањења површине приликом хлађења. Очвршћавање се врши по слојевима, и то тако да се најпре хладе тањи спољашњи слојеви. Идући ка унутрашњости хлађење је теже, а очвршћавање све спорије. Главна маса се хлади споро и има велико скупљање. Као последица овог процеса појављују се шупљине које смањују активни пресек одливка у односу на пројектовани а тиме и његову чврстоћу. Услед скупљања у материјалу се појављују заостали напони и деформације, а они се могу јавити ако материјал садржи мањак нпр. смола. Они могу бити велики да изазову ломљење одливака у току хлађења или касније у току рада [30].



Слика 32. Приказ алата за ливење

При пројектовању одливака по принципу истовременог стврдњавања материјала морамо се придржавати неких основних принципа:

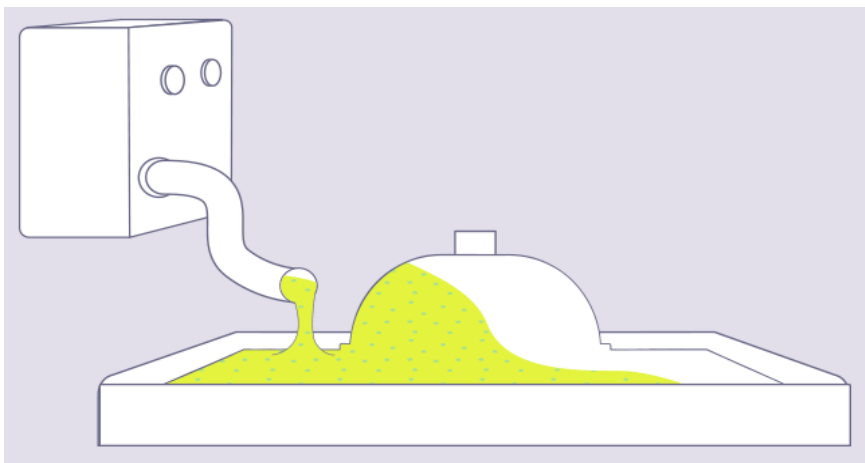
- треба тежити да зидови одливка буду приближно исте дебљине,
- елементима који се спорије хладе (унутрашњи зидови) треба по правилу дати смањење пресека,
- прелази између зидова различитих дебљина треба да буду постепени,
- зидови одливака не смеју имати оштре прелазе,
- места на којима се нагомилава материјал треба избегавати и
- облик одливка треба да омогући слободно пуњење калупа материјалом.

Развој технологије ливења иде у том правцу да се смањи дебљина зидова одливака и да се она приближи условима које диктирају потребна чврстоћа и крутост. Разлика у дебљинама зидова код једног одливка треба да буде што мања а уколико је неопходна прелази треба да буду што мањи, али без непотребног нагомилавања материјала. Ово је нарочито битно код делова који су изложени дужем дејству топлоте после ливења, јер тако могу се јавити порозност материјала на површини материјала што онда доводи до накнадне обраде полирањем [30].

5.3. Поступак ливења умиваоника

Постоји много поступака производње делова од полимерних композитних материјала, као што су ручни поступак ламинирања, поступак гњечењем, пултрудирање (40 % – 70 % ојачавача), поступак намотавања филамената (*FW- eng. Filament Winding*), вакумско обликовање ламината, инјекционо – посредно пресовање смоле тродимензионалним ојачаним предобликовањем (*RTM-eng. Resin Transfer Moulding*), центрифугално ливење, директно пресовање, ливење под вакумом (*VIP-eng. Vacuum Infusion Process*) [21].

Поступци се разликују по квалитету готовог производа, цени израде, времену трајања и сложености. Врло је битно одабрати оптимални производни поступак пре почетка производње, како би се добио производ жељених карактеристика и цене. За производњу умиваоника од полимерних композита се најчешће користе: ливење под вакумом (*VIP- eng. Vacuum Infusion Process*). Поступак ливења под вакумом (слика 33) се сматра најоптималнијим поступком за израду квалитетних умиваоника, конкурентних на светском тржишту [21].



Слика 33. Приказ ливења у калупе под вакуумом [21]

Поступак израде делова вакумским ливењем се може поделити у више фаза: израда калупа, израда модела и постпроцесирање. У процесу ливења прво је потребно направити калуп за модел који се лије. Поступак самог ливења се састоји из три корака: загревања калупа, припреме материјала и ливење. Ливење се врши уливањем масе у калупе на машини за ливење (слика 34).



Слика 34. Приказ машине *Auto caster* за ливење

Једноставни калупи састоје се из два дела, а сложенији могу имати и више делова. При спајању калупа треба водити рачуна о заптивености споја како не би дошло до истицања масе. Упоредо са загревањем калупа може се припремити и материјал. Он се углавном добија мешањем две компоненте (А и Б), где је једна компонента основни материјал, а друга представља катализатор. *Auto caster* има своју управљачку јединицу (слика 35) на којој се подешава брзина мешања, јачина вакуума, температура, количина мешавине, проценат одређеног материјала у мешавини, итд.



Слика 35. Управљачка јединица Auto caster машине

Поступак је следећи, маса за ливење се добија мешањем ојачавача, у овом случају АТН (алуминијум трихидроксид), смоле (полиестерском акрилно модификованом смолом) и убрзивачем под вакуумом. Потребно је израчунати количину компоненти потребну за израду дела, што се добија множењем масе дела и специфичне густине мешавине уз урачунавање губитака у уливном систему. Након припреме, компоненте се сипају у спремишта машине која аутоматски формира мешавину. На крају, машина улива материјал у уливни систем, а вакуум омогућава да се калуп (слика 35) у потпуности попуни. Изливена маса добија геласту структуру, а након тога отврдњава.



Слика 36. Приказ уливања материјала у калуп

Затим следи постпроцесирање. Када одливак достигне максималну температуру скида са калупа и пече на повишеној температуре (слика 40).



Слика 37. *Вађење дела из калупа*

При вађењу дела (слика 37) из калупа мора се водити рачуна о одливку, као и о калупу, да не би дошло до оштећења. Затим је потребно уклонити вишак материјала (слика 38) са дела.



Слика 38. *Чишћење дела након вађења из калупа*

Након тога се умиваоници стављају на посебно израђене дрвене носаче (слика 39) који се налазе на покретној дизалици која се креће по шинама и служи само за кретање од места где се калуп отвара па до пећнице.



Слика 39. Преношење умиваоника до пећнице



Слика 40. Стављање умиваоника у пећницу

Granmatrix плоче се након печења калибришу (слика 41), а затим пакују. Изливане плоче, судопере, умиваоници који се користе за фабриковање се секу и спајају односно лепе лепком који је у боји елемената који се спајају. Залепљени и обрађени елементи се затим полирају до површинске храповости по жељи купца.



Слика 41. Сендер за калибрисање плоча и површинску дораду

5.4. Поступак обраде умиваоника на CNC глодалици

У оквиру глобалне конкуренције како на домаћем тржишту тако и на светском тржишту савремена производња је изложена све интензивнијим притисцима за сталним повећањем квалитета, смањењем времена израде производа, смањењем цене, као и флексибилним променама производног програма у циљу задовољења променљивих и све сложенијих захтева купаца. Повећање конкурентности и обезбеђење потребног нивоа квалитета производње, као једног од врхунских захтева, директно је повезано са увођењем нових технологија. Свака CNC машина чита програм, написан у „G-коду“, који креира инжењер или оператер машине. Персонални компјутери се користе за дизајн делова, као и писање програма, односно кода. Програми се могу писати и уносити ручним куцањем G-кода путем тастатуре или коришћењем одређених CAM (*Computer Aided Manufacturing*) софтвера. Савремене CNC машине имају мање више исте делове као и старе NC машине, где је битна разлика додаток контролне (CNC) јединице и коришћење серво мотора за сваку појединачну осу машине. CNC контролна јединица машине рачуна координате и контролише серво моторе који померају у одређеним осама алат или радни предмет. CNC контролни систем је у ствари процес производње машинских делова на машинама код којих рачунар управља кретањем радних органа машине. Систем управља шравцем, смером, величином и брзином померања. Затим се помоћу неког одговарајућег CNC програма модел који се жели израдити преводи у машински језик разумљив који је разумљив машини. Тај код генерише координате сваке тачке преко које алат треба да пређе, тако да по завршеном кретању алата добијамо жељени 3D облик предмета који смо претходно креирали у неком одговарајућем програму [31].

Предности *CNC* машина јесу [31]:

- краће време израде делова,
- висока тачност обраде,
- могућност израде делова сложене конфигурације,
- скраћено време подешавања машине,
- смањење шкарта,
- потпуна флексибилност и
- смањење потребе за висококвалификованом радном снагом (оператерима).

Недостаци *CNC* машина јесу [31]:

- висока цена набавне опреме, односно високи иницијални трошкови улагања,
- сложено одређивање и
- комплексне припреме.

5.4.1. Анализа процеса обраде

Обрада глодањем је поступак обраде равних површина, жљебова, профилисаних контура, површина специјалног и сложеног облика. Глодање представља поступак обраде са одвајањем честица (резањем) обрадних површина произвољних облика. Глодање се претежно изводи на одређеним машинама алаткама, углавном на глодалима (класичним и *CNC*), као и на вертикалним и хоризонталним обрадним центрима. Главно кретање је обртно кретање алата дефинисано брзином резања V , m/min . Помоћно кретање је праволинијско кретање предмета обраде и/или алата и одређено је брзином помоћног кретања ($V_p = n \cdot S$, mm/min - аксијалним померањем у јединици времена), а може бити дефинисано кораком по зубу (S_1 , mm/z - аксијалним померањем за један зуб алата) и кораком (S , mm/o - аксијалним померањем за један обрт алата). Код главног кретања оса окретања задржава свој положај према алату без обзира на утицај смера помичног кретања односно његове брзине. Процес обраде глодањем можемо поделити на више критеријума и то [31] :

1. Према квалитету обрађене површине:

- грубо,
- завршно и
- фино глодање.

2. Према кинематици поступка глодања, односно према смеру међусобних кретања алата и предмета обраде:

- истосмерно и

- супротносмерно.

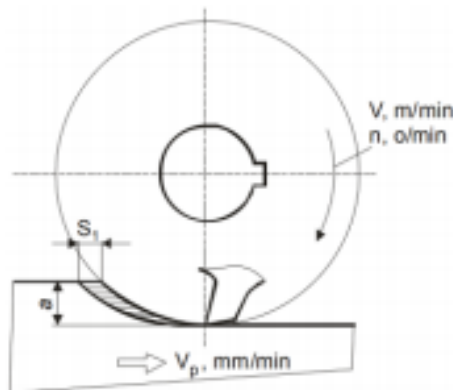
3. Према положају резних ивица на глодалу (резних елемената алата:

- ободно и
- чеоно.

Обимно глодање може бити [31]:

- праволинијско и
- кружно.

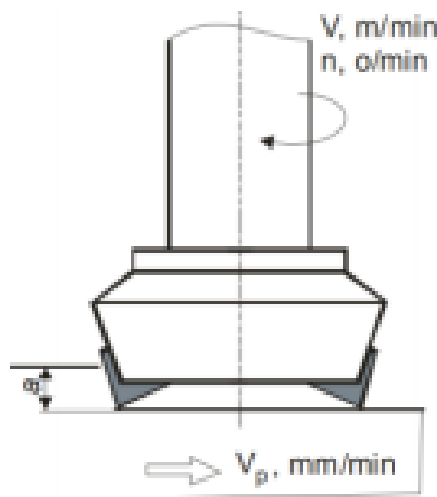
Код обимног глодања (слика 42) скидање честица обавља се обимном површином цилиндра глодала које изводи главно обртно кретање, док је корак праволинијски.



Слика 42. Поступак обимног глодања [31]

Код обимног кружног глодања скидање честица се обавља ободом глодала које изводи главно кретање, док је посмак кружни. Зависно од изгледа алата и постављања предмета који се обрађује, кружно кретање може бити спољашње, унутрашње или обилазно [32].

При чеоном глодању (слика 43) скидање честица материјала предмета обраде се изводи зубима који су смештени на челу глодала или на глави алата и може бити симетрично и несиметрично.



Слика 43. Поступак чеоног глодања [31]

Код симетричног чеоног глодања алат обрађује целом ширином, што значи да је пролаз алата једнак његовом пречнику. Несиметрично глодање има траг алата мањи од пречника глодала, а служи најчешће за поравнање ивица, жлебова, профила и слично, па је у том случају на алату глодала само једна резна оштрица [32].

5.4.2. Алати у обради глодањем

Алати у обради глодањем - глодала припадају групи вишесечних алата најчешће цилиндричног облика са резним елементима распоређеним по обиму и/или чеоној површини. Алати за глодање имају дефинисану геометрију резног дела са више главних оштрих ивица које се налазе на зубима глодала. Резне оштрице периодично улазе у захват са предметом обраде и излазе из њега тако да им је динамичко оптерећење једно од основних обележја. Што је већи број разних оштрица на глодалу, оптерећење на сваку појединачну оштрицу се смањује што осигурава мирнији рад глодала [33]. Да би било могуће скидати материјал са предмета обраде глодалом, тј. његовим резним оштрицама, јасно је да такав алат мора бити направљен од материјала знатно веће тврдоће од обрађиваног материјала. За ту намену се најчешће користе брзорезни челици, тврди метали. Цело тело глодала се најчешће израђује од брзорезног челика. Сваки алат у поступку обраде глодањем мора испунити два основна задатка:

1. у јединици времена одвојити што већу количину одређеног слоја материјала са предмета обраде и
2. уз минималне трошкове и уз одређен квалитет површине осигурати геометрију облика и потребне димензије.

Алати за глодање могу бити направљени од једног комада, односно глодала могу бити једноделна (интегрална) из пуног материјала, али такође могу бити и вишеделна и то са: уметнутим зубима, лемљеним плочицама од тврдог метала, као и са механички причвршћеним плочицама алатних материјала. Постоје различити облици глодала, првенствено због широке употребе самог глодала, па се тако глодала разликују према [33]:

а) Начину израде:

- глодала са глоданим зубима,
- глодала са брушеним и струганим зубима и
- глодала, односно главе са уметнутим зубима.

б) Облику зуба:

- са равним зубима,
- са зубима у спирали.

с) Према начину постављања на машину:

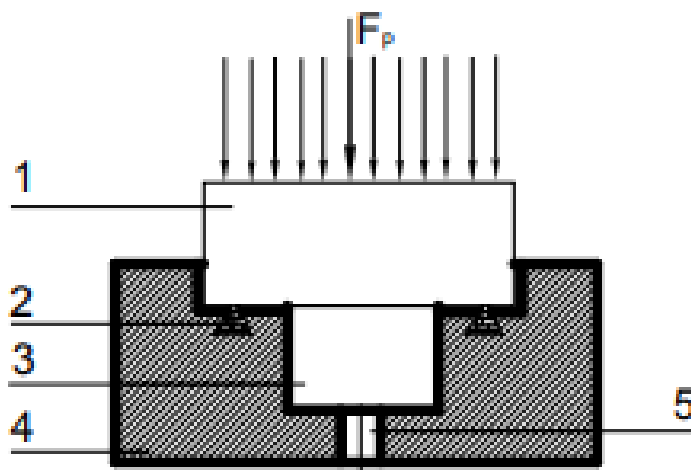
- усадна са коничном или цилиндричном дршком и
- отвором - насадна глодала.

д) Према врсти и облику тела:

- глодало ваљкастог облика,
- катураста глодала,
- профилна глодала,
- модулна глодала,
- конична глодала.

5.4.3. Начин стезања предмета обраде

Вакуумско коло за стезање користи (слика 44) атмосферски притисак за генерисање силе стезања. Атмосферски притисак делује на предмет обраде тако што је ослоњен на основну базну површину. Вакуум уређаји се користе за фину обраду делова израђених од полимерних материјала углавном који могу бити деформисани класичним механизмима за стезање. На слици дата је шема вакуум уређаја. Комора 3. је изолована од атмосфере. Кроз канал 5. исисава се ваздух вакуум пумпом. При отварању вакуума атмосферски притисак равномерно притискује предмет обраде на базну површину. При отпуштању и скидању предмета обраде простор 3. се спаја са атмосфером [34].



Слика 44. Шематски приказ уређаја за вакуумско стезање [34]

У зависности од врсте радног стола CNC машине вакуми се за сто могу причврстити вакуумом (слика 45), или стезним приборима – Т-завртњевима, наврткама, шапама за везивање и тд.

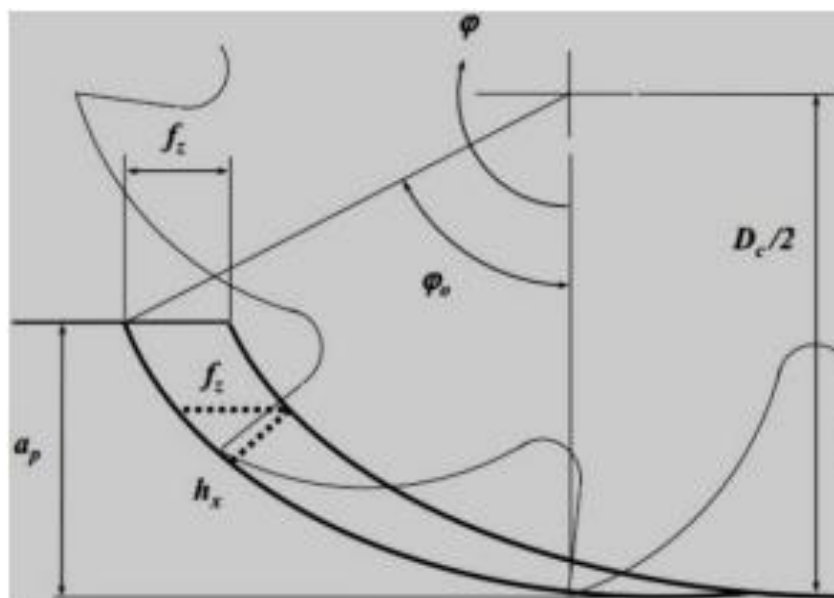


Слика 45. Стезање предмета обраде вакуумским стопама

5.4.4. Параметри обраде

Основни геометријски параметри (слика 46) обраде глодањем, поред дубине резања a , и ширине глодања b , су још и: угао контакта ψ , угао захвата ϕ , ширина b и дебљина резног слоја - струготине h , тренутна средња и максимална. Параметри обраде код глодања јесу брзина резања, дубина резања и посмак. Одређују се у односу на алат и материјал предмета обраде, затим постојаност оштрице алата, квалитету површине која је обрађена и окретања машине (број и снага обртаја). Код фине обраде користе се веће брзине, док је код грубе обраде глодањем обрнута ситуација. Угао контакта ψ је централни угао који одговара луку додира алата и предмета обраде, док угао захвата ϕ дефинише тренутни положај зуба глодала у захвату. Брзина резања означава пут који главна оштрица алата пређе у односу на обрађивану површину у одређеној јединици времена. Брзина резања јесте она брзина којом оштрица алата одваја честице са

предмета обраде. При обради одвајањем честица увек се поставља питање производности квалитета обраде и тачности мера. Ове услови диктирају и одређују критеријуме за правилан избор брзине резања. Најважнији критеријуми који одређују брзину резања су: материјал предмета обраде, материјал оштрице алата, пресек одвојене честице, квалитет обрађене површине предмета обраде, хлађење и подмазивање и сл. Посмак означава величину пута, у смеру посмичног кретања, алата односно његове главне оштрице. Другим речима, посмак јесте она величина за коју се нож помакне уздуж осе предмета обраде у смеру резања док истовремено предмет обраде, заједно са радним вретеном направи посмак супротно или у смеру резања кад алат направи један окретај. Мери се у mm/obr. Величина посмака искључиво зависи од врсте обраде и квалитету обрађене површине. За грубу обраду посмак је већи, док је за фину посмак доста мањи [32]. Дужина која треба глодалу да се помакне за време одређеног обртаја назива се вредност посмака. Храпавост површине, силе на зубима и пресек одвојених честица повећавају се са порастом посмака. Посмаци су повезани међусобно одређеним релацијама. Дубина резања се дефинише као величина слоја одвојеног од материјала, одређеног размака између површина. Дубина резања представља ону вредност за коју се алат помакне у предмет обраде. Мери се у милиметрима. Дубина резања зависи од снаге погона машине, крутости машине, врсте материјала предмета обраде, као и од квалитета обрађене површине. Основни задатак јесте одвојити што је могуће већу количину честица, али уз прихватљиву тачност и квалитет површине предмета обраде који се обрађује, што се углавном остварује помоћу вишеструких пролаза [33].



Слика 46. Параметри обраде глодањем [33]

где су:

- f - посмак глодала, mm
- f_z - посмак по зубу, mm
- a_p - дубина обраде, mm
- h - дебљина резања, mm
- b - ширина резања, mm

Дебљина резања представља удаљеност између узастопног положаја одређених површина путем једног окретаја или једног пролаза алата или предмета обраде. Ширина резања представља удаљеност између површине која се обрађује и површине која је обрађена. Основне операције у обради глодањем су обрада [33]:

- равних површина,
- криволинијских контура,
- површина специјалног облика и
- површина сложеног облика.

Обрада равних површина јесте обрада хоризонталних, вертикалних или нагнутих површина, затим израда канала и жлебова на равним и цилиндричним површинама. Производне операције обраде глодањем се врло често разврставају и према врсти и облику глодала које се користи при обради глодањем, и то према:

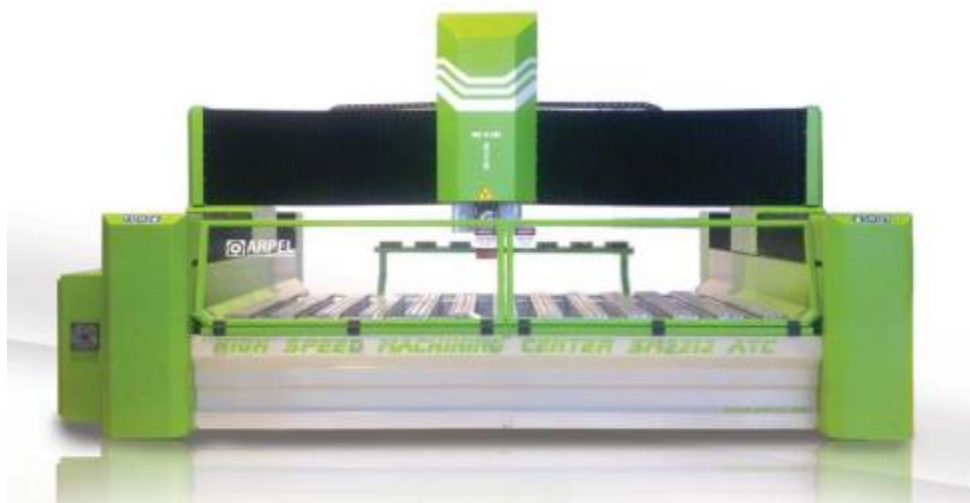
- ваљкастим глодалима,
- чеоним глодалима,
- котурастим глодалима итд.

5.4.5. CNC машина за обраду глодањем

CNC рутер представља компјутерски нумеричко контролисану машину алатку за сечење. Уместо ручне контроле кретања алата, помоћу CNC система се обезбеђује прецизно компјутерски кретање алата машине алатке. Овим машинама (слика 47) се могу сећи тврди материјали (метали), али и разни други материјали, као што су, на пример, дрво, композити, алуминијум и пластичне масе. Већина CNC рутера се састоје из неколико посебних делова: CNC системски контролер, један или више вретена, серво мотор, корачни мотор, серво појачала, АС регулатори, линеарна вођења и др. Поред тога CNC рутери могу имати и вакуум пумпе са решетком радне плоче за држање делова које је потребно исећи [35]. CNC рутер се састоји од конструкцијског дела и од управљачког дела. Рад је базиран на приступу са електротехничке стране, али и са гледишта повезивања елемената који чине једну функционалну целину.

Структуру *CNC* рутера [35]:

1. *CNC* контролер, односно нумерички управљана јединица - *NUJ*,
2. Погонски систем - *PS*,
3. Управљачки систем - *US*,
4. Мерни систем - *MS*,
5. Радни сто,
6. Кретање и вретена и
7. Држачи алата



Слика 47. Приказ *CNC* машине за обраду глодањем [36]

Управљачки програми уносе се у нумеричком облику у нумерички управљану јединицу - *NUJ*. Управљачка јединица тако припремљене информације обрађује и према степену приоритета саопштава извршним органима машине. На тај начин се остварује управљање процесом обраде ради остварења потребне конфигурације предмета обраде. Погонски систем - *PS* треба да реализује наредбе добијене од *NUJ*. Он врши покретање радних органа рутера, брзинама и помацама датим управљачким програмом, води их по задатим путањама и доводи у задате положаје. Управљани систем - *US* чини рутер. Она треба да оствари програмом задате наредбе. На њу се постављају алати и припремак који, вршењем релативних кретања, формирају контуру издатка. Тачно вођење и довођење радних органа у задате положаје значајно је за тачност облика и величина предмета обраде. Ту улогу преузима мерни систем - *MS* који даје сигнал о положају, позицији или стању радног органа рутера [37].

CNC контролер чини мозак *CNC* рутера. Термин контролер се обично не односи само на компјутер већ и на све електронске и електричне уређаје који омогућавају рад *CNC* машине алатке. Постоје две врсте контролера доступних на машинама данас: гарнитутни контролери отворене архитектуре и персонални компјутер (*PC*). Савремени микропроцесори поседују велике брзине тако да је данас рачунаром омогућено више сложена израчунавања кретања алата у реалном времену и простору, што даље доводи до равномернијих машина, боље распоређених делова, правилних покрета алата, као и

доста већих брзина обраде радних предмета [35]. *CNC* рутер поседује више контролних јединица, где је свака јединица задужена за један одређени део управљања машином. Код *CNC* рутера *NCK* (Numerical Control Kernel) је задужен за извршавање „*G-кода*“. Контрола брзине и позиције серво мотора извршава се преко енкодера за позицију или тахометра за брзину, који су уграђени на блоку серво мотора. *MMC* (Man-Machine Controller) контролер је задужен за *MMI* (Man-Machine Interface) приказ и управљање машине. Његова улога јесте да приближи и олакша управљање и контролисање машине оператеру. Такође је овај контролер задужен за приказ стања (дијагностика) и параметара машине, приказивање и измене програма, сервис и остале могућности које произвођач машине омогућује. *PLC* (Programmable Logic Controller) је задужен за помоћно управљање *CNC* рутером. Он извршава помоћне функције које су предодређене од стране произвођача. Улога програмског логичког контролера јесте детектовање аларма, на пример сигурносних врата (врата су отворена, предмет обраде се налазу у подручју ротирајућих маса и сл.), где такође остале јединице обавештава о извршењу задатих радњи. *CNC* рутер јесте машина која ради на принципу повратне везе што значи да након извршења реда програма тражи повратну информацију да ли се та радња извршила. Уколико не добије повртну информацију онда машина не извршава следећи код него избаци грешку [37].

Нумеричка управљачка јединица - *NUJ* јесте посебна целина обрадног система и има три основна задатака:

1. пријем,
2. обраду и
3. издавање података.

Оспособљена је да прими податке у виду готовог програма, информације од машинског система, као и друге инструкције. Програм се може саопштити навише преко посебног њеног дела за пријем података, а то се може учинити [37]:

- ручно помоћу тастатуре,
- помоћу бушене траке (ако постоји читач траке (углавном старији тип машина)),
- помоћу дискете (ако постоји дискетна јединица), *USB* флеш меморије или меморијске картице и
- директно каблом, везаним директно за неки рачунар.

Управљачкој јединици се задаје програм у симболичном језику који она потом преводи на „свој“ машински језик. Програм се декодира и обрађује. Машински језик је у виду инструкција, односно импулса који се прослеђују извршним органима - погонским системима, као и другим органима машине. Осим да прима инструкције, управљачка јединица приказује оператеру машине информације о тренутном положају алата, броју обртаја, евентуалној грешци у програму, отказу у неком подсистему итд. *NUJ* је окренута оператеру командном таблом и разним прикључцима за периферну

опрему. Другим делом, *NUJ* је окренута машини алатки делом за прилагођавање и укључивање осних кретања и делом за напајање енергијом [37].

5.4.6. Погонски систем

Мотори који се могу користити код *CNC* машина алатки могу бити електрични и хидраулични мотори. Најчешће се код ових машина примењују електрични мотори. Електрични мотори који се употребљавају код *CNC* рутера јесу: синхрони и асинхрони мотори, истосмерни серво мотори, моментни мотори, линеарни мотори, синхрони сегментни мотори, планарни корачни мотори

5.4.7. Главно кретање

Погонски систем представљају уређаји који обезбеђују кретање *CNC* рутера [35]. Постоје три различита система за погон *CNC* рутера која су највише у употреби [35]:

- Корачни мотори,
- *DC* серво мотори (једносмерни серво мотори) и
- *AC* серво регулатори (наизменични серво регулатори).

5.4.8. Помоћно кретање

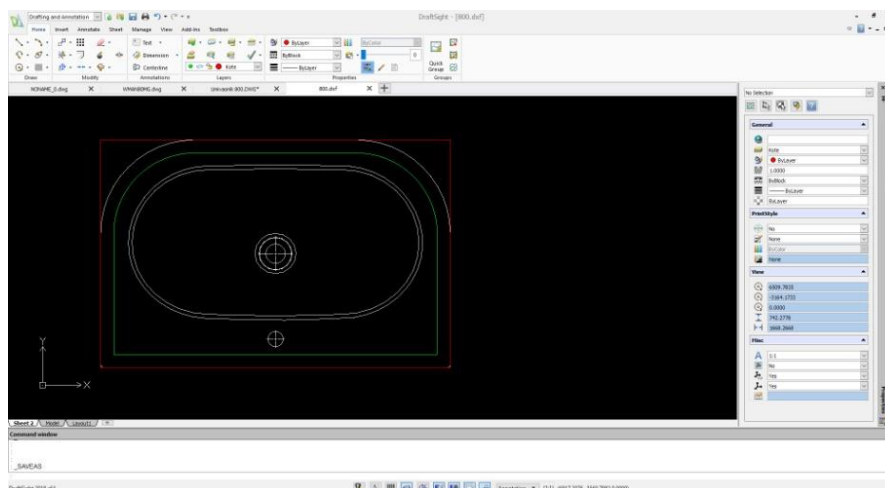
Код *CNC* рутера се могу примењивати следећи погони за помоћно кретање [33]:

- хидраулични *CNC* погони,
- системи за серво моторима и
- системи за линеарним моторима.

5.4.9. Програмирање *CNC* глодалице *SteinMaster*

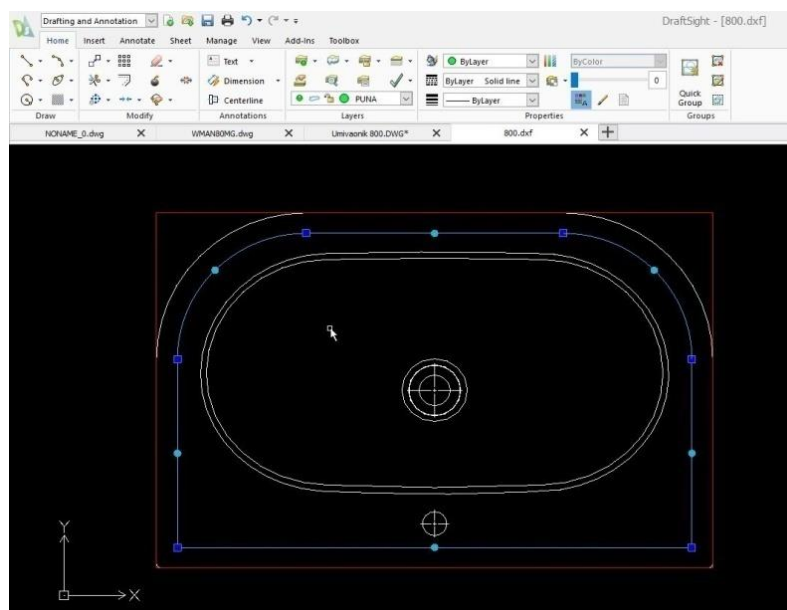
Програмирање *CNC* машине за обраду глодањем састоји се из више различитих операција односно корака. За обраду умиваоника на *CNC* глодалици је потребно направити програм по коме ће се вршити обрада. У овом случају се обрађује руб умиваоника. Процес програмирања је следећи:

1. Потребно је припремити цртеж за програм - нацртати контуре умиваоника или увести цртеж из *SolidWorks* у *DraftSight* (слика 48).



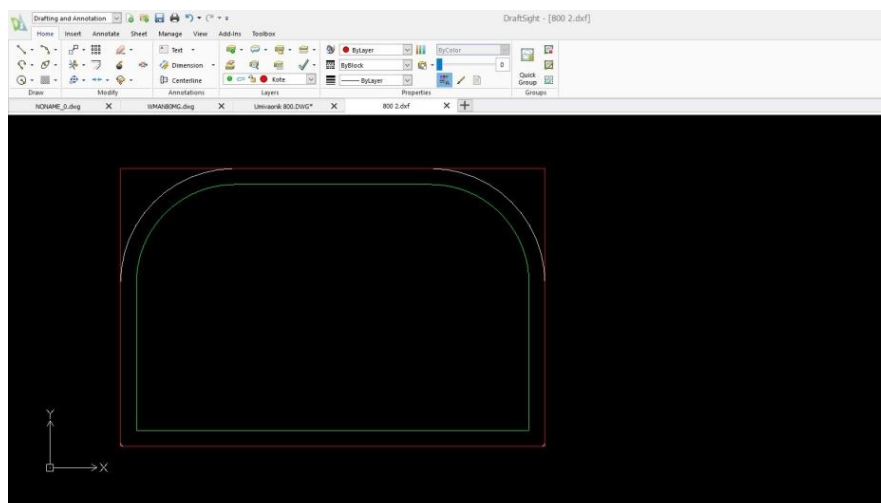
Слика 48. Припрема цртежа за програм

2. Одредити Layer-е за контуру која се обрађује (слика 49).



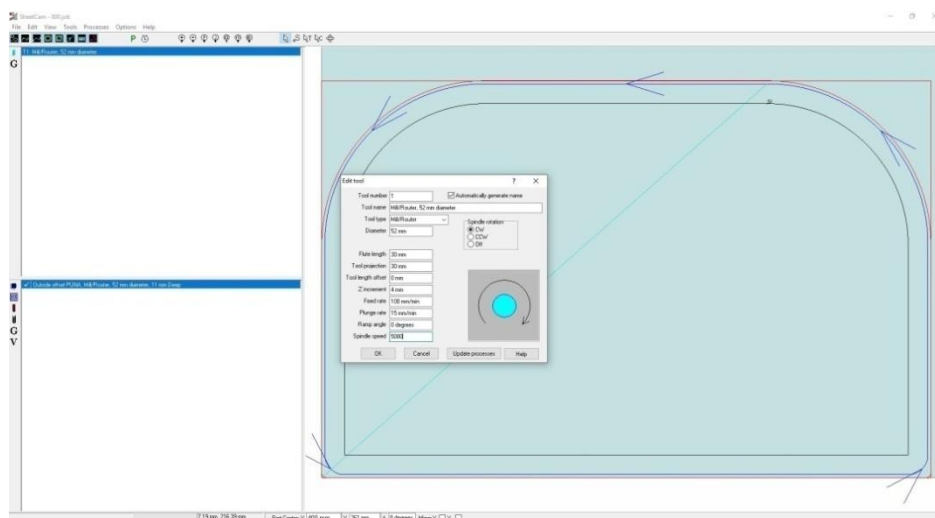
Слика 49. Layer за обраду пуна линија

Layer за обраду у овом случају је пуна зелена линија. Layer-ом црвене коте дефинишу нулту тачку (слика 50).



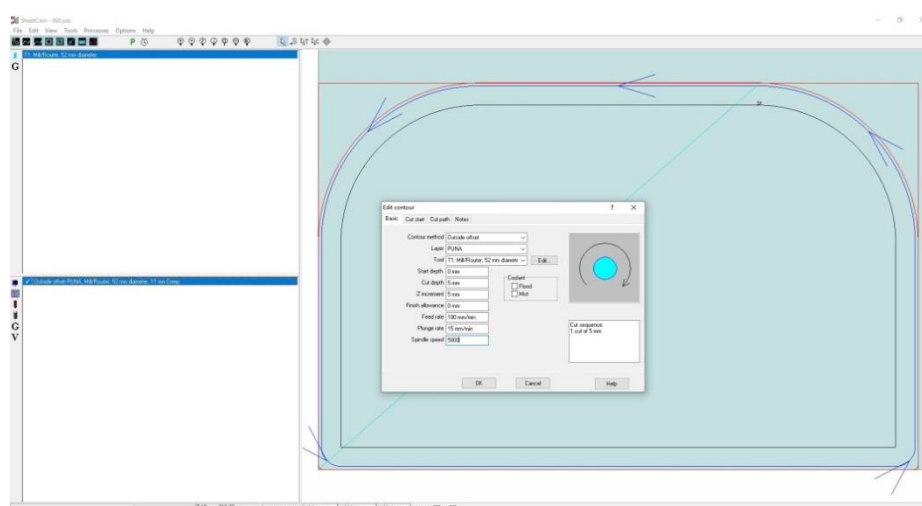
Слика 50. Layer за обраду пуна линија

3. Припремљен цртеж се чува у *.dxf* формат.
4. У програму *SheetCam* се увози претходно нацртан цртеж и у њему се подешавају параметри обраде.
5. Подешавање димензија алата, броја обртаја алата и брзине кретања алата (слика 51).



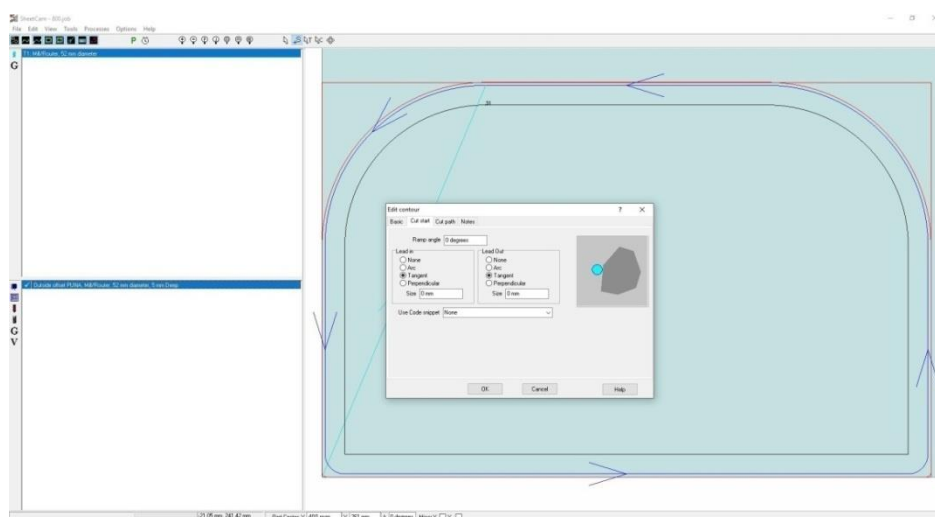
Слика 51. Подешавање параметара

6. Подешавање начина обраде - образује се контура са спољашње стране, дубина обраде 5 mm (слика 52).



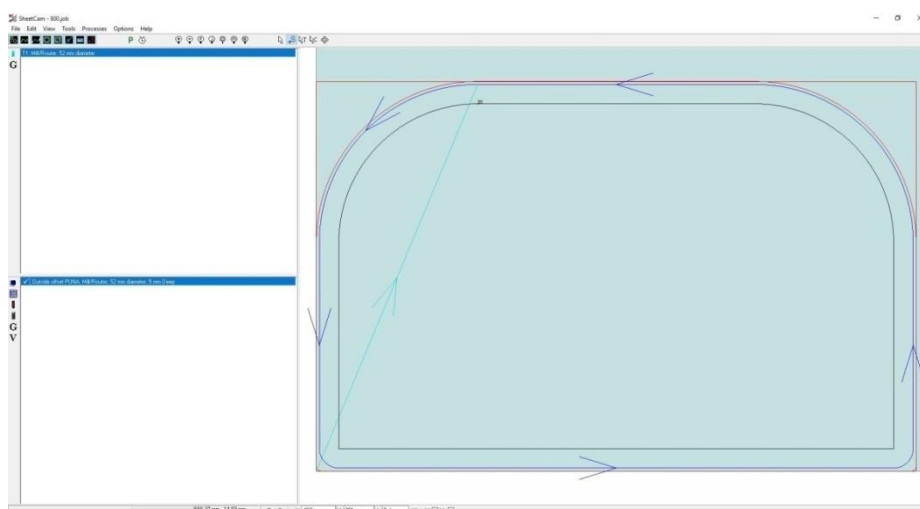
Слика 52. Обрада контуре са спољашње стране

Такође се могу подешавати параметри кретања алата у почетној и крајњој тачки. У овом случају зуб глодала тангентно напада линију обраде (слика 53).



Слика 53. Подешавање кретања алата

Слика 53. и 54. приказују почетну тачку обраде и смер кретања алата при обраде.



Слика 54. Одређивање почетне тачке обраде

Потом се програм сачува у одговарајућу екстензију и пошаље на управљачку јединицу CNC глодалице.

5.5. План контроле квалитета

Да би компанија могла опстати на тржишту и остварити свој циљ она се мора прилагођавати променама у окружењу мењајући начин размишљања. Развој друштва, његових потреба и производње наметнуо је значајнији приступ управљању у области квалитета. Управљање квалитетом посвећује пажњу првенствено контроли квалитета израде производа, дизајну, паковању и свим другим елементима значајним за пласман производа.

Савремено тржиште намеће предузећима нову филозофију пословања. Све шири захтеви купаца и јака конкуренција упућују предузећа да врше непрестано побољшавање квалитета својих производа и услуга. Компанија Металац има за циљ производњу производа који ће да задовоље захтеве купаца уз што мању цену како би били конкурентни. Неминовно је да се кроз пословање обезбеди стабилан и одржив процес производње који нема удара и омогућава да све његове фазе буду усклађене са захтевима купаца. Укратко речено неопходно је обезбедити процес који нема варијабилност. То је могуће постићи кроз добро организовану контролу квалитета. Како би достигли те циљеве менаџмент предузећа првенствено мора познавати могућности предузећа, познавати процес производње и рашчланити га на што једноставније процесе како би се лакше обликовао систем за контролу квалитета. Да би контрола квалитета била што ефикаснија најчешће се употребљава различити алати и технике [38]. У овом случају (слика 55) се проверава обрађени руб умиваоника на CNC глодалици тачније висина руба умиваоника дуж целог обода након обраде.



Слика 55. Приказ контроле помоћу кљунастог помичног мерила

У одељењу за чишћење се предвиђају међуфазна контрола (после појединих поступака предвиђених технолошким процесом) и финална контрола за пријем квалитетних умиваоника. Контрола умиваоника у сектору за контролу обухвата следеће поступке:

- визуелни преглед,
- контролу димензија,
- механичка испитивања,
- хемијске анализе,
- контролу чистоће површине.

Приликом праћења производње, а у циљу одвијања стабилности процеса, компанија непрекидно врши контролу над процесима и прави пут ка управљању процесима. На тај начин менаџмент може отклонити узроке и неправилности на време, односно у ранијој фази и на тај начин утицати на смањење трошкова насталих услед грешака. Циљ предузећа је да има стабилне процесе који немају варијације, односно процеси који су способни да задовољавају услове из спецификација [38].

Кораци обликовања система за контролу квалитета

Систем обликовања контроле квалитета се може поделити у четири корака [38]:

- одређивање критичних тачака сваког процеса, које је неопходно контролисати,
- одлучивање о врсти мерења које треба користити у свакој тачки контроле,
- доношење одлуке о обиму контроле и
- одлучивање о томе ко би требао обављати контролу.

Први корак обликовања контроле квалитета је одређивање критичних тачака сваког од процеса који су дефинисани за контролу. Да би се исправно дефинисале критичне тачке неопходно је претходно извршити тестирања и прегледе:

- улазних сировина или купљених услуга које треба да су у сагласности са спецификацијама,
- производње у току, коју проводе извршиоци-оператери. Неопходно је одредити кључне тачке које треба контролисати (слика 56) тако да се евентуалне грешке одмах,
- сигнализирају и отклоне док је још могуће, а да нема значајног шкарта, испитивање готових производа, где се контролишу производи пре слања у складиште, односно испоруке купцу.

Други корак у обликовању система контроле квалитета је одлучивање о врстама мерења које треба применити у свакој тачки контроле. Мерење може бити базирано на варијабилним карактеристикама – димензије делова, време чекања, итд; затим рачунањем броја јединица са грешком, број грешака по јединици. Приликом одлучивања о врстама мерења неопходно је извршити дефинисање мерне опреме која ће се користити. Која ће се опрема користити обично зависи од врсте мерења која ће се обављати. Поред тога неопходно је дефинисати контролне границе што се обично налази у техничко-технолошкој документацији [38].



Слика 56. Провера дебљине материјала помоћу кљунастог помичног мерила

Технологија и развој умиваоника у компанији Металац а.д.

Трећи корак обликовања система контроле квалитета је доношење одлуке о обиму у којем ће се користити контрола односно која метода ће се користити. Тако се користи:

- стопостотна контрола којом су обухваћени сви производи/услуге,
- метода случајног узорка којом се контролишу само узорци одабрани случајним одабиром, обично код контрола којима се узорак уништи,
- контрола првог комада која се користи код израде делова алатима па је довољно само прва контрола,

Приликом контроле мора се водити рачуна и о специфичним случајевима као што су:

- контрола алата,
- контрола мерних инструмената када се производња аутоматски контролише мерним инструментима и
- контрола технологије која се непрестано контролише [38].

Поред мерних инструмената за процес контроле у овом случају провере површине се користе лампе (слика 57).



Слика 57. Контрола површине умиваоника помоћу лампе

Помоћу ње се проверава да ли има неких неправилности на површини, а које су се појавиле након ливења, а које се нису уклониле процесом полирања нпр. тачкице тј порозност материјала која може настати услед појаве ваздуха током ливења или током процеса ливења где материјал није у потпуности испунио калупну шупљину или је дошло до случајне промене улазних параметара. Затим помоћу лењира или угломера проверава се равност површина и управност јер може се десити услед неправилног руковања до извијања умиваоника. У том случају се приступа испитивању проблема. Након детаљне контроле умиваоника на поменути начин, приступа се чишћењу, а затим паковању умиваоника.

Начин постизања квалитета се најбоље може сагледати кроз контролу квалитета за чију употребу посебну пажњу треба посветити обликовању система за контролу квалитета. Циљ контроле квалитета, па тиме и обликовања система контроле процеса је управљање процесима. На овај начин менаџмент управља процесима у овом случају

контролом и повратним информацијама, који су резултат контроле, превентивно делују на процесе у будућем периоду како би били стабилни. Стабилан процес, поред редовне производње омогућава менаџменту могућност бољег сагледавања могућности и унапређења, што представља предуслов за успешно пословање [38].

5.6. План паковања

Сврха паковања је да обезбеди интегритет робе у процесу размене и у логистичким процесима, посебно у процесима транспорта, складиштења и претовара. Паковање у великој мери утиче на логистичке трошкове који су директно повезани са величином и густином јединице паковања. Такође, сервис корисника зависи од нивоа заштите робе који се обезбеђује паковањем. Основне функције паковања [39]:

- Садржајност се односи на способност паковања да чува садржину. Ова функција мора да одговори карактеристикама производа, економичности и мора да одговори проблему заштите од губитка садржаја.
- Комуникациона подразумева могућност да паковање буде носилац информација, ознака и да својим обликом бојом, симболима и сл. говори о производу, тј. да обезбеди комуникацију са различитим учесницима у дистрибутивном каналу.
- Корисност се односи на интеракцију корисника и паковања лако отварање, могућност поновног затварања, прилагођеност руковању.
- Очување производа што се односи на одржавање жељених карактеристика производа, хемијске и бактериолошке исправности.
- Презентација која означава способност паковања да промовише производ и повећа заинтересованост корисника, при чему ова функција у све већој мери добија на значају [39].

Производи се пакују у унапред дефинисана паковања. Пакују се у кутије са стиропором или улошком од картона који спречава оштећење производа приликом транспорта. Поред наведеног за паковања се користе фолије, *EPE* кесе као заштита горње површине производа. Додатни елементи за паковање су: лепљива трака, стреч фолија, попипропиленске траке (за паковање на палету) и сл.

Коректно и комплетно обележавање паковања помаже спречавању неправилног руковања, незгода, неправилне испоруке, губитака на тежини и јачини и царинских казни. Обележавање мора бити јасно и прецизно. Боја ознака мора бити јасно истакнута у односу на боју пакета, то је обично црна боја. Алтернативно, знакови се могу налазити на лепљивим етикетама. Где год је могуће треба употребљавати црне симболе на белој позадини. И када је обележавање постигнуто директним наношењем на пакет и када се користе лепљиве етикете мора се водити рачуна да се обезбеди јасно и трајно обележавање. Адекватно обележавање је неопходна компонента сваког пакета. Ако је поступак обележавања неадекватан, људи који учествују у транспорту, руковању или складиштењу не одговарају за штету нанету терету у поступцима складиштења терета или манипулисања теретом.

Комплетно обележавање мора се састојати из следећих делова [39]:

1. Транспортна ознака:

- идентификациони знак (као што су на пример иницијали имена компаније примаоца или пошиљаоца),
- идентификациони број (као што је на пример број наруџбенице),
- укупан број јединица у целокупној пошиљци (на пример, палета),
- број пакета у пошиљци (на пример 5/12 или 5-12) и
- место испоруке.

2. Информациона ознака:

- земља порекла (изјава о земљи порекла је често обавезна; у неким случајевима када ова информација није пожељна, и ако се обе стране сложе – може бити изостављена),
- ознака тежине пакета и
- димензија пакета (према стандарду – у сантиметрима).

3. Упутство о руковању:

- да ли је пакет осетљив на влагу и топлоту,
- да ли је ломљив,
- где треба да се налази врх терета,
- где му је тежиште и
- где га треба ухватити претоварним средством.

Симболи о упутству за руковање пакетима подлежу међународном стандарду *ISO R/780* и одговарајућем националном. Неки примери симбола упутства за руковање су дати у табели 5.

Табела 12. *Симболи и упутсва за руковање пакетима [39]*

Значење	Симбол	Објашњење
Ломљиво, пажљиво руковати		-Поставља се на лако ломљиву робу. -Указује на потребу за пажљивим руковањем како не би дошло до превртања.
Горе		-Транспорт, руковање и складиштење јединице паковања мора увек бити реализовано тако да стрелице буду усмерене на горе. -Мора се избећи руковање које подразумева ваљање, удар или котрљање.

Процес паковања почиње тако што се умиваоник након детаљне контроле и чишћења ставља у кутију са додатним елементима за уградњу као што су црева за одвод воде, сифон. Прво се умиваоник ставља у картонску кутију у коју се такође ставља стиропор ради фиксирања и заштите умиваоника током даље манипулације транспорта (слике 58 и 59) [39].



Слика 58. *Постављање ознаке на умиваоник*



Слика 59. *Приказ постављања умиваоника у кутију*

Технологија и развој умиваоника у компанији Металац а.д.

Затим се кутија затвара и лепи самолепљивом траком, а на кутију се поставља информациона ознака (етикете) са основним подацима који су наведене на почетку тачке (слика 60).



Слика 60. Приказ паковања умиваоника у кутију

На кутију се поставља информациона ознака (етикете) са основним подацима који су наведене на почетку тачке (слика 61).



Слика 61. Постављање етикете на кутију

Пошто је кутија спремна, она се одлаже на палету на коју стаје одређен број кутија, дефинисан према инструкцијам а за паковање која се даље преноси помоћу виљушкара до магацина (слика 62).



Слика 62. Приказ складиштења производа у магацин

Палета представља равну подлогу или покретну платформу на коју се може сместити роба. Основни циљ палете је да убрза кретање роба као резултат брже и ефикасније манипулације, коришћењем виљушкарa или сличне опреме. Палете се користе у транспорту, али такође и у складиштењу, монтажи и осталим логистичким процесим. Коришћење палета започиње након што роба произведе и постави на палетну јединицу, а завршава на одредишту где се палета расформира. Током реализације осталих фаза логистичког процеса (складиштење, претовар) роба остаје на палети. Манипулативна, складишна и транспорта јединица све време је палета – не појединачно паковање. Отуда, чињеница да се у типичним логистичким процесима роба манипулише више пута (понекад више од 10 пута) јесте и основни рационализациони потенцијал. Палетни систем, као техничко-технолошки систем почива на два главна постаментa [39]:

- виљушкар и
- палета.

Поред тога, палетни систем захтева и друге помоћне системе информациони, за консолидацију робе, повратну логистику. Такође, палетни систем захтева комплексне управљачке одлуке и операције као што су репозиционирање празних палета, поправку и рециклажу палета и сл. У основи, ефекти палетизације резултују у бржем и економичнијем руковању робом, што пак има позитиван утицај не само на претоварне и манипулативне операције већ и на транспортни процес у целини. Уз то, сама роба боље је заштићена.

Иако је присутан велики број различитих врста палета могуће је издвојити преферентне, оне које имају главну улогу у реализацији логистичких процеса. У Европи најпопуларнија је Еуро палета 800x1200 mm, препозната и од стране EPAL. Индустијски стандард у Европи је палета 1000x1200 mm, коју препоручује ISO, а у примени је и полу-палета 600x800 mm [31].

Технологије за заштиту палетизоване робе су прошле кроз различите развојне фазе до концепција, првенствено базираних на развоју нових материјала – фолијама од PVC-а и полиетилена. У овом случају се користе термоскупљајуће фолије (слика 63) која се обмотава око робе која се налази на палети [39].



Слика 63. Паковање производа на палету

5.7. Верификација нулте серије

Када тим за развој потврди прототип тј. верификује у производњу се пушта нулта серија. Под потврдом прототипа се подразумева да производ одговара намени и да су извршена сва испитивања која одговарају стандарду и техничкој документацији и када је утврђено да се не јављају не предвиђени проблеми приликом производње. Нулта серија подразумева израду 30 - 50 комада умиваоника у зависности од модела производа. При изради нулте серије се могу уочити недостаци који се морају уклонити пре пуштања у серијску производњу. Уколико је процес неометан и прати прописану технологију нулта серија се верификује од стране тима за развој и доноси се одлука о увођењу производа у серијску производњу.

6. Експериментална испитивања и резултати

Поред технологије и развоја, у раду је извршено експериментално испитивање плочица од *Granmatrix* материјала на храпавост након обраде на CNC глодалици различитим врстама глодала. За потребе испитивања плочице су изливене од две врсте материјала:

- *Granmatrix 1* - полиестерски акрилно модификован композитни материјал са додатком алуминијум – трихидроксида као пуниоца, са белим пигментом и овај материјал у себи садржи 40% смоле и 2% пигмента. Измерена тврдоћа материјала је 44 *barcola* (слика 64)
- *Granmatrix 2* - полиестерски акрилно модификован композитни материјал са додатком алуминијум – трихидроксида као пуниоца, са белим пигментом и овај материјал у себи садржи 35% смоле и 4% пигмента. Измерена тврдоћа материјала је 43,5 *barcola* (слика 65)

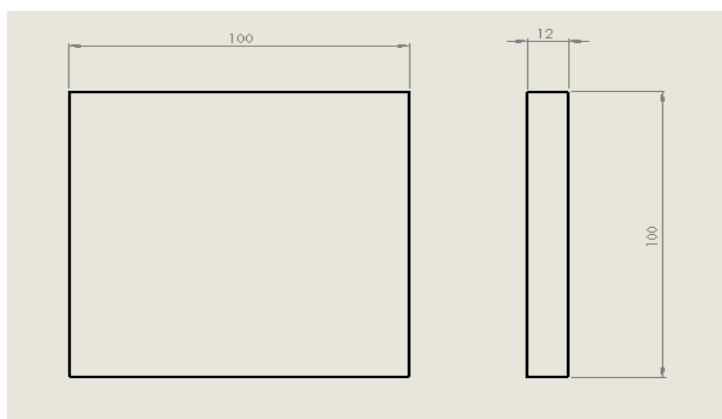
Плочице за испитивање су калибрисане на 12 mm дебљине и сечене на 100x100 mm (слика 66).



Слика 64. Тврдоћа плочица од *Granmatrix 1* материјала



Слика 65. Тврдоћа плочица од *Granmatrix 2* материјала



Слика 66. Димензије плочица од *Granmatrix* материјала

Плоче за испитивање које су добијене процесом ливења на машине *Auto caster*. *Auto caster* меша улазне сировине и мешавину под вакумом. Вакум спречава појаву ваздушних мехурова у материјалу приликом мешања.

Код управљачке јединице *Auto caster-a* се подешава брзина мешања, јачина вакуума, температура, количина мешавине, проценат улазне сировине (смола, АТН, пигмент...) у мешавини. Када се улазни параметри подесе и када се достигне жељена температуру материјал се меша одређено време након чега се излива у калуп (слика 67). Калуп се поставља испод уливне цеви где се материјал улива из машине у калуп. Након што се попуни калуп, маса је потребно да мирује 40 минута да би се материјал везао и очврснуо. Када одливак постигне максималну температуру, скида се са калупа и пече на повишеној температури у пећи.



Слика 67. Приказ истицања смеше из машине

Плоче од *Granmatrix* 1 и 2 материјала су калибрисане на 12 mm. Плочице су обрађиване на CNC глодалици за обраду камена. Експеримент је рађен на CNC глодалици *SteinMaster* (слика 68). Основна функција разматраног техничког система је механичка обрада делова различитих облика, већих димензија и тежина. У процесу обраде припремак се трансформише у израдак према техничко - технолошким захтевима уз коришћење помоћних процеса који се реализују извршењем одговарајућих блокова NC програма.



Слика 68. Приказ CNC глодалици *SteinMaster*

Ове машине израђене су од масивних челичних елемената, са високим степеном антикорозивне заштите. Предвиђене су за тешку обраду. Изузетно робусна конструкција омогућава прихват обрадних комада и до 2.000 kg. Овакав тип конструкције елиминише увијање и деформацију покретних сегмената приликом обраде. Садржи висока ефикасност и потпуно аутоматизован рад. Неке од карактеристика CNC глодалице су приказане у табели 13:

Табела 13. Карактеристике *SteinMaster* глодалице

Макс. ход алата по x оси	3000 mm
Макс. ход алата по y оси	2000 mm
Макс. ход алата по z оси	350 mm
Тачност позиционирања	0,05 mm
Погон x осе	Куглично вретено
Погон y и z осе	Куглично вретено
Тип управљања	Серво мотор

У овом истраживању су коришћена четири различита глодала. Глодала која су коришћена за обраду плочица од *Granmatrix* материјала су:

- Алат 1 - Глодало са превлаком од дијамантског праха (слика 69), пречника Ø 35 mm
- Алат 2 - Двопери глодало (слика 70) са залемљеним плочицама од тврдог метала пречника Ø 52 mm
- Алат 3 - Глодало са изменљивим плочицама (слика 71) од тврдог метала пречника Ø 43 mm
- Алат 4 - Четворопери глодало са залемљеним плочицама (слика 72) од тврдог метала пречника Ø 51 mm



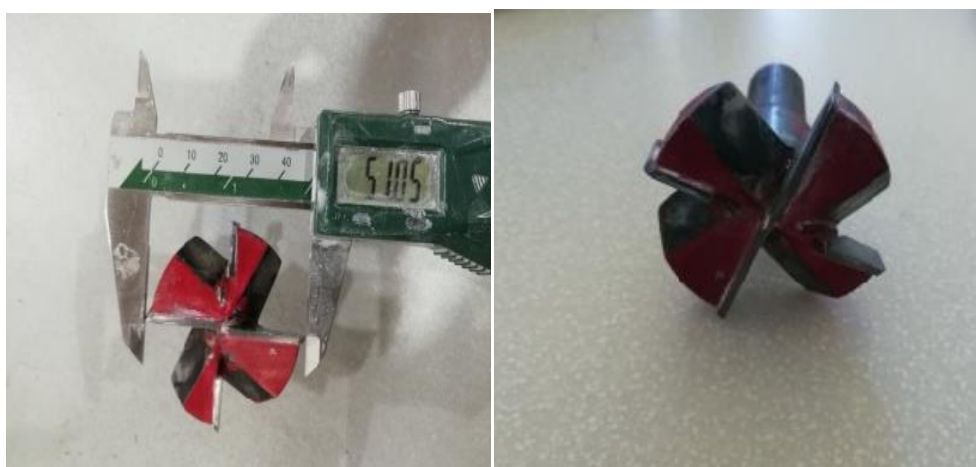
Слика 69. Приказ глодала са дијамантским прахом



Слика 70. Приказ глодала са заземљеним плочицама



Слика 71. Приказ глодала са изменљивим плочицама



Слика 72. Приказ четвороперо глодало са заземљеним плочицама

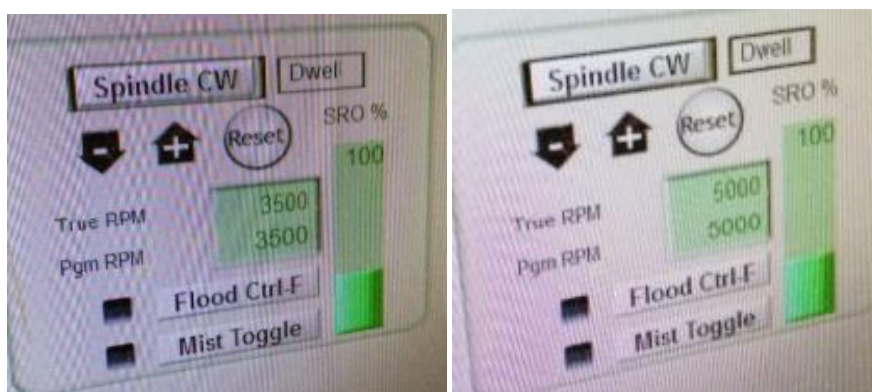
Технологија и развој умиваоника у компанији Металац а.д.

Брзина кретања глодала током обраде је 100 mm/min. На слици 73. је дат приказ управљачке јединице.



Слика 73. Приказ управљачке јединице CNC глодалице

Током процеса обраде (слика 74) су коришћена два режима броја обртаја алата, а то су: 3500 obr/min и 5000 obr/min.



Слика 74. Приказ режима обраде материјала

Дубина обраде код обе врсте материјала је 3 mm. Број пролаза за сваку плочицу који је изведен је три. На слици 6 је приказана обрада материјала са алатима.



а)



б)



в)



г)

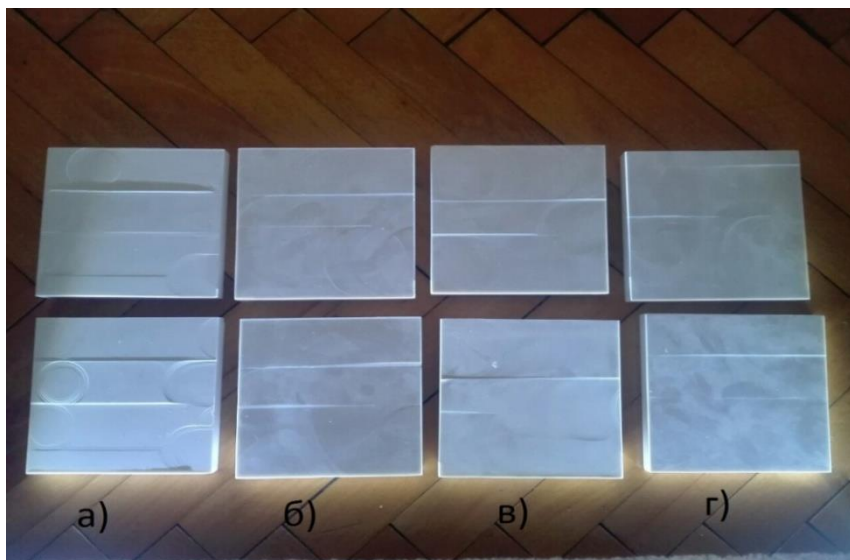
Слика 75. Приказ обраде Granmatrix материјала а)глодалом са дијамантском превлаком б)двоперим глодалом са залемљеним плочицама в)четворепним глодалом са залемљеним плочицама г)глодалом са изменљивим плочицама

Плоче након обраде глодањем су исечене на плочице димензија 100 mmx100 mm (слика 76 и 77). Једним глодалом се обрађују две плочице за један материјал, једна се обрађује при брзини обртаја алата од 3500 obr/min, док се друга обрађује од 5000

obr/min. На претходним сликама плочице (слика 75) у горњем реду су обрађиване при брзини од 3500 obr/min, док у доњем реду при брзини од 5000 obr/min.



Слика 76. Приказ плочица од материјала Granmatrix 1 након обраде и сечења; а) глодало са дијамантским прахом, б) двоперо глодало, в) глодало са изменљивим плочицама, г) четвороперо глодало



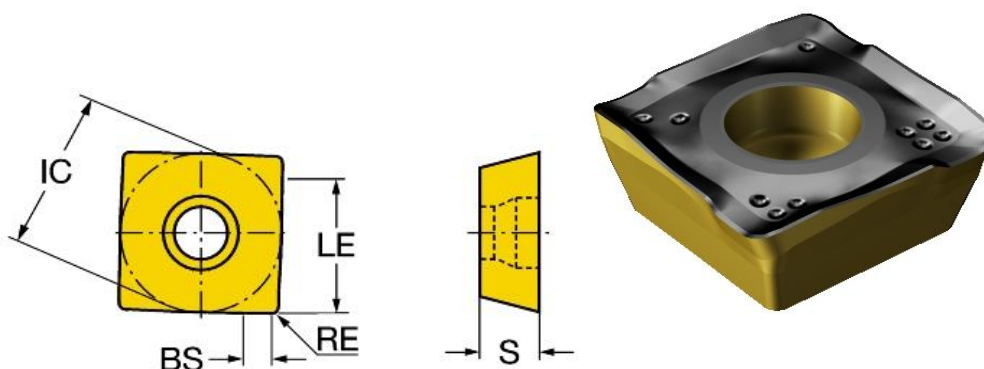
Слика 77. Приказ плочица од материјала Granmatrix 2 након обраде и сечења; а) глодало са дијамантским прахом, б) двоперо глодало, в) глодало са изменљивим плочицама, г) четвороперо глодало



Слика 78. Обрада плоча од Granmatrix-а

Током обраде, плоча је била из једног дела да би се смањио број стезања предмета обраде (слика 78) и због тачности током обраде. Стезање предмета обраде је вршено помоћу двокраке полуге. Део који је коришћен за постављање плоче и њено фиксирање је од дрвета. Оно је направљено тако да предмет обраде буде фиксиран у три тачке, а то је по x и y оси, а ослањање се врши по највећој површини. Тако смо свели грешке које могу настати током обраде на нулу. По x оси је предмет обраде фиксиран помоћу завртњева који је по завршеној обради тај део материјала одстрањен као вишак.

На следећим сликама су приказане основне димензије плочице која се поставља на глодало и њен 3D приказ. У питању је алат 3 односно глодало са заменљивим плочицама.



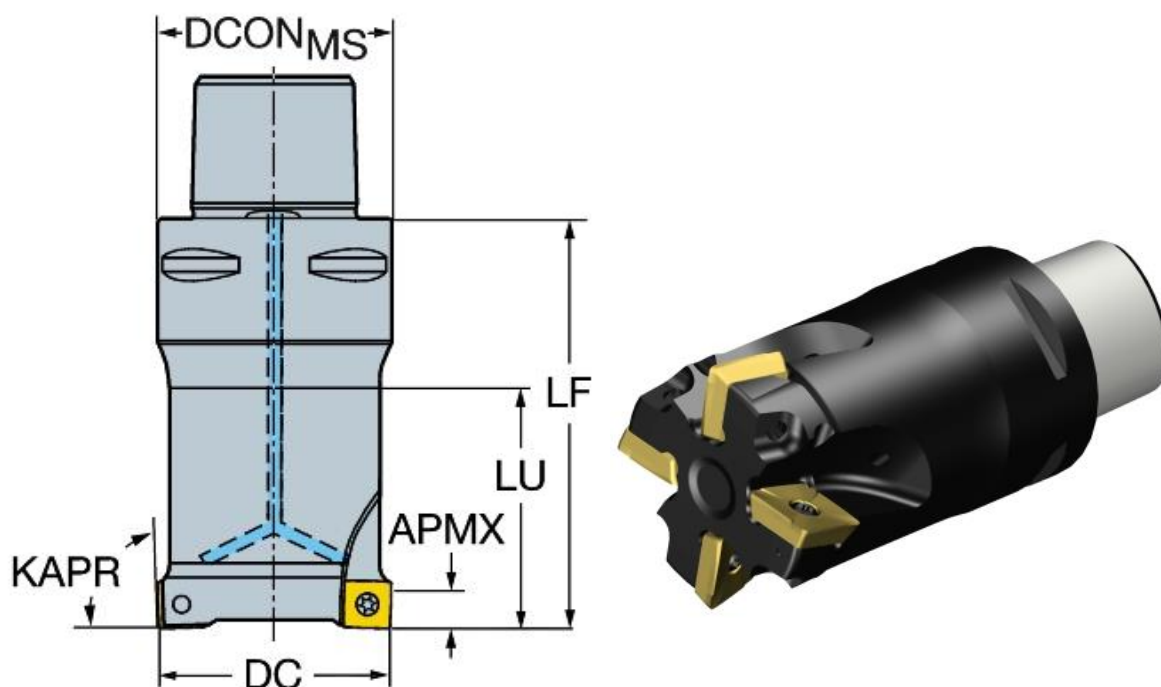
Слика 79. Приказ димензија плочице [40]

Основне димензије плочице као и основне карактеристике дате су у табели 14.

Табела 14. Основне карактеристике плочице [40]

Пречник круга IC	13,8 mm
Резна ефективна дужина LE	10,3 mm
Радијус угла RE	2 mm
Дебљина плочице S	3,9 mm
Максимална дубина реза $APMX$	10 mm
Дужина ивице резног дела BS	0,9 mm
Главни угао резне ивице $KRINS$	90 deg
Превлака	$CVD\ TiCN+Al_2O_3+TiN$
Тежина плочице	0,008 kg

На следећим сликама је приказано глодало (слика 80) са заменљивим плочицама.



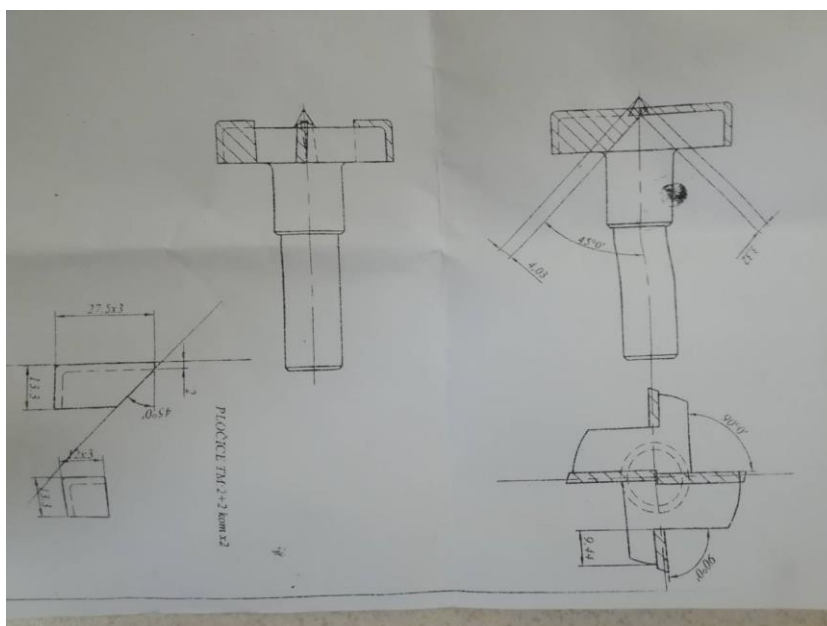
Слика 80. Приказ глодала са изменљивим плочицама [40]

Неке од карактеристика глодала са заменљивим плочицама су дате у табели 15.

Табела 15. Основне карактеристике глодала са заменљивим плочицама [40]

Пречник глодала <i>DC</i>	44 mm
Број плочица на глодалу <i>CICT</i>	4
Притисак расхладне течности <i>CP</i>	10 bar
Функционални пречник <i>DFC</i>	28 mm
Функционална дужина <i>LF</i>	70 mm
Обртни момент <i>TQ</i>	3 Nm
Максимална брзина ротације <i>RPMX</i>	24600 obr/min
Дубина реза максимална <i>APMXPFW</i>	10 mm
Стандардни број <i>STDNO1</i>	ISO26623-1
Дужина тела <i>LU</i>	50 mm
Материјал алата <i>BMC</i>	челик
Тежина алата	0,616 kg

На следећој слици су приказане скице и основне димензије (слика 81) двоперог и четвороперог глодала.



Слика 81. Цртеж двоперог и четвороперог глодала

Материјал којим су израђена глодала је видија. Видија је композитни материјал са волфрамовим карбидом као тврдом фазом и кобалтом као везним металом. Код четвороперог глодала угао нагиба зуба глодала је 45° .

Резултати експерименталног испитивања

У овом поглављу су описани добијени резултати испитивања површина на храпавост и приказане су фотографије резултата за сваку плочицу и дато је поређење два материјала и четири различита алата на квалитет добијене површине. Испитивање је вршено на уређају *Hommel Werke - Tester P1* (слика 81).



Слика 82. Уређај за мерење храпавости површина

Мерни систем служи за мерење карактеристика микрогеометрије контактних површина. Уређај је компјутеризован и има широк спектар могућности, као што су:

- мерење основних и допунских параметара храпавости и валовитости,
- статичка обрада резултата мерења параметара храпавости,
- приказивање резултата на екрану, њихово меморисање, штампање и цртање,
- просторно скенирање површине.

Коришћењем овог мерног система добијене су вредности параметара микрогеометрије површине обрађеног материјала. У табели 5 су приказани параметри топографије површина које су мерене.

Табела 16. Параметри топографије површине који се мере

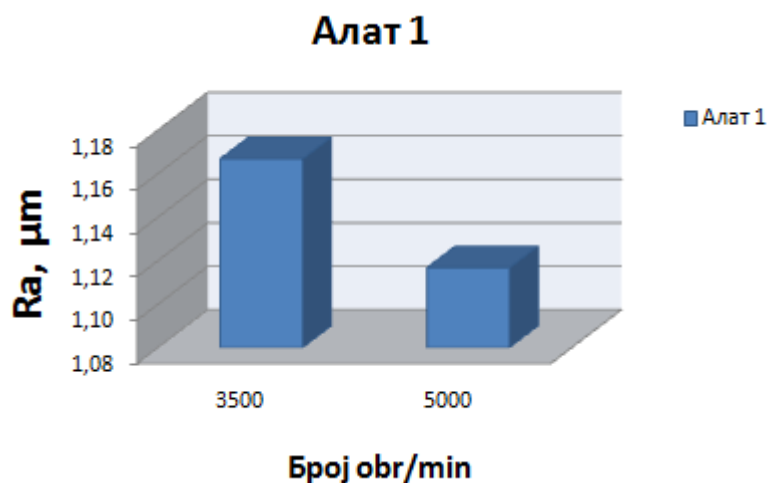
Rt1 - Rt5, [μm]	Максималне висине профила на референтним дужинама, на дужини оцењивања
Ra, [μm]	Средње аритметичко одступање профила на дужини оцењивања
Rq, [μm]	Средње квадратно одступање профила на дужини оцењивања
Ry, [μm]	Максимална висина профила, максимална Rti вредност
Rtm, [μm]	Средња Rti вредност
Rv, [μm]	Највећа дубина удубљења профила
Rp, μm	Највећа висина испупчења профила
Sm, μm	Средњи корак испупчења профила

За експеримент је коришћено 16 плочица од којих је 8 од материјала *granmatrix 1*, а других 8 од *granmatrix 2*. Резултати добијени за материјал *granmatrix 1* су наведени у табели 17.

Табела 17. Резултати мерења храпавости површина за плочице од *granmatrix 1*

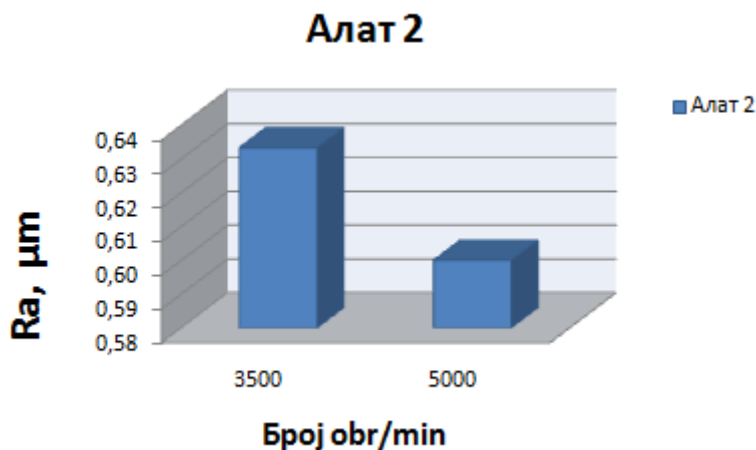
Granmatrix 1					
Број обртаја, [obr/min]		Храпавост површине, [μm]			
		Алат 1	Алат 2	Алат 3	Алат 4
3500	1.	1,1	0,55	1,5	0,8
	2.	1,1	0,55	1,6	0,95
	3.	1,3	0,8	1,4	0,8
	R _a	1,17	0,63	1,50	0,85
5000	1.	1,2	0,7	1	0,9
	2.	1,1	0,6	0,8	0,85
	3.	1,05	0,5	0,95	0,7
	R _a	1,12	0,60	0,92	0,82

У првом случају је дат детаљан приказ резултата за материјал *granmatrix 1* где су коришћена четири различита глодала и две брзине обртаја алата.



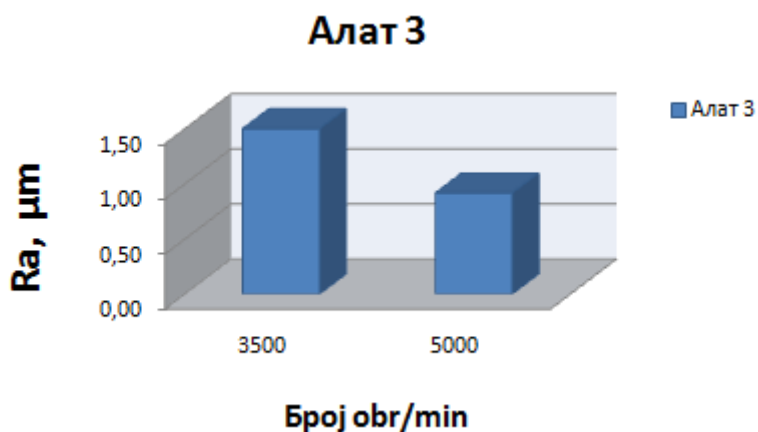
Слика 83. Приказ храпавости површина плочица након обраде глодалом са превлаком од дијамантског праха

На претходном дијаграму се види да Алат 1 тј. глодало са превлаком од дијамантског праха при брзини обртаја 3000 obr/min алата даје мање квалитетну површину него при брзини обртаја од 5000 обр/мин. Средње аритметичко одступање профила при брзини обртаја 3000 obr/min је 1,17 μm , док код 5000 obr/min је 1,12 μm што представља малу разлику кад се упореде брзине обртаја алата.



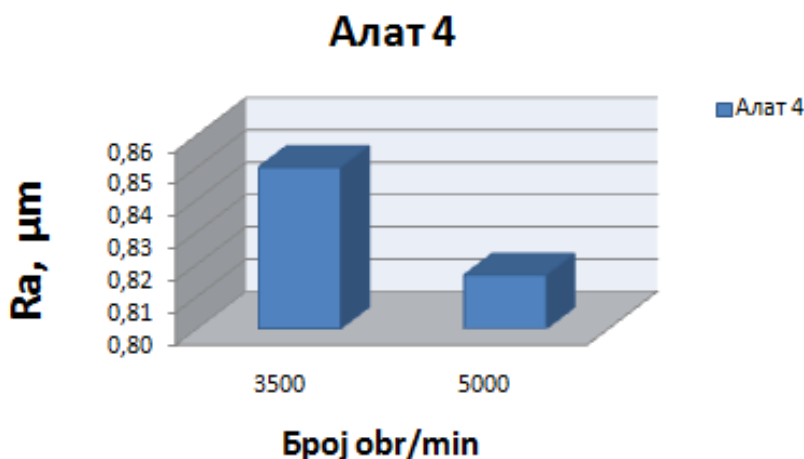
Слика 84. Приказ средње аритметичке вредности површина добијене помоћу двоперог глодала

Код Алата 2 тј. двоперог глодала са залемљеним плочицама при брзини обртаја од 3000 obr/min средње аритметичко одступање профила је 0,63 μm док је при 5000 obr/min 0,60 μm . На основу резултата се види да код ове врсте глодала су разлике храпавости површина јако мале.



Слика 85. Приказ резултата добијених након обраде глодалом са изменљивим плочицама при различитим брзинама обртаја алата

Код Алата 3 тј. глодала са изменљивим плочицама разлика је веома велика у добијеним површинама након обраде. При броју обртаја од 3500 obr/min средња аритметичка вредност је 1,50 μm док је при 5000 обр/мин вредност 0,50 μm .



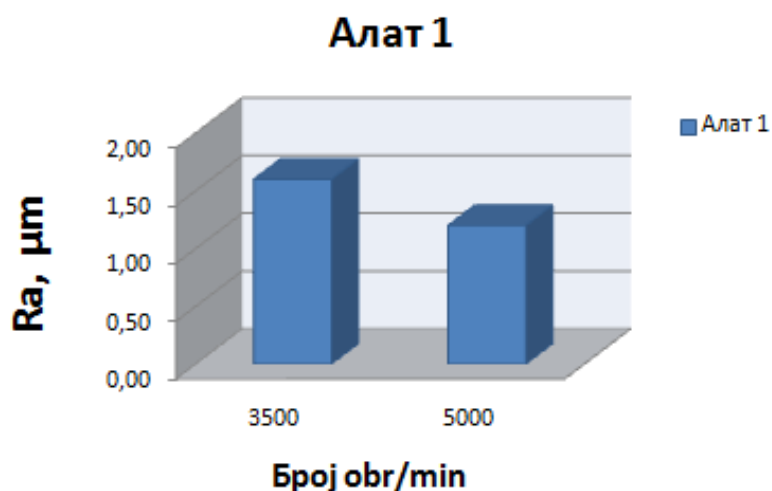
Слика 86. Приказ резултата добијених након обраде помоћу четворперог глодала са залемљеним плочицама

Алат 4 тј. четвороперо глодало са залемљеним плочицама при броју обртаја 3500 obr/min током обраде вредност средњег аритметичког одступања профила је од 0,85 μm , док је при 5000 obr/min оно износи 1.82 μm што је такође мала разлика као код двоперог глодала, с тим што су код њега добијене мање вредности средњег аритметичког одступања. Након упоређивања резултата код плочица од *granmatrix 1* материјала, следи приказ резултата за плочице од материјала *granmatrix 2* где су дате вредности за сва три пролаза на плочици за свако глодало.

Табела 18. Резултати мерења храпавости површина за плочице од *Granmatrix 2*

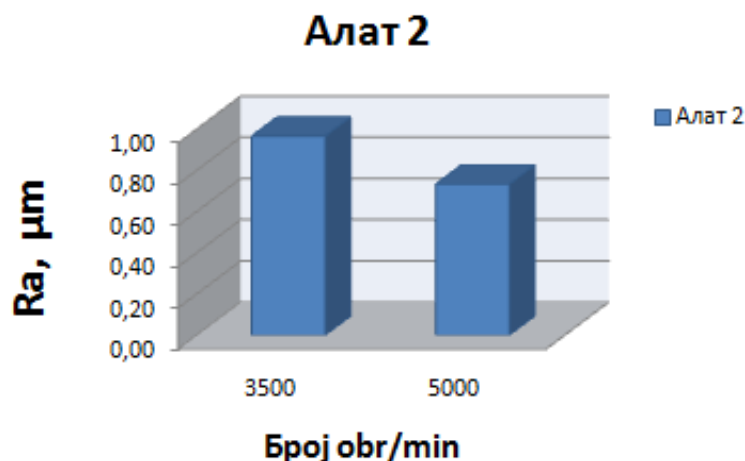
Granmatrix 2					
Број обртаја, [obr/min]		Храпавост површине, [μm]			
		Алат 1	Алат 2	Алат 3	Алат 4
3500	1.	1,7	1,2	1,8	0,5
	2.	1,3	1,3	2	0,4
	3.	1,8	0,4	2,1	0,5
	R_a	1,60	0,97	1,97	0,47
5000	1.	1,1	0,7	1,6	0,2
	2.	1,2	1	1,8	0,2
	3.	1,3	0,5	1,2	0,25
	R_a	1,20	0,73	1,53	0,22

У другом случају је дат детаљан приказ резултата за материјал *granmatrix 2* где су коришћена четири различита глодала и две брзине обртаја алата.



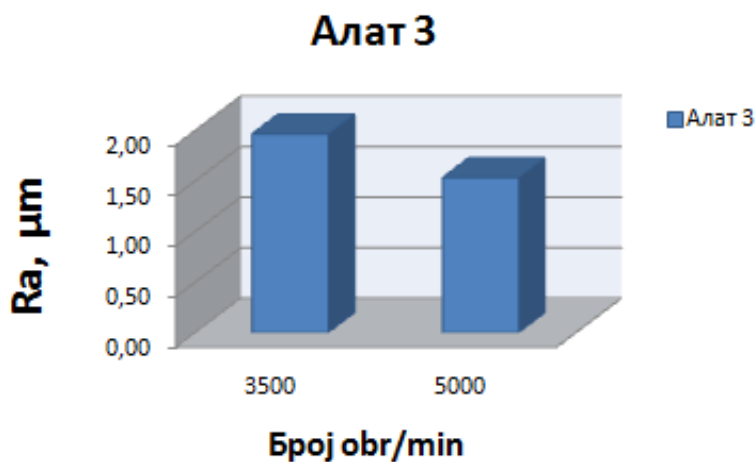
Слика 87. Приказ резултата добијених након обраде помоћу глодала са превлаком од дијамантског праха

Код глодала са превлаком од дијамантског праха се види да при брзини обртаја од 3500 obr/min добијена површина мањег квалитета односно средње аритметичко одступање је веће него при брзини обртаја од 5000 obr/min. За 3500 obr/min износи 1,60 μm , а за 5000 obr/min износи 1,20 μm .



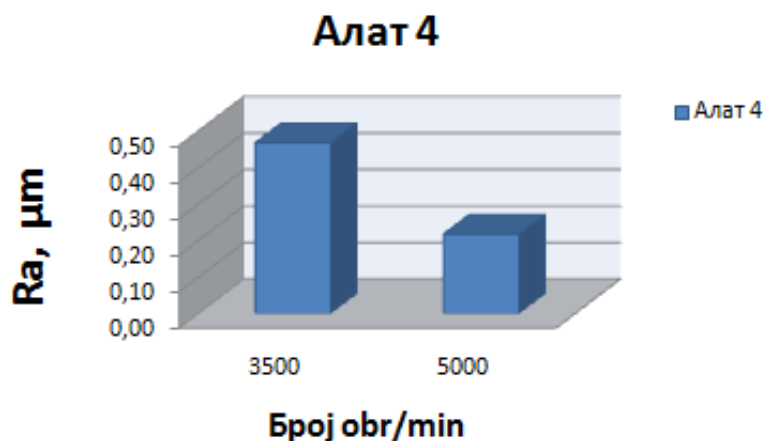
Слика 88. Приказ резултата добијених након обраде помоћу двоперог глодала са залемљеним плочицама

Код двоперог глодала са залемљеним плочицама при брзини обртаја од 3500 obr/min средње аритметичко одступање је 0,97 μm , док је при брзини обртаја алата од 5000 obr/min 0,73 μm . На основу ових резултата се уочава мала разлика у површинама, али при брзини од 5000 obr/min је добијена нешто квалитетнија површина тј. мања вредност средњег аритметичког одступања.



Слика 89. Приказ резултата добијених након обраде помоћу глодала са изменљивим плочицама

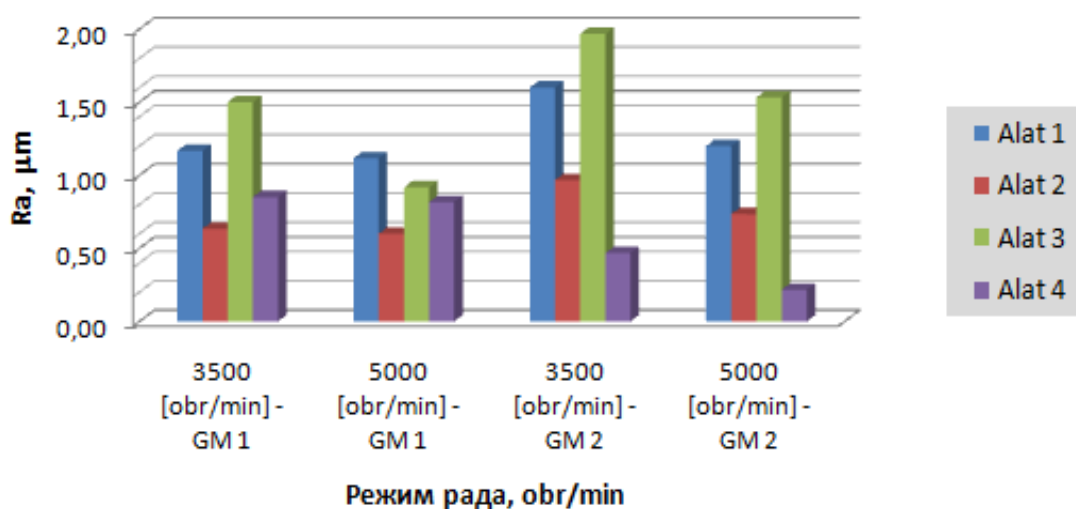
Код глодала са изменљивим плочицама се примећује да при брзини обртаја од 3500 obr/min добијена површина има вредност средњег аритметичког одступања 1,97 μm док при 5000 obr/min средње аритметичко одступање има вредност 1,53 μm .



Слика 90. Приказ резултата добијених након обраде помоћу четвороперог глодала

Код четвороперог глодала на основу резултата се види да добијене површине имају најмање средње аритметичко одступање у односу на друге површине добијене другим глодалима. При брзини обртаја алата од 3500 obr/min, R_a износи 0,47 μm , док при 5000 obr/min износи 0,22 μm . Такође се види да је разлика у добијеним површинама вишеструка.

На дијаграму приказаном на слици су обједињени резултати испитивања:



Слика 91. Приказ резултата испитивања

На основу претходног дијаграма уочено је следеће:

- најмања вредност средњег аритметичког одступања профила је добијена обрадом материјала *Granmatrix 2* четвороперим глодалом - алат 4,
- највећа вредност средњег аритметичког одступања профила је добијена обрадом материјала *Granmatrix 2* глодалом са изменљивим плочицама - алат 3.

7. Закључак

Употреба полимерних материјала код израде купатилског намештаја, у овом случају умиваоника је врло захвално подручје због брзе израде, релативно ниске цене производних поступака. Предности умиваоника израђених од полимерних композита су једноставнија израда, релативно ниски трошкови одржавања, мала маса и оно што је најважније, задовољавајућа механичка својства нпр. чврстоћа. Како би се осигурала израда квалитетног умиваоника са потребним механичким и корисним својствима, потребно је унапред испланирати цео производни поступак.

За потребе експерименталног истраживања изливене су две плоче од два различита материјала *Granmatrix 1* који у себи садржи 40% смоле и 2% пигмента и *Granmatrix 2* који у себи садржи 35% смоле и 4% пигмента. Оне су исечене на по 8 мањих плочица које су обрађиване на *CNC* глодалици са четири различита глодала и то глодало са превлаком од дијамантског праха, затим двоперо глодало са залемљеним плочицама, глодало са изменљивим плочицама и четвороперо глодало са залемљеним плочицама. Коришћене су две брзине обртаја алата и то 3500 и 5000 obr/min. Свака плочица је обрађена из три пролаза при дубини од 3 mm. На почетку испитивања се знало да ће глодало са дијамантским прахом дати нешто лошију површину јер је то глодало предвиђено за доста тврђе материјале и жилавије него што је то полимерни композит. Због веће кртости материјала при његовој обради са глодалом од дијамантског праха добили смо површину са нешто већом храпавости што се и очекивало код обе брзине обртаја. Највећу храпавост површине добијене су глодалом са изменљивим плочицама и то при брзини од 3500 obr/min код материјала са 35% смоле. Кад се погледају дијаграми код оба материјала за глодало са изменљивим плочицама ту примећујемо највећу разлику тј. види се да се код материјала са 35% смоле добија доста већа храпавост пропорционално садржају смоле. Такође и код глодала са дијамантским прахом се види већа разлика код материјала, тј. код материјала са 40% смоле се добија мања храпавост обрађене површине него при обради материјала са 35% смоле. Најбољи резултати су добијени четвороперим глодалом са залемљеним плочицама и то код материјала са 35% смоле, док код материјала са 40% смоле најбоље резултате је дало двоперо глодало при брзини од 5000 obr/min.

На основу добијених резултата види се да обрада материјала у великој мери зависи од процента улазних сировина и типа глодала које се користи за обраду као и режима обраде. Због тога је неопходно пре почетка серијске производње тачно дефинисати и испитати којим ће глодалом да се обрађује умиваоник у зависности од технологије ливења.

8. Литература

- [1] Д. Вуксановић: Увод у металургију и материјале, Металуршко-технолошки факултет, Подгорица, 2018
- [2] Naim H. Afgan: High technology park – A Guidebook for Design and Assessment – Hemisphere Publishing Corporation, 1990.
- [3] Недић Богдан: Пластичне масе, Машински факултет, Крагујевац, 2004.
- [4] <https://www.google.com/search?q=3d+prikaz+o+polimernim+materijalima>, приступљено: 20.04.2020.
- [5] Милорад Јовановић, Вукић Лазић, Душан Арсић: Наука о материјалима, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2017.
- [6] Vujčić M.; Emert R.; Jurić T.; Heffer G.; Baličević P.; Pandurović T.; Plaščak I. : Osnove poljoprivrednog strojarstva, Poljoprivredni fakultet, Osijek, 2011.
- [7] T. A. Osswald and G. Menges, Materials Science of Polymers for Engineers, Carl Hauser Verlag, Munchen, 1995.
- [8] R. G. Griskey, Polymer Process Engineering, Chapman & Hall, New York, 1995.
- [9] <https://www.google.com/search?q=dobijanje%20polietilena>, приступљено: 26.04.2020.
- [10] T. Filetin: Pregled razvoja i primjene suvremenih materijala, Hrvatsko društvo za materijale i tehnologiju, Zagreb, 2000.
- [11] <https://www.google.com/search?q=ojacivaci+kompozitni+materijali>, приступљено: 27.04.2020.
- [12] S. Spužić, J.O'Brien, Fundamentals of Manufacture, Adelaide, 2002.
- [13] Стефан Василић: Примена технологије ливења у компанији Металац, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2013.
- [14] T. Filetin, F. Kovačević, J. Indof, Svojstva i primjena materijala, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Zagreb, 2009.
- [15] D. Ćorić, T. Filetin, Materijali u zrakoplovstvu, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, 2012.
- [16] Ashby P and Jones N, Engineering Materials, Pergamon, Oxford, 1980.
- [17] I. Smojver: Mehanika kompozitnih materijala – interna skripta, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2007.

- [18] Катарина Гаровић, Примена композитних полимера у „Металац“ Горњи Милановац, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2013.
- [19] <https://www.granmatrix.com/pdf/KatalogMetalac2016.pdf>, приступљено: 10.05.2020.
- [20] <https://www.granmatrix.com/>, приступљено: 10.05.2020.
- [21] Cast-polymer categories, CompositesWorld, <https://www.compositesworld.com/>, приступљено: 02.07.2020.
- [22] C. Binggeli, Materials for interior environments, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2013.
- [23] Granmatrix, Металац Инко, <https://www.metalacinko.com/>, приступљено: 02.07.2020
- [24] Solid Surface Handbook, Chromat, <http://www.chromat.com/>, приступљено: 05.07.2020.
- [25] <https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/486/820/solid-surface-materijali>, приступљено: 15.07.2020.
- [26] <https://www.granmatrix.com/pdf/katalog2015.pdf>, приступљено: 10.05.2020.
- [27] <https://www.metalac.com/>, приступљено: 20.05.2020.
- [28] Biljana Gemovic: Razvoj proizvoda, Visoka tehnička škola strukovnih studija, Novi Sad, 2018.
- [29] Mirza Turić: Projektovanje tehnološkog postupka izrade bazne ploče na CNC glodalici, Travnik, Fakultet politehničkih nauka, 2019.
- [30] <http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/statut99/ma/tehnedusis/radstud/livenje.pdf>, приступљено: 21.07.2020.
- [31] Богдан Недић, Миодраг Лазић, Производне технологије: обрада метала резањем, Скрипта, Машински факултет, Крагујевац, 2007.
- [32] Саша Арсорски, Управљање алатног строја, Завршни рад, Свеучилиште у Загребу, Факултет стројарства и бродоградње, Сисак, 2010.
- [33] Антун Фрук, Анализа процеса обраде помоћу CNC строја, Завршни рад, Свеучилиште Сјевер, Одјел за електротехнику, Вараждин, 2017.
- [34] Бранко Тадић, Алати и прибори, скрипта, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2008.
- [35] Богдан Недић, Вишеосне CNC машине, Скрипта, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2016.
- [36] <https://arpel.rs/proizvodi/glodalice/steinmaster>, приступљено: 15.07.2020.

[37] Алеш Станчић, Програмирање петоосних CNC алатних стројева, Завршни рад, Свеучилиште Сјевер, Одјел за производно стројарство, Вараждин, 2017.

[38] Neira Delić, Fahrudin Tarahija: Kontrola kvaliteta kao ključni faktor funkcionisanja proizvodnih procesa, Mašinski fakultet, Sarajevo, 2014.

[39] <https://www.google.com/search?q=roba+koja+se+skladisti>, приступљено: 16.07.2020.

[40] <https://www.sandvik.coromant.com/>, приступљено: 20.07.2020.